



UNIVERSIDAD
FASTA

Facultad de Ciencias Médicas
Licenciatura en Nutrición

2014



Topinambur

Una especie con grandes cualidades como alimento funcional



Tutora: Lic. Ivonne Corti
Departamento de Metodología de la Investigación

Autora: Eguia, María Eugenia

*El error más grande lo cometes
cuando, por temor a equivocarte,
te equivocas dejando de arriesgar
en el viaje hacia tus objetivos.*

René Trossero

A mi mamá, por su apoyo incondicional. Sin ella, esto no hubiese sido posible.

- A mi familia, por apoyarme en cada una de mis decisiones y por la paciencia que me tuvieron.
- A mi novio Julián, por estar conmigo en todo momento y por esperarme todo este tiempo para comenzar una vida juntos.
- A mi suegro, por su preocupación y ayuda incondicional siempre que lo necesité.
- A mis amigas Silvana, Marilena, Tati, Yami, Belén, Luz, Silvina y Melu porque cada una de ellas estuvo presente en todo momento y me sentí muy acompañada.
- A la familia Álvarez, en especial a mi gran amigo Chuli, por hacerme sentir en familia cuando estaba tan lejos de la mía y por toda la ayuda brindada a lo largo de todos estos años.
- A Santi y a Marina, dos grandes amigos que me hicieron sentir acompañada durante estos años en Mar del Plata.
- A Evelia, por su ayuda en todo lo que necesité y a Beatríz, por facilitarme su departamento cada vez que tuve que viajar a corregir esta tesis.
- A mis amigos de la facu, Lucas, Gri, Jesi Corriero, Jesi Zarza, Anita y Meli por cada momento compartido, ya sea de estudio, diversión y sobre todo por la amistad brindada y su ayuda desinteresada.
- A Jesi Zarza, porque me ayudó mucho para que esto hoy sea posible, y por tanta generosidad.
- A los Ingenieros Agrónomos Leticia Laplace y Sebastián Boracci, por su colaboración.
- A la Licenciada Ivonne Corti, por aceptar ser mi tutora y dedicarme su tiempo.
- A la Mg. Vivian Minnaard y al Lic. Santiago Cueto, por dedicarme su tiempo y por guiarme en este trabajo.

Resumen

La presente investigación procura indagar acerca de un tubérculo poco conocido en nuestro país pero con múltiples beneficios para la salud humana. Se trata del TOPINAMBUR, una especie con grandes cualidades como alimento funcional ya que acumula inulina como hidrato de carbono de reserva en vez de almidón.

Objetivo: Indagar acerca del contenido de inulina del topinambur en fresco y sometido a diferentes métodos de cocción, y el grado de aceptación del mismo por parte de los alumnos de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad FASTA.

Materiales y métodos: Se trata de un estudio de tipo exploratorio, descriptivo y transversal, con una muestra compuesta por 128 alumnos de la facultad de Ciencias Médicas de la Universidad FASTA. Para este estudio se llevan a cabo la degustación de dos preparaciones con topinambur, una pasta y una tarteleta, y un análisis bioquímico para determinar el contenido de inulina de tres muestras de topinambur, crudo, hervido y al horno.

Resultados: Con respecto a la determinación de inulina, en la muestra cruda se obtuvo un valor de 11,66 % del peso fresco del tubérculo, y su modificación con la cocción por hervido resultó en una reducción al 8,89% y al 9,73% con la cocción al horno. En cuanto al grado de aceptación del mismo, el 91% de los encuestados, refiere que incorporaría el topinambur a su dieta habitual. En relación a la preferencia, se observó mayor aceptación por la tarteleta, ya que un 94% de los encuestados indicó que le gustó o le gustó mucho.

Conclusiones: Los resultados obtenidos indican que el Topinambur fue aceptado favorablemente y constituye una alternativa saludable a la alimentación habitual debido a su alto contenido de inulina y a los beneficios que la misma aporta a la salud humana.

Palabras claves: Alimento funcional, cultivo, *Helianthus tuberosus*, inulina, Topinambur

Abstract

This research seeks to learn about a tuber which is unfamiliar in our country but with multiple benefits for the human health. This is the Jerusalem artichoke, a species with high qualities as functional food, as it accumulates inulin instead of starch as carbohydrate reserves.

Objective: To investigate the Jerusalem artichoke inulin content, fresh and subjected to different cooking methods, and the level of acceptance by students of the Faculty of Medical Sciences, FASTA University, Mar del Plata, Buenos Aires province.

Materials and Methods: This was an exploratory, descriptive, transversal study involving a sample of 128 students in the Faculty of Medical Sciences at FASTA University. We carried out the investigation with two preparations of the Jerusalem artichoke, a paste, and a tartlet. A biochemical analysis was also performed to determine the content of inulin in three samples of our tuber: raw, boiled and baked.

Results: The determination of inulin in raw tubers resulted in 11.66% of the tuber fresh weight. Modification by boiling resulted in an 8.89% reduction and by baking in a 9.73% reduction. As regards the level of acceptance, 91% of respondents referred they would incorporate the Jerusalem artichoke in their diet, and regarding preference, greater acceptance was observed for the tartlet, as 94% of respondents indicated they liked it or liked it very much.

Conclusions: Our results indicate that the Jerusalem artichoke was favorably accepted and that it may be a healthy alternative to the usual diet, for its high content of inulin and the benefits it brings to human health.

Keywords: Crop, functional food, *Helianthus tuberosus*, inulin, Topinambur

Índice

Introducción	1
Capítulo I	5
Capítulo II	20
Diseño metodológico	34
Análisis de datos	43
Conclusiones	62
Bibliografía.....	65
Anexos.....	69

Introducción



“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

El topinambur es una planta forrajera, de ciclo anual y originaria de las zonas arenosas de América del Norte y Central. A partir del siglo XX comenzó a adquirir mucha importancia como alimento para ganado, estimándose que actualmente en Europa, la superficie cultivada es de un millón de hectáreas. Alemania es uno de los principales países productores a nivel mundial, donde además se encargan de investigar constantemente sobre este tubérculo que fue uno de los principales alimentos de los soldados en la Primera y Segunda Guerra Mundial, consumiéndolo envasado al natural. A nuestro país llegó aproximadamente en 1930 de la mano de Von Herman desde Alemania, actualmente se encuentran seis o siete explotaciones en las provincias de Río Negro, San Luis y Mendoza. Las comunidades aborígenes del norte de nuestro país lo utilizan para consumo humano directo, sobre todo en la ciudad de San Ramón de la Nueva Orán, Salta y alrededores, mientras en otras regiones se lo emplea como alimento para ovinos, porcinos, caprinos, vacunos y animales de granja. Las variedades tradicionales más conocidas son: Bianka, Violet de Rennes y Janto, Kupper 8 y Onta (Nuevoabcrural.com.ar, 2007).

Esta especie, la cual pertenece a la familia de las Asteráceas, no está difundida como hortaliza en nuestro país, aunque se utiliza en la alimentación humana en otros lugares del mundo. Actualmente se consume como hortaliza en algunos mercados, pero en escasa cantidad. Su característica distintiva es que acumula reservas en forma de inulina. A este hidrato de carbono se le atribuyen una serie de propiedades benéficas para la salud. La inulina es un tipo de fructano; carbohidrato que se considera funcional por proporcionar acciones beneficiosas a la salud humana, como por ejemplo el aumento de bifido-bacterias presentes en el intestino humano y la disminución de los niveles de colesterol y triglicéridos en la sangre.

El topinambur podría considerarse un alimento funcional debido a su alto contenido de inulina, 16 a 20 % del peso fresco del tubérculo, tal como indica Rébora, C. (2008).¹ Esta especie aparece en los primeros lugares cuando se citan las plantas comestibles ricas en inulina.

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

¹ Esta autora señala que el interés por el cultivo *Helianthus tuberosus* L. en el mundo es creciente, fundamentalmente asociado a sus usos industriales (obtención de inulina y de bioetanol). Argentina aún no tiene industrias para tales fines, por lo tanto una gran expansión del cultivo no podría ser captada por el mercado. Sin embargo, desde el ámbito científico tecnológico hay un creciente interés por desarrollar la tecnología que en el futuro podría permitir el desarrollo industrial a escala comercial. La inulina constituye el principal carbohidrato de reserva de *Helianthus tuberosus* L., representando entre el 70 y el 80 % de la materia seca de los tubérculos. Esta especie es considerada como una de las candidatas más importantes para ser usada como materia prima para la producción industrial de fructosa e inulina biológicas.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

mundo. Se mencionan diversas formas de preparación: crudo, cocido e incluso encurtido. Debido a que acumula reservas en forma de fructanos y no de almidón, constituye una alternativa a la papa en dietas de diabéticos.

Sus tubérculos son alargados e irregulares, por lo general 7,5-10 centímetros de largo y 3-5 cm de ancho. Los colores oscilan entre marrón pálido a blanco, rojo o púrpura; se asemejan vagamente a la raíz del jengibre y poseen un sabor muy similar a la alcachofa.

El topinambur es un vegetal versátil cuando el clima es frío y se puede mantener el cultivo hasta que se quiera cocinar y sacar raíz a raíz.

Biggs, M. (2004)² señala que si se consumen frescos tienen mejor sabor pero son más digeribles si han estado almacenados. Se conservan en una bolsa de polietileno en el cajón para la verdura de la heladera durante unas 2 semanas.

Con respecto a la siembra, en nuestro país la misma se realiza de julio a agosto. Se cultiva en cualquier tipo de suelo, excepto los anegables. Se prefieren los sueltos y con buen drenaje.

Cuando los tallos tienen una altura cercana a los 20 cm. conviene hacer un desmalezado y aporcamiento³. Y en diciembre-enero cuando los tallos superen el metro de altura es recomendable efectuar una poda, lo que favorece el tamaño y cantidad de tubérculos. Luego se lo deja crecer hasta que las flores comienzan a decaer, entonces se realiza la tala de todo el follaje al ras del suelo. A fines de junio y hasta fines de agosto, antes que comience el rebrote de primavera, se cosechan, obteniendo de 60 a 100 toneladas por hectárea (Agrobit.com, 2004).

Ante lo planteado anteriormente, se propone el siguiente problema de investigación:

- ¿Cuál es el contenido de inulina del topinambur en fresco y cómo se modifica el mismo sometido a diferentes métodos de cocción? ¿Cuál es el grado de aceptación de este tubérculo por parte de los alumnos de la Facultad de Ciencias Médicas que concurren a la Universidad FASTA?

El objetivo general propuesto es:

- Indagar acerca del contenido de inulina del topinambur en fresco y sometido a diferentes métodos de cocción, y el grado de aceptación del mismo por parte de los alumnos de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad FASTA.

² Este autor advierte que los tubérculos se mantienen mejor en la tierra, pero en climas fríos o terrenos duros, se deben arrancar a principios del invierno.

³ Cubrir con tierra parte del tallo de una planta.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Los objetivos específicos son:

- Determinar el contenido de inulina del topinambur en fresco y sometido a diferentes métodos de cocción.
- Evaluar el grado de aceptación de dos preparaciones con topinambur.
- Identificar las preferencias de las distintas preparaciones.

Capítulo I



“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Según Montaldo (1991), en muchas áreas del mundo el uso de las raíces y los tubérculos constituye una fuente fundamental de la dieta o base para la industria. Sin embargo, es poca la importancia que se le ha dado a las investigaciones, y la información que existe está muy dispersa.

La real Academia Española define tubérculo como parte de un tallo subterráneo, o de una raíz, que engruesa considerablemente, en cuyas células se acumula una gran cantidad de sustancias de reserva, como en la patata y el boniato.

En este grupo podemos encontrar a las Compuestas como el Topinambur, las Convolvuláceas como la batata o Solanáceas como la patata (Bricopage.com, 2011).

Tabla 1: Plantas aprovechables por sus tubérculos

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	ORIGEN
Papa	<i>Solanum tuberosus</i>	<i>Solanaceae</i>	Andes
Batata	<i>Ipomea batatas</i>	<i>Convolvulaceae</i>	América tropical
Chufa	<i>Cyperus sculentus</i>	<i>Cyperaceae</i>	Valle del Nilo
Topinambur	<i>Helianthus tuberosus</i>	<i>Compositae</i>	América del norte
Mandioca	<i>Manihot sculenta</i>	<i>Euphorbiaceae</i>	Sudamérica

Fuente: Plantas aprovechables por sus raíces o tubérculos, en: http://ocw.upm.es/botanica/plantas-de-interes-agroalimentario/contenidos/hortalizas_por_sus_raices_o_tuberculos.pdf

Las tuberosidades representan tallos con un engrosamiento limitado y local de una parte del eje, sea un entrenudo, varios nudos y entrenudos, el hipocótilo⁴ o el tallo. También existen las que se forman a partir de raíces con engrosamiento local. Todos estos tienen la misma función de almacenaje y de órgano perdurable. Si los mismos son formados de diferentes órganos, son entonces análogos y no homólogos.

Según su origen, se debe distinguir entre caulinares y radicales.

Los caulinares suelen ser más o menos redondeados, y según su orientación en el suelo, pueden ser plagiótropos u ortótropos. Si son plagiótropos, se forman de manera similar como en un rizoma simpodial⁵, una nueva yema terminal lateral en el ápice⁶ de la

⁴ Parte de la planta que germina de una semilla. El hipocótilo es el primer órgano de expansión de la plántula, y se desarrolla hasta formar su tallo.

⁵ Aquel en el que cada porción corresponde al desarrollo de yemas axilares sucesivas. La yema terminal de cada porción produce el brote epigeo.

⁶ Extremo superior de la tuberosidad.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

tuberosidad vieja, para transformarse en una nueva, cuando en el viejo se ha movilizad el material nutritivo para formar las partes epigeas⁷, éste queda exhausto y después muere. La nueva tuberosidad, a su vez, utiliza en el periodo vegetativo siguiente las reservas para producir un vástago⁸ nuevo. De esta manera existe siempre apenas una sola tuberosidad que permanece de un periodo vegetativo al siguiente, y al llegar a éste, es remplazada. Las raíces se forman anualmente. Las que nacen en el lado inferior del bulbo, lado ventral, generalmente son más fuertes que aquellas nacidas en la parte dorsal, denominada anisorrizia, y sirven también como raíces contráctiles para mantener el rizoma a la profundidad correcta, lo que es especialmente importante en plantas jóvenes.

Muchas protuberancias se forman en estolones⁹ subterráneos por engrosamiento local. Los estolones se originan en número variable a partir del rizoma viejo y pueden ser ramificados, ayudando de este modo en la multiplicación. Por engrosamiento de varios nudos y entrenudos se producen tuberosidades nuevas, generalmente en las partes terminales de los estolones (plagiótropos). Debido a su origen, los tubérculos son diferenciados en forma polar, o sea que tienen una parte de atrás, donde entró el estolón, y una parte delantera, donde se encuentra la yema terminal del entonces estolón. En los nudos, los cuales son imposibles de distinguir en el bulbo, se forman las yemas, siempre en la axila de una hoja escumiforme¹⁰ caduca, resultando en las oquedades (ojos), distribuidos de modo regular en el tubérculo.

Los radicales tienen su origen en la transformación de una raíz secundaria de origen caulinar, que se engruesa para formar un parénquima reservante. Los radicales tienen también, como en la raíz normal, su tejido mecánico en el centro. Éstos normalmente almacenan almidón, pero también pueden almacenar otros carbohidratos como la inulina (Müller, 2000).

Tal como indica González (2002), *Helianthus tuberosus* L. se encuentra dentro de los caulinares. Éstos tienen crecimiento limitado, son epigeos o subterráneos, pueden originarse por fuerte engrosamiento primario o secundario del hipocótilo (porción del vástago situada entre el cuello de la raíz y el nudo cotiledonar), o de uno o varios entrenudos.

Krarp y Moreira (1998) señalan que el topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) pertenece a la familia de las Asteráceas.¹¹

⁷ Partes que se desarrollan sobre el suelo.

⁸ Nuevo brote que surge.

⁹ Brote lateral, normalmente delgado, que nace en la base del tallo de algunas plantas herbáceas y que crece horizontalmente con respecto al nivel del suelo, de manera epigea (surge perpendicular al suelo) o subterránea.

¹⁰ Que tiene forma de escama.

¹¹ Del griego Aster = astro o estrella.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

La familia *Asteraceae* es una de las más numerosas del reino vegetal, con alrededor de 20.000 especies, entre las que se encuentran desde árboles, pasando por arbustos y subarbustos, hasta plantas herbáceas, con una amplia distribución mundial. Aunque un número reducido de ellas presenta utilidad agronómica, es una familia que comprende especies de gran importancia económica como malezas, por ejemplo los géneros *Bidens*, *Cirsium*, *Hypochaeris* y *Sonchus*, como plantas medicinales, entre las que cabe mencionar *Matricaria chamomilla*, *Artemisia absinthium* y *Tussilago farfara*, como plantas ornamentales, por ejemplo los géneros *Aster*, *Bellis*, *Cosmos*, *Chrysanthemum*, *Gazania* y *Gerbera*, como plantas oleaginosas *Carthamus tinctorius* y *Helianthus annuus*, y como plantas horticolas.

Tabla 2: Clasificación botánica del Topinambur

Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Tracheophyta</i> (plantas vasculares)
Subdivisión	<i>Spermatophyta</i> (plantas que producen semilla)
División	<i>Magnoliophyta</i> (plantas que producen flores)
Clase	<i>Magnoliopsida</i> (dicotiledóneas)
Subclase	<i>Asteridae</i>
Orden	<i>Asterales</i>
Familia	<i>Asteraceae</i>
Género	<i>Helianthus</i> L.
Especie	<i>Helianthus tuberosus</i> L.

Fuente: Sanz Gallego, Marina (2012), *Utilización del cultivo plurianual de patata (Helianthus tuberosus L.) para la producción de HCF a partir de los tallos*, en: http://oa.upm.es/13978/2/MARINA_SANZ_GALLEGO.pdf

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

En general, las hortalizas de la familia son originarias de regiones templadas, por lo que están adaptadas a crecer y desarrollarse en zonas de temperaturas moderadas. Las plantas cumplen su etapa vegetativa durante el período invernal y continúan, posteriormente, con la floración y fructificación hacia las estaciones más calurosas del año, pues estas etapas se relacionan con temperaturas más elevadas y largos de día mayores. Sólo la especie *Helianthus tuberosus*, alcachofa de Jerusalem o topinambur, está adaptada a desarrollarse bajo regímenes térmicos más elevados.

Las especies cultivadas como hortalizas son plantas herbáceas, anuales, bienales y perennes. Su hábito de crecimiento es característicamente en roseta¹² y muy determinado, por lo que en su mayoría son plantas de tamaño reducido. Las hojas son opuestas o alternas, sin estípulas¹³. Al darse las condiciones adecuadas, el tallo se alarga iniciándose la etapa reproductiva. El antiguo nombre de la familia, Compositae, hace referencia a su estructura floral típica, que corresponde a un órgano que asemeja una flor pero que, en realidad, se compone de decenas de flores pequeñas. Morfológicamente es un tipo de inflorescencia denominada capítulo, con el pedúnculo de extremo superior más o menos engrosado y ensanchado en forma de receptáculo (clinanto), sobre el cual se disponen numerosas flores sésiles¹⁴. El receptáculo puede ser plano, convexo o cóncavo, y está rodeado por un involucro¹⁵ de una o más series de brácteas¹⁶ u hojas modificadas, herbáceas o coriáceas¹⁷, e inermes¹⁸ o espinosas.

La flor misma se compone de una corola formada por la unión de cinco pétalos soldados en casi toda su longitud (gamopétala), de un cáliz modificado denominado papus o vilano, compuesto por pelos simples o plumosos, generalmente persistente en el fruto como una estructura de diseminación.

El androceo¹⁹ presenta cinco estambres²⁰ soldados por las anteras²¹ (singenesia), los que forman un tubo alrededor del estilo²². El gineceo consiste en un ovario ínfero²³,

¹² Conjunto de hojas que se disponen muy juntas en el tallo a causa de la brevedad de los entrenudos, a modo de los pétalos de una rosa.

¹³ Se denomina estípula a una estructura, usualmente laminar que suele encontrarse una a cada lado de la base de la hoja, a veces más.

¹⁴ El término sésil se suele utilizar en botánica para expresar la falta de un órgano que sirva de pie o soporte. En el caso de la flor, carece de pedúnculo.

¹⁵ Conjunto de brácteas que rodea o envuelve a un órgano de la planta, usualmente una flor o una inflorescencia.

¹⁶ Órgano foliáceo en la proximidad de las flores y diferente a las hojas normales y las piezas del perianto.

¹⁷ Semejante al cuero en su aspecto y consistencia. Se refiere a las hojas muy duras.

¹⁸ Desprovisto de espinas.

¹⁹ Estructura reproductora masculina que consta del conjunto de los estambres de una flor.

²⁰ Un estambre es cada uno de los órganos florales masculinos portadores de sacos polínicos (microsporangios) que originan los granos de polen (micrósporas).

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

bicarpelar²⁴ y uniovulado, el que origina un fruto simple, indehisciente²⁵, uniseminado²⁶ y de pericarpio coriáceo y seco, denominado aquenio.

La familia presenta dos tipos morfológicos bastante diferentes de flores: flores liguladas²⁷ o radiales, las cuales presentan corola gamopétala²⁸, zigomorfa²⁹, alargada y vistosa, que asemeja una lengüeta. Casi siempre son femeninas, y flores tubulosas o de disco que presentan corola gamopétala y actinomorfa³⁰, de forma cilíndrica. Generalmente son hermafroditas o masculinas.

El capítulo puede contener sólo flores tubulosas, sólo flores liguladas, o ambos tipos, las liguladas en la periferia y las tubulosas en el interior.

Tal como indica Rodríguez (2010), se han reconocido en el género *Helianthus* 49 especies, todas se encuentran creciendo en forma natural en los Estados Unidos, por lo cual se considera a este país como el centro de domesticación de las mismas. Con la excepción del girasol cultivado, el resto de las especies constituye el germoplasma³¹ silvestre. Hay especies silvestres anuales y perennes. Las anuales son todas diploides (2n=34 cromosomas) y se multiplican sexualmente (semillas), mientras que las perennes pueden ser diploides, tetraploides (2n=68) o hexaploides (2n=102) y se reproducen sexualmente, asexualmente (rizomas) o utilizando ambos sistemas de reproducción.

En general, el tipo de planta de las especies silvestres es distinto al del girasol cultivado dado que presentan, entre otros, semillas y capítulos pequeños, estos últimos en gran cantidad.

En la Argentina crecen algunas especies silvestres. Se cultiva como forrajera a *H. tuberosus*, conocida vulgarmente como topinambur; es perenne y comúnmente se multiplica

²¹ La antera es la parte terminal del estambre de una flor.

²² Prolongación del ovario al final de la cual aparece el estigma. El estilo no contiene óvulos, quedando éstos restringidos a la región del gineceo llamada ovario.

²³ Una de las terminologías de descripción del ovario se refieren al punto de inserción sobre el receptáculo (donde las otras partes florales (periantio y androceo) se unen y se fijan a la superficie del ovario. Si el ovario se sitúa arriba del punto de inserción, será súpero; si es por debajo, ínfero.

²⁴ El ovario está formado de una o más hojas modificadas que reciben el nombre de carpelos.

²⁵ Que no se abre cuando está maduro.

²⁶ Que contiene una sola semilla.

²⁷ Uno de los tipos de flores que pueden hallarse en el capítulo de ciertas familias de plantas, tales como las Compuestas. Las flores liguladas son pequeñas, hermafroditas o, en ocasiones, funcionalmente unisexuales o estériles.

²⁸ Cuando los pétalos están soldados total o parcialmente.

²⁹ Que presenta simetría bilateral.

³⁰ Que tiene simetría radial.

³¹ El germoplasma es el conjunto de genes que se transmite por la reproducción a la descendencia por medio de gametos o células reproductoras. El concepto de germoplasma se utiliza comúnmente para designar a la diversidad genética de las especies vegetales silvestres y cultivadas de interés para la agricultura y, en ese caso, se asimila al concepto de recurso genético.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

por medio de tuberosidades, las cuales se utilizan principalmente en la alimentación del ganado porcino.

Topinambur es el exótico nombre de un tubérculo que, por su aspecto, no pareciera tener muchas diferencias con una papa tradicional. Al cortarlo, sin embargo, se advierte un color mucho más blanquecino, y al comerlo, el sabor es distinto, “una suerte de mezcla entre la alcachofa y el espárrago”, según detalla Basso (2012).

Las diferencias quedan ahí, al menos a simple vista. No obstante, cuando es diseccionado por los expertos, aparecen detalles asombrosos, de los cuales el más relevante es que posee elevadas dosis de inulina, un tipo de azúcar que no dispara los niveles de insulina y que además “no es absorbida por el cuerpo, por lo cual pasa por el tracto digestivo sin que sea asimilada”, según detalla el Dr. Rudi Radigrán, Director del Centro de Desarrollo Tecnológico Agroindustrial (CDTA) de la UdeC, ubicado en la ciudad de Los Angeles.

Es una planta originaria de América del Norte que era cultivada por los nativos cuando los exploradores europeos llegaron tal región; rápidamente se introdujo a Europa y se difundió tanto para el consumo animal como para el humano (Rébora, 2008).

Como indica Sanz Gallego (2012), fueron introducidos en Europa en el año 1607 por el explorador Champlain quién los llevó desde América del Norte a Francia, donde fueron ampliamente usados a mediados del siglo XVII como alimento humano y para el ganado. Desde Francia se extendió a Inglaterra, España y resto de Europa, donde se siguió cultivando hasta ser desplazado por la papa, principalmente en zonas templadas. Posteriormente se introdujo en Canadá y regiones templadas de Australia y Asia.

Durante el siglo XX fue ampliamente cultivado en Europa. Por ejemplo, en Francia llegaron a existir unas 150.000 ha durante la Segunda Guerra Mundial debido a la escasez de la papa pero después el cultivo disminuyó drásticamente.

Según Coté, Louise, Louis Tardivel y Denis Vaugeois (2003), los indígenas que vivían en la actual zona de Nueva Inglaterra la cultivaban por sus tubérculos comestibles.

Durante los últimos 30 años su cultivo ha mostrado un alto interés debido a sus múltiples aplicaciones: como forraje verde o ensilado, como cultivo en áreas marginales, como fuente de azúcares e inulina para alimentos, o como material crudo para la producción de varios productos químicos, biocarburantes y farmacéuticos (Sanz Gallego, 2012).

En algunas zonas de nuestro país se está fomentando el consumo de este rizoma muy similar a la papa común pero lamentablemente desconocido hasta ahora; es muy apreciado en países como Chile, Perú, México y gran parte de Europa y ha arribado a Argentina con gran éxito de mercado debido a sus propiedades (Mammoli, 2012).

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Alemania es uno de los principales países productores a nivel mundial, donde además se encargan de investigar constantemente sobre este tubérculo que fue uno de los principales alimentos de los soldados en la Primera y Segunda Guerra Mundial, consumiéndolo envasado al natural.

A nuestro país, llegó aproximadamente en 1930 de la mano de Von Herman desde Alemania. Actualmente se encuentran seis o siete explotaciones en las provincias de Río Negro, San Luis y Mendoza. Las comunidades aborígenes del norte de nuestro país lo utilizan para consumo humano directo, sobre todo en la ciudad de San Ramón de la Nueva Orán, Salta y alrededores, mientras en otras regiones se lo emplea como alimento para ovinos, porcinos, caprinos, vacunos y animales de granja (Nuevoabcrural.com.ar, 2007).

Durante la Segunda Guerra Mundial en Francia, frente a la escasez de alimentos, muchas familias recogían de los campos los bulbos de topinambur. Chateaneuf (2008) señala que es un interesante alimento humano, pero no es para consumirlo en gran cantidad; se presta muy bien para la cocina fina. Si se tiene presente que la alimentación adecuada debe ser lo más variada, éste puede dar una contribución a esta buena práctica.

Es una planta herbácea, de tallos ramificados que pueden alcanzar 2 a 3 metros de altura. Esta especie produce tallos subterráneos reservantes (tubérculos) muy ricos en carbohidratos, los que permiten la reproducción agámica. Su desarrollo responde al siguiente esquema general: normalmente brota en primavera, desarrolla una gran estructura aérea, usualmente con varios tallos y ramificaciones, y finalmente tuberiza y la parte aérea muere, en otoño.

Dependiendo de los cultivares, el ciclo del cultivo puede ser de 100 días hasta 9 meses.

Es una especie hexaploide ($2n= 102$, $x= 17$); sus flores son generalmente estériles y la viabilidad de los aquenios es baja y muy dependiente del cultivar. En general, las poblaciones silvestres florecen más y tienen una viabilidad mayor de los aquenios (hasta 40 %) que las variedades cultivadas. La reproducción sexual está reservada para los programas de mejoramiento de la especie y también de girasol (*Helianthus annuus* L.), donde constituye una fuente de genes de resistencia para varios hongos patógenos que afectan al cultivo.

El topinambur es un cultivo con gran potencial como alimento, para generar productos industriales y biocombustible. Su rendimiento es alto, y es poco susceptible a plagas y enfermedades, así como a bajas temperaturas (Rébora, 2008).

Tognetti y Salerno (1995) indican que para sobrevivir al frío transitorio del invierno, las plantas usan mecanismos llamados evasión y tolerancia. La evasión consiste en el alejamiento en el tiempo o el espacio de algún órgano fundamental para la supervivencia; la

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

tolerancia es la capacidad de resistir las alteraciones que ocasione el frío. Lo habitual es que utilicen simultáneamente múltiples mecanismos. Por ejemplo, una especie que hiberna bajo la forma de tubérculo, *Helianthus tuberosus*, escapa al período crítico no sólo porque forma estas tuberosidades al comenzar la estación fría sino también, porque ese rizoma experimenta, durante el invierno, varias modificaciones fisiológicas que incrementan su tolerancia.

La parte aérea de la planta está formada por los tallos y las ramas que representan respecto a la biomasa total entre el 40% en variedades con poca ramificación, y el 56% en las variedades muy ramificadas.

Los tallos son generalmente de color verde a marrón, aunque dependiendo del clon pueden tener pigmentaciones violetas en la parte apical del tallo. Inicialmente son herbáceos y jugosos y a lo largo del desarrollo adquieren un aspecto áspero al tacto ya que son densamente pilosos de tipo hispido. Al final del ciclo son semileñosos, rugosos, desprovistos de los pelos y de color marrón.

En la mayoría de los clones los tallos son erectos, aunque existe un pequeño número de clones postrados. Los clones postrados empiezan a crecer de manera erecta pero después de un cierto número de nudos (generalmente el segundo, tercero o cuarto nudo, dependiendo del clon) los tallos caen.

La altura de la planta está fuertemente influenciada por la densidad de siembra, las condiciones de cultivo y el clon. Pero generalmente varía entre 1 y 3 metros pudiendo llegar incluso a los 4 o 5 metros.

El diámetro del tallo se incrementa con el crecimiento de la planta, cuando los tallos están maduros el diámetro se encuentra entre 1,6 y 2,4 cm, aunque dependiendo del clon y de las condiciones de cultivo, puede llegar a 3 cm. Altas densidades de plantación hacen que disminuya el diámetro del tallo más que la altura de la planta.

El número de tallos varía con el clon, con el tamaño del rizoma de siembra y con las prácticas agronómicas. El número de tallos aumenta un poco el rendimiento en biomasa aérea, pero produce un mayor número de tubérculos y de menor peso, lo que genera mayores pérdidas en la cosecha, por ellos son preferibles las plantas de un solo tallo.

Las ramas se forman en los nudos del tallo. En cada nudo del tallo puede haber tres yemas donde se pueden desarrollar las ramas y las hojas. La ramificación a lo largo del tallo varía con el clon y con la densidad de plantación. Los clones de maduración tardía tienden a tener un patrón de ramificación diferente a los clones de maduración temprana.

El número y el tamaño de las ramas son características varietales, pero fuertemente influenciadas por las condiciones de crecimiento. El número de ramas varía con la densidad de plantación (correlación inversa), con el número de tallos (plantas con tallo múltiples

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

alteran el número de ramas por tallo) y con el clon, variando de 14 a 49. El tamaño de las ramas es generalmente mayor en la parte inferior que en la parte superior del tallo.

La hojas caulinares son simples, pecioladas, con formas diversas predominando el tipo lanceolado o lanceolado-ovado, de 10 a 20 cm de largo por 5 a 10 cm de ancho, puntiagudas, de borde dentado, de color verde pero con diferente tonalidad según el clon.

El tamaño y número de hojas depende de los clones y de las condiciones de cultivo. Las hojas son más pequeñas en la base de la planta y en el ápice, y más grandes en la parte central del tallo. El número de hojas aumenta hasta la floración, luego se mantiene constante y al final del ciclo disminuye debido a la senescencia de la planta.

Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo capítulo. Son capítulos de color amarillo, semejantes a los del girasol, pero de bastante menor diámetro. Los capítulos crecen solos o en grupos en el extremo de los tallos y ramas formando inflorescencias compuestas de tipo racimo. El tamaño del capítulo varía de 7,3 a 11,4 cm de diámetro.

La floración empieza en el tallo principal y una o dos semanas después en las ramificaciones lo que origina que durante algunas semanas la planta tenga un número creciente de capítulos.

El número de capítulos varía entre clones (tempranos y tardíos), número de ramas, año de producción y condiciones de crecimiento.

Una práctica utilizada para aumentar el tamaño de los tubérculos es la eliminación de las yemas florales, ya que se evita el flujo de azúcares hacia los órganos florales.

Las tuberosidades se originan por engrosamiento de los extremos de los estolones y representan la principal estrategia de propagación del topinambur. Tienen una piel muy fina y una superficie irregular debido a las protuberancias que forman las yemas y en algunos casos a ramificaciones de los estolones.

Éstos están formados por epidermis, corteza y pulpa. El color de la epidermis es variable, puede ser blanco, rojo, violeta, marrón claro y marrón rojizo pero el color de la pulpa es blanco o marrón claro aunque algunos clones muestran un color del rosa al rojo.

La forma es altamente variable. Generalmente se distinguen cuatro tipos: fusiforme, papa, piriforme y ramificación densa.

Los de tipo fusiforme son más o menos aguzados en sus dos extremos, no se ramifican, la longitud es más de tres veces el diámetro. Los de este tipo se encuentran más dispersos, lo que dificulta su recolección y el rendimiento en peso es más bajo.

Los de tipo papa tienen una yema apical prominente y sin ramificaciones secundarias. La relación entre la longitud y el ancho máximo es inferior a 3.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

La forma piriforme presenta una yema apical no prominente, por lo que pueden presentar ramificaciones secundarias que a veces dan origen a formas complicadas. Generalmente esta forma corresponde a los clones más productivos.

Los que poseen ramificaciones densas se forman cuando existe una baja dominancia apical y varias yemas crecen, adquiriendo una apariencia muy irregular.

Las mejores variedades son las que tienen tubérculos grandes agrupados cerca de la raíz principal, y redondos, ya que facilitan la cosecha y la manipulación; y generalmente producen altos rendimientos. Los de menos de 15 g de peso fresco y de 2 cm de diámetro son muy difíciles de cosechar por lo que pueden producir unas pérdidas en la cosecha del 15-20% y originar numerosos brotes al año siguiente (Sanz Gallego, 2012).

La producción de tubérculos (peso fresco) varía, en términos generales, entre 30 a 70 toneladas por hectárea. Aunque han sido registradas producciones de hasta 120 toneladas por hectárea en experiencias en Australia, utilizando aguas residuales urbanas para el riego, tal como señala Rébora (2008).³²

En un estudio de campo realizado en la provincia de Mendoza se probaron dos cultivares de topinambur (Blanco B y Rojo R) con dos niveles de fertilización, 0 y 100 kg de Nitroska/ha.

Tabla 3: Rendimiento de dos variedades de topinambur con dos niveles de fertilización.

Fertilización	Variedad	Tubérculos (kg/ha)
100 kg/ha	B	30.300
100 kg/ha	R	40.800
0 kg/ha	B	29.500
0 kg/ha	R	37.000

Topinambur (*Helianthus tuberosus L.*): materia prima para obtener etanol en Mendoza en: <http://www.unesco.org.uy/phi/aguaycultura/fileadmin/ciencias%20naturales/ciencias%20basicas/biocombustibles-todo.pdf#page=87>

³² Esta autora señala que los cultivos energéticos pueden ser importantes fuentes de energía en un futuro no muy lejano. En tal sentido hay experiencias interesantes de muy altas producciones de tubérculos de topinambur regados con aguas residuales. La producción con este esquema permitiría solucionar el problema ambiental del destino de dichas aguas y contribuir a la solución del problema energético con un cultivo con altos rindes y con gran potencial de producir bioetanol.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Independientemente del nivel de fertilización, se obtuvieron rendimientos superiores con la variedad R. En ambas variedades el rendimiento de las parcelas fertilizadas fue apenas superior que el de las parcelas no fertilizadas (Unesco.org.uy ,2009).

El topinambur ha sido considerado un cultivo con pocas exigencias de fertilización ya que tiene una alta capacidad de extraer nutrientes del suelo y es extremadamente eficiente en el uso de éstos, tal como indica Sanz Gallego (2012).

Rébora (2008) señala que no existen en nuestro país variedades de topinambur registradas, y tampoco semilleros que vendan material identificado. Bauer y Laso (1974) mencionan y caracterizan muy brevemente 5 variedades que se supone fueron introducidas en nuestro país. Las mismas son: Roso, Bianka, Waldspindel, Topianka y Blanca “CR”.

Tabla 4: Variedades de Topinambur en Argentina

Variedad	Características
Roso	Muy tardía, de abundante follaje. Rizomas rojos con zonas blancas.
Bianka	Temprana, de gran producción de tubérculos ricos en sacáridos. Ideal para apicultura por su intensa y prolongada floración.
Waldspindel	Ciclo intermedio, desarrollo vegetativo rápido. Bulbos alargados de color violáceo, con gran contenido de inulina. Apto para producción forrajera e industria por su gran rendimiento de alcohol.
Topianka	Gigante, con gran rendimiento de tubérculos y follaje. Apta para la producción de forraje verde.
Blanca “CR”	Buen rendimiento, de tubérculos grandes y excelente productora de forraje.

Fuente: Rébora, Cecilia, *Caracterización del germoplasma de topinambur (Helianthus tuberosus L.) por aptitud agronómica e industrial*, en: <http://bdigital.uncu.edu.ar/2980>

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

La mayoría de los artículos de divulgación hablan simplemente de topinambur, sin hacer referencia a las variedades.

Sin embargo, en América de Norte y Europa se ha trabajado mucho con esta especie. Son numerosas las variedades probadas en las distintas experiencias. A modo de ejemplo, esta autora menciona que Berenji y Sikora (2001) en Yugoslavia compararon la variación genética de 20 variedades en relación a la estabilidad del rendimiento de tubérculos, encontrando gran variación para rendimiento de tubérculos por planta, número de tubérculos por planta y tamaño de los mismos. Klug-Andersen (1992), en Dinamarca, probó 14 cultivares en relación a su aptitud hortícola, muy vinculado esto a la forma y tamaño de los tubérculos. Parameswaran (1999), en Australia, comparó el rendimiento de 3 variedades y 13 híbridos regados con efluentes urbanos, encontrando variación entre materiales. Baldini et al. (2004) compararon el rendimiento de inulina y azúcar de 6 clones de topinambur.

Entre los atributos más comunes que caracterizan a las variedades aparecen: el peso medio de los tubérculos, el color de los tubérculos, el potencial de rendimiento de tubérculos, los días de emergencia a floración, la altura media de las plantas.

La temperatura mínima a partir de la cual empieza la brotación está situada alrededor de los 5°C, similar a la temperatura mínima de crecimiento de 6°C citada para girasol, *Helianthus annuus* L.. Si las siembras se realizan muy tempranas, los rizomas no brotan hasta que las temperaturas sean favorables. Generalmente se sugiere la primavera temprana para plantarlos. En nuestro país se menciona el período comprendido desde mediados de junio a fines de septiembre como apto para la implantación.

La población de plantas para obtener el máximo rendimiento en condiciones no limitantes, oscila entre 5 y 8 plantas por m², población superior a las convencionales, que son de 3 y 4 plantas por m².

La densidad de plantación deberá ajustarse en función del balance hídrico del sistema, ya que el agua es generalmente el factor más limitante en las condiciones de cultivo del topinambur.

Pueden utilizarse para la plantación bulbos enteros o cortados. Se recomiendan de un peso de entre 40 y 60 g. Los bulbos enteros o trozos mayores a 50 g no aumentan el rendimiento, pero que tamaños menores pueden reducirlo. El prebrotado de los rizomas puede tener algún efecto benéfico sobre la emergencia, el crecimiento temprano y el rendimiento, siempre que no ocurra daño a los brotes durante la plantación.

Generalmente se recomienda una profundidad de plantación de 10 cm.

El topinambur 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 rizomas.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

H. tuberosus es considerado una plantación muy rústica, e inclusive ya tenía esta reputación cuando era mucho más difundido que en la actualidad por lo tanto más expuesto a plagas y patógenos. A excepción del período de implantación, la competencia de las malezas es despreciable. Esta alta competitividad 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 el canopeo³³ del topinambur sobre las malezas. Generalmente es suficiente con control mecánico temprano. El impacto de los insectos también es prácticamente despreciable.

H. tuberosus sería una planta no huésped para los nematodos del suelo.

La cosecha del cultivo se debe realizar cuando la planta esté madura es decir, cuando la parte aérea se encuentre totalmente seca y las tuberosidades hayan alcanzado el máximo peso. Generalmente se empiezan a cosechar en otoño después de las primeras heladas, cuando haya finalizado la translocación de los HCF (Hidratos de Carbono Fermentables) de los tallos a los tubérculos, y se termina en primavera antes de la brotación de los mismos. En las cosechas tempranas los estolones presentan un gran vigor ofreciendo mayor resistencia a que los bulbos se separen de ellos, y los HCF están más polimerizados (alto grado de polimerización de la inulina). Todo lo contrario ocurre con las cosechas tardías, en las cuales la unión de los estolones y de los bulbos es más débil y los HCF están menos polimerizados (menor grado de polimerización de la inulina).

La cosecha del cultivo consta de dos etapas: i) cosecha de los tallos y ii) cosecha de los tubérculos.

La cosecha de la biomasa aérea se realiza antes que la cosecha de los rizomas (Sanz Gallego, 2012).

La recolección de los mismos puede llevarse a cabo con máquinas arrancadoras-recolectoras de papas previa eliminación de la parte aérea de la planta, teniendo la precaución de reducir la separación entre dientes de los peines con el fin de poder recoger los rizomas de menor tamaño. El método más común para los pequeños cultivos es el arrancado con arado de mancera³⁴, complementado con la recolección manual.

³³ Término comúnmente usado para referirse a la parte de la planta por sobre el nivel del suelo que absorbe y/o intercepta luz.

³⁴ Los arados manejados por el hombre tomaron el nombre de arado de mancera, que se denominó así, pues tomó el nombre de la esteva que poseía, que era la pieza curva por donde se empuñaba dicho arado.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Éstos pueden cosecharse en otoño o dejarse bajo tierra para su almacenamiento hasta la cosecha primaveral. Rébora (2012) indica que si se guardan en cámaras debiera ser a 0°C y a entre 90 y 95 % de humedad relativa, por un período de 4 a 5 meses.

Los rizomas que se guarden para semilla no deben congelarse durante el almacenamiento.

Tabla 5: Calendario del cultivo.

	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N
Plantación												
Cosecha parte aérea												
Cosecha tubérculos												

Fuente: Elaboración propia.

En un estudio realizado por Scollo, Ugarte, Vicente, Girauo, Sánchez Tuero, & Mora (2011), con el objetivo de conservar los tubérculos cosechados, se usaron diferentes procedimientos, conservarlos enteros y enfriándolos entre 2 a 5 ° C; enfriarlos enteros entre 5 y 8° C, y mantenerlos a temperatura ambiente.

Las muestras conservadas a temperatura ambiente presentaron crecimiento de hongos.

Los tubérculos conservados entre 2 a 5° C se mantuvieron inalterados durante 3 meses, pero al final de este período aparecieron colonias superficiales de *Aspergillus* y *Penicillium*, las que fueron determinadas microscópicamente por el color de las esporas y su fructificación.

En el caso de la conservación a 5 a 8° C, al final del primer mes aparecieron brotes y colonias de hongos superficialmente.

Capítulo II



“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Tal como menciona Rébora (2008), son cuatro los principales usos que pueden darse a *H. tuberosus L.*: hortícola, forrajero, extracción de inulina y producción de etanol.

Con respecto al uso hortícola, los tubérculos de topinambur acumulan reservas en forma de fructanos y, dentro de éstos, la inulina es el principal. Esta autora señala que el topinambur podría considerarse un alimento funcional³⁵ debido a su alto contenido de este polisacárido, el cual varía entre el 16 a 20 % del peso fresco del tubérculo. Se considera funcional por proporcionar acciones beneficiosas a la salud humana, como por ejemplo el aumento de bifido-bacterias presentes en el intestino humano y por la disminución de los niveles de colesterol y triglicéridos en la sangre.

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. Debido a que los bulbos acumulan reservas en forma de fructanos y no de almidón, estos constituyen una alternativa a la papa (*Solanum tuberosum L.*) en dietas de diabéticos.

Tabla 6: Contenido promedio de inulina (peso seco) en diferentes especies vegetales

Especie vegetal	Inulina (g/100 g base seca)
Topinambur	89
Achicoria	79
Raíz de Dalia	59
Cebolla	48
Ajoporro	37
Ajo	29
Yacón	27
Espárrago	4
Cambur	2
Centeno	1

Fuente: Madrigal & Sangronis (2007)

La propiedad de este polisacárido más extensivamente estudiada es su comportamiento como prebiótico, definido por su capacidad selectiva de estimular el

³⁵ El concepto de alimento funcional fue desarrollado por primera vez en Japón, en la década de 1980, y luego fue tomado por otros países altamente desarrollados. Internacionalmente, se define a estos productos como aquellos "capaces de aportar sustancias con funciones fisiológicas definidas, brindando beneficios para la salud de quien los consume".

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

crecimiento de un grupo de bacterias en el colon (bifidobacterias y lactobacilos), con la consecuente disminución de otras especies que pueden ser perjudiciales como por ejemplo *E. coli* y bacterias de la especie *Clostridium spp.*. Entre otras propiedades beneficiosas a la salud, se mencionan: el refuerzo de las funciones inmunológicas (ante cáncer o tumores), el aumento de la biodisponibilidad de minerales, la mejora del metabolismo de las grasas y de la respuesta glicémica. (Madrigal & Sangronis, 2007)

Tabla 7: Contenido de inulina (%) en algunas especies vegetales utilizadas en alimentación humana, datos sobre peso fresco.

Especie	Inulina
Topinambur	16-20
Almendras	15-20
Espárragos	1-30
Puerro	3-10
Ajo	9-16
Cebolla	2-6
Banana	0,3-0,7
Trigo	1-4
Centeno	0,5-1
Cebada	0,5-1,5
Diente de león	12-15

Fuente: Rébora (2008)

Sanz Gallego (2012)³⁶ indica que los tubérculos se pueden preparar de la misma manera que la papa; su composición se parece bastante a ésta excepto en que el topinambur almacena inulina en lugar de almidón, lo que hace que tenga un sabor mucho más dulce. Se pueden comer crudos, cocidos, en encurtidos. Aunque se cocinen los tubérculos, la inulina no pierde las propiedades debido a su alta estabilidad térmica.

La inulina tiene un impacto beneficioso en la absorción de algunos elementos importantes como el Ca, Fe y Mg y facilita la eliminación de metales pesados, además, reduce el pH de las heces y se incrementa el peso y la frecuencia de ellas. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el consumo en altas cantidades de la misma produce meteorismo o flatulencia, por lo que su incorporación debe ser en forma gradual.

³⁶ Esta autora señala que los tubérculos de topinambur no se consumen habitualmente debido a su forma irregular, lo cual dificulta su manipulación.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Tabla 8: Composición química del Topinambur

Constituyentes	Unidad	Valor
PRINCIPALES		
Agua	g/ 100g	78,9
Nitrógeno total	g/ 100g	0,39
Proteína (N X 6,25)	g/ 100g	2,44
Grasa	g/ 100g	0,41
Hidratos de carbono	g/ 100g	4,01
Fibra dietaria total	g/ 100g	12,1
Ácidos orgánicos totales	g/ 100g	0,44
MINERALES		
Potasio	mg/ 100g	478
Magnesio	mg/ 100g	20
Calcio	mg/ 100g	10
Hierro	mg/ 100g	3,7
Fósforo	mg/ 100g	78
Sodio	mg/ 100g	22
VITAMINAS		
Equivalente de retinol	ug/ 100g	2,01
Carotenoides totales	ug/ 100g	12
β- carotenos	ug/ 100g	12
Vitamina B1	ug/ 100g	200
Vitamina B2	ug/ 100g	60
Nicotinamida	mg/ 100g	1,3
Vitamina C	mg/ 100g	4,1
ÁCIDOS ORGÁNICOS		
Ácido málico	mg/ 100g	200
Ácido cítrico	mg/ 100g	235
Ácido succínico	mg/ 100g	7
Ácido fumárico	mg/ 100g	12
POLISACÁRIDOS		
Inulina	g/ 100g	89
Sacarosa	g/ 100g	4
ÁCIDOS GRASOS		
Ácido palmítico	mg/ 100g	90
Ácido esteárico	mg/ 100g	5,1
Ácido oleico	mg/ 100g	7,7
Ácido linoleico	mg/ 100g	166
Ácido linolénico	mg/ 100g	43

Fuente: Scollo, Ugarte, Vicente, Giraudo, Sánchez Tuero, & Mora (2011)

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Scollo, Ugarte, Vicente, Giraud, Sánchez Tuero, & Mora (2011), señalan que dado el alto contenido de hidratos de carbono solubles e inulina en los tubérculos frescos y el bajo contenido de proteína bruta, se destaca que su valor energético es superior al grano de maíz/Hectárea (Ha). Los rindes máximos de polisacáridos solubles en topinambur son de 16 ton/Ha, mientras que en maíz son de 12 ton/Ha (almidón).

Las especies con mayor contenido en este carbohidrato la almacenan en la parte subterránea de la planta. Otras especies, por ejemplo en la familia *Gramineae*, presentan altos contenidos de fructanos en sus partes aéreas, pero con bajo rendimiento de extracción a nivel industrial.

Después del almidón, los fructanos son los polisacáridos no estructurales más abundantes en la naturaleza, presentes en muchas especies de plantas, en hongos del tipo *Aspergillus sp* y en bacterias, en las cuales prevalece el fructano del tipo levano.

Entre las especies de plantas que producen fructanos se identifican las del grupo *Liliaceae* (ajo, cebolla, espárrago, ajopuerro) y *Compositae* (achicoria, topinambur y yacón).

Dentro del grupo de los fructanos, este polisacárido presenta un grado de polimerización que varía entre 2 y 60 unidades. Todos ellos por su configuración química no pueden ser hidrolizados por las enzimas digestivas del hombre y de animales, por lo que permanecen intactos hasta el colon y allí son hidrolizados y fermentados en su totalidad por las bacterias de la flora intestinal. De esta manera, este tipo de compuestos se comportan como fibra dietética, y dentro de ésta, como fibra funcional.³⁷

Entre los efectos positivos para la salud, se destacan la función de fibra dietética y la capacidad de actuar como prebiótico. También posee efecto hipoglucemiante; alto contenido en minerales, especialmente una relación entre sodio y potasio adecuada para patologías que presenten hipertensión. Además, la harina producida a partir del topinambur no forma gluten, lo que la hace apta para celíacos.

En la última década del siglo xx comenzaron a desarrollarse nuevos conceptos en nutrición, como fruto de nuevos estilos de vida y la preocupación por elevar la calidad de vida de los individuos. La interrelación de disciplinas como la Biología Molecular, la Biotecnología, la Informática, entre otras, con la Nutrición, permite a las industrias alimentarias el desarrollo de nuevos productos con funciones adicionales a las del alimento original.

Del concepto de “alimento sano”, definido como aquel alimento libre de riesgo para la salud y que conserva su capacidad nutricional, su atractivo a los sentidos, su pureza y su frescura, se pasa a otro concepto más actual de “alimento funcional”, descrito como aquel

³⁷ Fibra funcional: Carbohidratos no digeribles aislados que presentan efectos fisiológicos beneficiosos en los seres humanos.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

producto, alimento modificado o ingrediente alimentario, que pueda proveer beneficios a la salud superiores a los ofrecidos por los alimentos tradicionales. El desarrollo de alimentos funcionales constituye una oportunidad real de contribuir a mejorar la calidad de la dieta y la selección de alimentos que pueden afectar positivamente la salud y el bienestar del individuo. Es importante destacar que un alimento puede ser funcional para una población en general o para grupos particulares de la población, definidos por sus características genéticas, sexo, edad u otros factores. Cualquier definición de alimento funcional debe converger hacia aquel alimento que tenga un impacto positivo en la salud del individuo ya sea previniendo o curando alguna enfermedad, además del valor nutritivo que contiene. (De las Cagigas Reig & Blanco Anesto, 2002).³⁸

Entre los distintos componentes de la microflora colónica se encuentran algunas bacterias (bifidobacterias y lactobacilos) que impiden el crecimiento de las nocivas para la salud humana y, por ello, según la ANMAT en la actualidad hay un gran interés en mejorar el desarrollo de las que son benéficas, disminuyendo así el crecimiento de las potencialmente patógenas.

Ningún organismo elabora bacterias, es decir, no las genera, simplemente éstas se hospedan en nuestro intestino. Su incorporación es siempre externa.

Durante la vida intrauterina, la luz intestinal permanece estéril pero la colonización comienza inmediatamente luego del nacimiento y alcanza una estabilidad duradera hacia el primer año de vida.

Dicha estabilidad puede ser alterada durante episodios de infecciones intestinales, tratamientos antibióticos, inmunodeficiencias transitorias o crónicas y en la vejez.

La flora intestinal está siempre activa y se renueva aproximadamente cada 48 horas. Un factor externo que incide en la composición de la flora es la dieta y esto es particularmente evidente durante la lactancia.

Existen tres estrategias alimentarias que promueven el mantenimiento de un equilibrio más saludable de la microflora intestinal, consistentes en la alteración beneficiosa de su composición, mediante el incremento de las cantidades de bifidobacterias, de lactobacilos o de ambos basadas en la utilización de prebióticos, probióticos y simbióticos, que son la combinación de los anteriores.

Los probióticos son microorganismos vivos reconocidos como habitantes normales del intestino humano que, al ser ingeridos, potencian las propiedades de la flora intestinal.

³⁸ Los autores señalan algunos ejemplos de alimentos funcionales como los alimentos que contienen determinados minerales, vitaminas, ácidos grasos o fibra alimenticia, o bien a los alimentos a los que se han añadido sustancias biológicamente activas, como los fitoquímicos u otros antioxidantes, y los probióticos, que tienen cultivos vivos de microorganismos beneficiosos.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Éstos estimulan las funciones protectoras del sistema digestivo. Se utilizan para prevenir las infecciones entéricas y gastrointestinales. Para que un microorganismo pueda realizar esta función de protección tiene que cumplir los postulados de Huchetson: ser habitante normal del intestino, tener un tiempo corto de reproducción, ser capaz de producir compuestos antimicrobianos y ser estable durante el proceso de producción, comercialización y distribución para que pueda llegar vivo al intestino. Es importante que estos microorganismos puedan ser capaces de atravesar la barrera gástrica para poder multiplicarse y colonizar el intestino.

El efecto protector de estos microorganismos se realiza mediante dos mecanismos: el antagonismo que impide la multiplicación de los patógenos y la producción de toxinas que imposibilitan su acción patogénica. Este antagonismo está dado por la competencia por los nutrientes o los sitios de adhesión. Mediante la inmuno-modulación protegen al huésped de las infecciones, induciendo a un aumento de la producción de inmunoglobulinas, aumento de la activación de las células mononucleares y de los linfocitos.

Las bacterias ácido lácticas utilizan varios azúcares como la glucosa y la lactosa para la producción de ácido acético mediante la fermentación. Algunas bacterias conocidas como anaerobias facultativas y otras como anaeróbicas obligadas, pueden colonizar transitoriamente el intestino y sobrevivir durante el tránsito intestinal; además por su adhesión al epitelio, modifican la respuesta inmune local del hospedero. Está demostrada la eficacia de las bacterias vivas que se utilizan como fermentos lácticos en el tratamiento de los signos y síntomas que acompañan la intolerancia a la lactosa. (De las Cagigas Reig & Blanco Anesto, 2002).

Los prebióticos son ingredientes alimentarios (hidratos de carbono no digeribles) que poseen un efecto favorable sobre la flora intestinal ya que estimulan selectivamente el crecimiento de bacterias benéficas, las que tienen a su vez la propiedad de elevar el potencial de salud del hospedero. Son fundamentalmente fructo y galacto oligosacáridos. Incluida en este concepto está la fibra dietética. En 1976 Trowel la describió como diferentes compuestos de origen vegetal que presentan como común denominador el estar constituidos por macromoléculas no digeribles, debido a que las enzimas del intestino humano no pueden hidrolizarlas. Más recientemente se define como el citoesqueleto de los vegetales, una sustancia aparentemente inerte que puede ser fermentada por algunas bacterias, pero no desdoblada por las enzimas digestivas, por lo que resulta inabsorbible.

Con respecto a estos últimos, De las Cagigas Reig & Blanco Anesto (2002) señalan que para que una sustancia, o grupo de sustancias, pueda ser definida como tal debe cumplir los requisitos siguientes, tales como: ser de origen vegetal, formar parte de un conjunto muy heterogéneo de moléculas complejas, no ser digerida por las enzimas

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

digestivas, ser parcialmente fermentada por las bacterias colónicas y ser osmóticamente activa.

En lo que respecta al uso forrajero del topinambur, Rébora (2008)³⁹ señala que esta especie es comúnmente considerada una excelente forrajera de doble producción (forraje verde y tubérculos). Sin embargo, esta autora advierte que la calidad de la parte aérea de la planta no tiene mayores ventajas sobre otros cultivos forrajeros y debiera clasificarse como un alimento de mantenimiento. Tanto la concentración de proteína bruta como la de proteína digestible son bajas si se las compara con alfalfa. Los bulbos son frecuentemente utilizados como reserva energética para el invierno.

Para el ganado bovino generalmente son triturados y complementados con forrajes ricos en proteínas.

En el ganado porcino es donde más experiencias existen del uso del topinambur como forraje. Tanto es así que en nuestro país también se la llama “papa chanchera”. El tubérculo de este cultivo puede ser utilizado en la alimentación de cerdos con mayores ventajas comparativas que otras especies en el pastoreo directo por su capacidad de hozar⁴⁰ el terreno.

Quizás la mayor ventaja comparativa de este cultivo para forraje sea su capacidad de crecer bien en un rango bastante amplio de condiciones ambientales.

Según un boletín informativo de la Biblioteca de la Facultad de Agronomía de la ciudad de Montevideo, Uruguay (2007)⁴¹, el consumo individual por animal vacuno es de 15 a 20 kg, en cerdas que amamantan encerradas, entre 10 y 15 kg, y para ovinos, 3 a 4 kg. En caso de vacunos suplementados proteicamente, se logran ganancias diarias de hasta 1 kg por animal.

En cuanto a digestibilidad, los tubérculos rondan en el 90 %, mayor que el maíz (85 %), avena (77 %), cebada (70 %) y balanceado comercial (73 %). También la energía metabolizada es superior a los productos antes mencionados, siendo del orden del 3,4 %. Los valores de proteínas brutas rondan en el 11 %, siendo mayor que la de maíz (8 %), pero menor que la avena (14 %), cebada (12 %) y el balanceado comercial (17 %).

Se destaca que el topinambur es una forrajera para ser usada en las estaciones de otoño e invierno, época crítica para la alimentación del ganado, ya que las disponibilidades forrajeras son mínimas. Sin considerarla una panacea, no deja de ser una alternativa válida

³⁹ Esta autora considera que si ocurre el desarrollo industrial necesario para captar una gran producción de este tubérculo, esta especie podría ser fácilmente incorporada a los sistemas de producción hortícolas mendocinos, en los que actualmente se cultivan especies como la papa o la batata, con similitudes importantes en lo relativo a tecnología de cultivo.

⁴⁰ Hozar: escarbar en la tierra con el hocico.

⁴¹ Este boletín señala que 1 hectárea de topinambur, equivale aproximadamente a 8 hectáreas de la mejor forrajera tradicional.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

para la sustentación de ganados, ya que se obtendrían unas 2.200 raciones de 18 kg para vacunos, siendo mayores a ésta en caso de cerdos y ovinos. Estas raciones se deben suplementar con heno de alfalfa, pasturas de gramíneas y leguminosas, a los fines de lograr un balanceo proteico.

Otro de los usos de este cultivo es el industrial, ya sea para obtener fructanos o etanol, tal como indica Rébora (2008).

Los fructanos son polímeros de fructosa derivados de la molécula de sacarosa, la cual es un disacárido de fructosa y glucosa.

Los de plantas se encuentran ampliamente distribuidos en mono y dicotiledóneas. Abundan en las familias *Liliaceae*, *Amaryllidaceae*, *Gramineae* y *Compositae*.

Varias plantas ricas en estos compuestos son comestibles totalmente o algunas de sus partes, por ejemplo, las raíces de achicoria, los espárragos, el apio, las cebollas, los ajos, las alcachofas, etc.

Algunas especies son de utilidad industrial no alimentaria, en particular aquellas que acumulan inulinas en partes que permiten una fácil extracción y purificación de los carbohidratos, por ejemplo, los bulbos, tubérculos, raíces tuberosas, etc.

Desde el punto de vista industrial se utilizan tres plantas ricas en este polisacárido, el agave (*Agave azul tequilana*), el topinambur (*Helianthus tuberosus*) y la achicoria (*Cichorium intybus*). (Girbés & Jiménez, 2012)

Los que se encuentran presentes en plantas tienen diferentes estructuras y longitudes de cadena, que van de arriba de tres a pocos cientos de unidades de fructosa, con una gran variedad en enlaces y residuos fructosil. Los fructanos con un grado de polimerización de 2 a 10 son comúnmente llamados fructooligosacáridos. Los que son sintetizados en la naturaleza son solubles en agua y son azúcares no reductores.

Los de distinto origen pueden diferir por el grado de polimerización, la presencia de ramificaciones, el tipo de enlace entre las unidades de fructosa adyacentes y la posición de los residuos de glucosa.

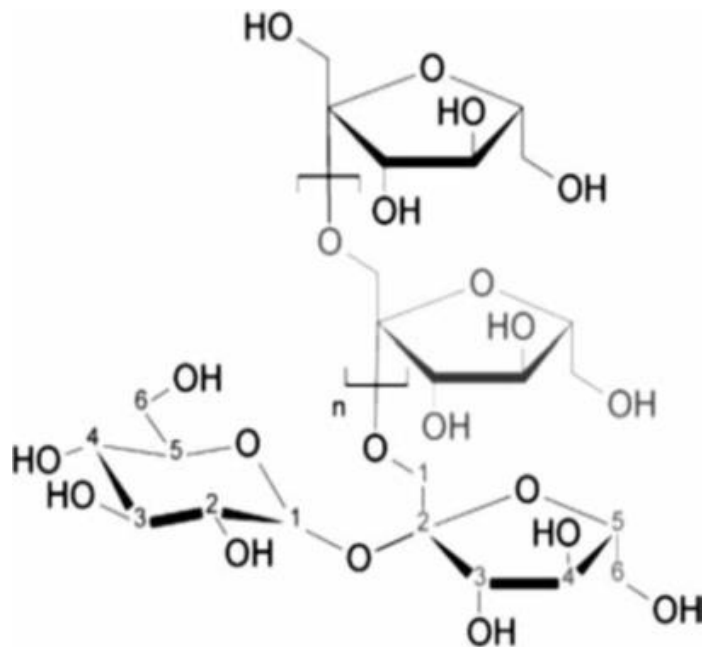
En plantas dicotiledóneas (familia *Asteraceae*) se sintetiza inulina lineal, la que consiste en un residuo terminal de glucosa y un número variable de residuos de fructosa unidos exclusivamente por enlaces β 2-1. La longitud de cadena depositada en órganos de almacenamiento varía entre las diferentes especies. La almacenada en raíz de achicoria (*Chicorium intybus*) y en tubérculos como el topinambur (*Helianthus tuberosus*) tienen un promedio de grado de polimerización más bajo, aproximadamente de 10 a 30. (Ulloa, Espinosa Andrews, & Cruz Rodríguez, 2010).

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Los fructanos más ampliamente estudiados y de mayor uso a nivel industrial son la inulina, la oligofructosa y los fructooligosacáridos o FOS⁴² (Madrigal & Sangronis, 2007).

Con respecto a éstos, Rébora (2008) señala que constituyen el principal carbohidrato de reserva de *H. tuberosus L.*, representando entre el 70 y el 80 % de la materia seca de los tubérculos, la que varía de 18 a 25 %. Esta especie es considerada como una de las candidatas más importantes para ser usada como materia prima para la producción industrial de fructosa e inulina biológicas.

Figura 1: Fórmula 2D de la inulina.



Fuente: Scollo, Ugarte, Vicente, Giraudo, Sánchez Tuero, & Mora (2011)

Tal como indican Madrigal & Sangronis (2007), esta última 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. Está constituida por moléculas de fructosa unidas por enlaces β -(2→1) fructosil-fructosa, siendo el término “fructanos” usado para denominar este tipo de compuestos. Las cadenas de fructosa tienen

⁴² Los fructooligosacáridos (FOS) son carbohidratos formados por unidades de fructosa en número variable (de 3 a 5) unidas a una unidad de glucosa terminal, que se encuentran en los vegetales y que pueden aparecer en procesos de degradación industrial. Éstos tienen actividad biológica como prebióticos, de ahí su importancia.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

la particularidad de terminar en una unidad de glucosa unida por un enlace α -(1,2) (residuo - Dglucopiranosil), como en la sacarosa, pero también el monómero terminal de la cadena puede corresponder a un residuo de β -D-fructopiranosil.

En comparación con otras especies vegetales, el topinambur presenta una alta proporción de este carbohidrato asociado esto a un alto rendimiento por unidad de superficie; lo que representa un alto potencial de obtención de la misma por hectárea cultivada con topinambur. Por este motivo es considerada como una de las candidatas más importantes para ser usada como materia prima para la obtención industrial de inulina biológica (Rébora, 2008).

Entre los atributos más destacables de la inulina se pueden citar los siguientes:

1. Es considerada una fibra biológica, cuya ingestión confiere varias ventajas para la salud, como lo son la disminución del nivel de colesterol y azúcar en la sangre y el hecho de promover la actividad de bifidobacterias a nivel intestinal.

2. Es poco digerida por los humanos, lo cual le confiere potencial para ser usada en formulaciones de alimentos de bajas calorías.

3. Las cadenas de inulina largas, con un grado de polimerización promedio de 25, pueden usarse para reemplazar grasa en distintos alimentos, debido que simulan su textura. Por ello es que se utiliza en la elaboración de lácteos de bajas calorías.

Tabla 9: Propiedades funcionales de la inulina y derivados

Aplicación	Funcionalidad
Productos lácteos	Cuerpo y palatabilidad, capacidad de formar gel, emulsificantes, sustitutos de azúcares y grasas, sinergismo con edulcorantes.
Postres congelados	Textura, depresión en el punto de congelación, sustituto de azúcares y grasas, sinergismo con edulcorantes.
Productos untables	Estabilidad de emulsión, textura y capacidad de ser untado, sustituto de grasas.
Productos horneados	Disminución de a_w , sustituto de azúcares.
Cereales de desayuno	Crujencia, capacidad de expansión.
Preparación de frutas (no ácidas)	Cuerpo y palatabilidad, capacidad de formar gel, estabilidad de emulsión, sustituto de azúcares y grasas, sinergismo con edulcorantes.
Aderezos de ensaladas	Cuerpo y palatabilidad, sustituto de grasas.
Productos cárnicos	Textura, estabilidad de emulsión, sustituto de grasas.
Chocolate	Sustituto de azúcares, humectante.

Fuente: Madrigal & Sangronis (2007)

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Madrigal & Sangronis (2007) señalan que este carbohidrato y sus derivados ofrecen múltiples usos como ingredientes en la formulación de productos (Tabla 9). Tiene propiedades similares a las del almidón, mientras que la oligofructosa presenta propiedades más parecidas a la sacarosa. Mejora la aceptabilidad de yogures elaborados con leche descremada, impartándole una mayor cremosidad, también actúa como agente espesante, retiene el agua y estabiliza geles. Los geles se pueden formar por efecto mecánico o térmico, y el obtenido por el segundo método presenta mejor textura y firmeza. La capacidad de formar gel es determinante en su uso como sustituto de grasas en productos lácteos, untables, aderezos, salsas y otros productos en los que las propiedades funcionales que otorgan las grasas son indispensables para lograr los efectos sensoriales deseados por los consumidores.

La inulina junto con otro carbohidrato no digerible, el galactooligosacárido, logra cumplir una función muy importante en el mejoramiento de las formulaciones alimenticias infantiles. La leche materna contiene una mezcla compleja de carbohidratos no digeribles que cumplen con la función de prebiótico, lo cual justifica la adición de oligosacáridos a fórmulas lácteas que se administran a los niños.

Madrigal & Sangronis (2007) citan que investigaciones con ratas y humanos indican un incremento de la absorción de calcio y otros minerales cuando se usa este polisacárido y sus derivados en la dieta, con consecuencias positivas en el contenido y densidad de los huesos.

En adolescentes, la dosis necesaria para observar esos resultados fue 8 g/día durante 8 semanas. También se demostró el efecto positivo en la absorción de magnesio.

Con respecto al cáncer, se demostró que la administración de prebióticos (inulina y oligofructosa) disminuye el crecimiento de cáncer de colon en ratas. El mecanismo aún no está claro, pero los resultados parecen señalar como responsable a la acción combinada de dos factores: el aumento de los ácidos grasos de cadena corta (producto de la fermentación de los prebióticos) y la disminución de la proliferación de las enzimas envueltas en la patogénesis del cáncer. Se observó la inhibición del cáncer mamario en ratas cuya dieta fue suplementada con este fructano. También ha sido reportado un efecto antimelanoma por el consumo del mismo. Estos efectos positivos en la salud han originado que se lo recomiende como factor adyuvante en las terapias de cáncer.

Existen otras funciones promisorias que aún están en estudio, entre ellas el aumento a la resistencia a infecciones intestinales, atenuación de enfermedades inflamatorias del intestino, estimulación del sistema inmune, con la consecuente resistencia a las infecciones.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Sin embargo, es importante considerar que estudios en seres humanos han demostrado que dosis mayores a 30g/día ocasionan efectos gastrointestinales adversos.

Dentro de otras aplicaciones de la inulina y derivados, Madrigal & Sangronis (2007) señalan que se están usando en la alimentación animal, para disminuir malos olores en las heces fecales de animales domésticos como perros y gatos. También se ha ensayado utilizarlos en la sustitución del uso de antibióticos profilácticos en pollos, conejos y cerdos.

También se están usando en la industria farmacéutica como material excipiente en tabletas, coadyuvante en vacunas y como ingrediente estructurante en detergentes.

Adicionalmente, en la industria química y de procesamiento se usa la inulina y la carboximetil inulina (CMI), como agente quelante y anti-incrustante de tuberías, contenedores, cámaras de reacción y separación y demás equipos.

Éstos compuestos han sido calificados como materiales bioactivos que pueden ser incorporadas en los empaques de los alimentos para dar origen a “empaques bioactivos”. Los materiales bioactivos son aquellos que modifican positivamente la funcionalidad de procesos fisiológicos del organismo, tales como los prebióticos, los fotoquímicos y las vitaminas.

En lo que respecta a la obtención de etanol, Rébora (2008) señala que actualmente los cultivos energéticos⁴³ no representarían un recurso importante como fuente de energía, ya que son más caros que los combustibles fósiles. La mayoría de los estudios así lo indican, aunque generalmente han basado el análisis en cultivos de granos tradicionales como maíz, trigo y cebada.

Sin embargo, ante la disminución de las reservas de dichos combustibles, es necesario repensar en el uso de energías alternativas, como por ejemplo la energía proveniente de biomasa vegetal, que algunos autores mencionan como “energía verde”.

H. tuberosus L. aparece entre las especies con potencial para producir energía. Tiene ventajas sobre otros cultivos, principalmente su alto rendimiento de biomasa, que puede llegar a ser entre 100 y 130 toneladas de tubérculos por ha. La producción de etanol puede realizarse tanto a partir de la parte aérea como de los bulbos.

Hay antecedentes que señalan que a partir de 50 toneladas de tubérculos de *H. tuberosus L.* se obtienen 4.500 litros de etanol.

⁴³ Se llaman cultivos energéticos a aquellos cuya biomasa se destina a la obtención de energía. Por tratarse de energía renovable, es que cada vez se estudian más como alternativa al agotamiento ya sensible de energías fósiles, como el gas y el petróleo. Tan creciente es el interés por el desarrollo de cultivos energéticos y biocombustibles, que se habla de “Agroenergética”, en relación con el aprovechamiento energético de la producción agrícola.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Básicamente hay dos grandes grupos de cultivos que se usan como materias primas para elaborar estos biocombustibles: los ricos en hidratos de carbono para producción de alcohol y los “oleaginosos”, cuyo aceite se utiliza para fabricar biodiesel.

En la actualidad el bioetanol es, con mucha diferencia, el biocombustible más utilizado. En 2004 se produjeron en el mundo alrededor de 30.000 millones de litros del mismo para combustible, lo que representa en torno del 2 % del consumo mundial de petróleo. Las principales materias primas para obtener etanol en el mundo son la caña de azúcar en Brasil y el maíz en Estados Unidos.

La caña de azúcar es la principal materia prima para obtener bioetanol en los países de clima cálido; en Europa se emplea remolacha. Los cereales (maíz en Estados Unidos y trigo y cebada en Europa) son las materias primas para el etanol de almidón. El precio de las materias primas viene regido por el mercado alimentario, su destino tradicional. Para las necesidades del mercado de la energía deben desarrollarse nuevos cultivos más productivos y rentables. Para liberarse de las fluctuaciones que suelen caracterizar los que son destinados a la alimentación (animal y humana), se están investigando otras especies como el topinambur y el sorgo azucarado (*Sorghum bicolor L.*). Éstos, además de su menor costo de producción, serían más rentables para la obtención de etanol, ya que se podrían emplear los tallos secos (del topinambur) o el bagazo (del sorgo) para la generación del vapor y la electricidad necesarios en el proceso de fabricación de etanol.

Rébora, Lelio, Ibarguren, & Gómez (2011) señalan que el uso de aguas residuales urbanas se plantea como una alternativa para producir cultivos energéticos. La mayor proporción del re-uso de aguas cloacales en el mundo ocurre en regiones áridas donde otras fuentes de agua son escasas. La principal desventaja que se asocia con el uso de este tipo de aguas tiene que ver con el riesgo para la salud humana de los consumidores que comen frutas y verduras irrigadas con este sistema. En este sentido, los autores señalan que los cultivos energéticos tienen una ventaja comparativa, al igual que los forestales, ya que no se destinan al consumo humano directo. Existen algunas experiencias en Australia de siembra de topinambur utilizando aguas residuales urbanas para el riego con rendimientos de tubérculos que alcanzan las 120 toneladas por hectárea; y también experiencias locales que indican que es factible obtener rendimientos de tubérculos superiores a los 170.000 kg/ha cuando se riega con aguas residuales urbanas plantaciones de una densidad de 25.000 plantas por hectárea en Tunuyán, Mendoza. La densidad poblacional en un cultivo de topinambur afecta los parámetros de crecimiento y rendimiento. Los valores convencionales varían entre 3 a 4 plantas/m².

Diseño Metodológico



“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

A través de la presente investigación se evalúa el grado de aceptación del Topinambur y el contenido de inulina de este tubérculo crudo y su modificación sometido a diferentes métodos de cocción.

Este estudio es de tipo exploratorio, ya que se trata de examinar un tema poco estudiado, del cual no existe demasiada información, y sirve para aumentar el grado de conocimiento de este tubérculo conocido como Topinambur, con la posibilidad de establecer un punto de partida para investigaciones posteriores.

También es un estudio descriptivo, ya que a través del mismo, se intenta evaluar el grado de aceptación del mismo por parte de la población seleccionada.

Al mismo tiempo, es un estudio transversal, se observa en un tiempo determinado las manifestaciones de las diferentes personas que se someten a la degustación del tubérculo y los hechos se registran por única vez.

El universo-población seleccionado para el estudio está constituido por hombres y mujeres estudiantes de la facultad de Ciencias Médicas de la Universidad FASTA, sede San Alberto Magno, de la ciudad de Mar del Plata.

La muestra está compuesta por 128 alumnos de la facultad de Ciencias Médicas de la Universidad FASTA.

La unidad de análisis está constituida por cada alumno que participa de la degustación, como así también por los tubérculos de Topinambur.

Las variables que se utilizan para el desarrollo de esta investigación son:

- **Edad:**

Definición conceptual: Tiempo que ha vivido una persona desde su nacimiento expresado en años.

Definición operacional: Tiempo que han vivido los alumnos de las carreras de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad FASTA, sede San Alberto Magno, de la ciudad de Mar del Plata.

Los alumnos expresan en la encuesta, la edad en años.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

- **Sexo:**

Definición conceptual: División en dos grupos: mujer u hombre.

La persona es de sexo femenino o masculino.

- **Métodos de cocción:**

Definición conceptual: Técnicas culinarias con la que se modifican los alimentos crudos mediante la aplicación de calor para su consumo.

Definición operacional: Técnicas culinarias con la que se modificarán los tubérculos de topinambur crudos mediante la aplicación de calor para su consumo.

Se dará a degustar el Topinambur sometido a diferentes métodos de cocción: hervido y al horno.

- Hervido

Definición conceptual: Inmersión de un alimento en un líquido (agua o caldo) que, o ya está o se lleva a ebullición.

Definición operacional: Inmersión del Topinambur en agua que se llevará a ebullición. Se dará a degustar Topinambur hervido.

- Al horno

Definición conceptual: Sometimiento de un alimento a la acción del calor sin mediación de ningún elemento líquido.

Definición operacional: Sometimiento del Topinambur a la acción del calor seco (175 grados centígrados, en horno). Se dará a degustar Topinambur al horno.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

- **Grado de aceptación del consumidor:**

Definición conceptual: Grado de preferencia que demuestra el consumidor en relación a la incorporación del producto, recurriendo a su propia escala interna de experiencias.

Definición operacional: Grado de preferencia que demuestran los alumnos de la facultad de Ciencias Médicas de la Universidad FASTA, en relación a la incorporación del Topinambur, a partir de una evaluación subjetiva, donde se determina el grado de preferencia por medio de una escala hedónica, donde:

5	Me gusta mucho
4	Me gusta
3	No me gusta ni me disgusta
2	No me gusta
1	Me disgusta mucho

- **Contenido de inulina:**

Definición conceptual: Cantidad de carbohidrato de almacenamiento presente en muchas plantas, vegetales, frutas y cereales y por tanto forma parte de nuestra dieta diaria. Es un polímero de la fructosa que desempeña funciones de reserva.

Definición operacional: Cantidad de carbohidrato de almacenamiento presente en el Topinambur. En este estudio se determinará la modificación en el contenido de inulina de Topinambur tratado por diferentes métodos de cocción, en relación al tubérculo crudo.

- **Análisis bioquímico**

Se determinará el contenido de inulina del Topinambur crudo y luego sometido a distintos métodos de cocción para observar el comportamiento de este nutriente, analizándose bioquímicamente.

El método utilizado para llevar a cabo este análisis es Cromatografía Líquida de Alta Presión.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

- **Encuesta**

El relevamiento de datos se realizará a través de degustaciones de Topinambur cocido por distintos métodos, mediante las cuales se intenta conocer la opinión de los catadores acerca del mismo.

Consentimiento Informado

La siguiente encuesta pertenece al trabajo de investigación correspondiente a la Tesis de Licenciatura de Eugenia Eguía bajo el nombre de “Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”, la cual servirá para establecer el grado de aceptación del topinambur, en la que se garantiza el secreto estadístico y la confidencialidad de la información brindada por los encuestados siendo la misma, de carácter anónimo.

Por esta razón, le solicitamos su autorización para participar de este estudio, que consiste en degustar tubérculos de topinambur sometidos a distintos métodos de cocción y luego responder una serie de preguntas.

Agradezco su colaboración.

Firma:

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Encuesta “Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Encuesta N°

1. Sexo:

Femenino	
----------	--

Masculino	
-----------	--

2. Edad:

--

3. Carrera:

4. ¿Consume habitualmente tubérculos?

SI	
----	--

NO	
----	--

5. ¿Cuál/es tubérculo/s ha consumido alguna vez? Indique con una cruz.

Papa	
Batata	
Mandioca	
Papa Oca	
Otros	

6. ¿Ha escuchado hablar acerca del Topinambur? (Si la respuesta es NO, pase a la pregunta 8)

SI	
----	--

NO	
----	--

7. ¿Alguna vez lo consumió?

SI	
----	--

NO	
----	--

8. Indicar con V o F las siguientes afirmaciones referidas a las propiedades de la inulina en la salud humana.

Disminuye el nivel de colesterol y triglicéridos en la sangre.	
Genera una disminución de la presión arterial.	
Promueve la actividad de las bifidobacterias a nivel intestinal.	
Favorece el desarrollo óseo.	
Tiene un impacto beneficioso en la absorción de algunos elementos importantes como el Ca, Fe y Mg.	
Posee un efecto beneficioso para las articulaciones.	
Evita el envejecimiento prematuro de la piel.	
Refuerza las funciones inmunológicas (ante cáncer o tumores).	
Tiene un efecto hipoglucemiante.	

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

9. ¿Conoce alguna otra propiedad diferente a las anteriores? Si su respuesta es SI, indique cuál.

SI	
----	--

NO	
----	--

.....

10. ¿Cree importante la incorporación de la inulina en la alimentación? ¿Por qué?

SI	
----	--

NO	
----	--

.....

Evaluación sensorial:

- Deguste la pasta de Topinambur e indique su opinión general sobre la misma.

5	Me gusta mucho	
4	Me gusta	
3	No me gusta ni me disgusta	
2	No me gusta	
1	Me disgusta mucho	

- Indique su percepción sobre la muestra con respecto a los caracteres organolépticos.

		Color	Aroma	Sabor	Textura
5	Me gusta mucho				
4	Me gusta				
3	No me gusta ni me disgusta				
2	No me gusta				
1	Me disgusta mucho				

11. ¿Su sabor le recuerda a algo? (Si su respuesta es SI, indique a qué le recuerda).

SI	
----	--

NO	
----	--

.....

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

- Deguste la tarteleta de Topinambur e indique su opinión general sobre la misma.

5	Me gusta mucho	
4	Me gusta	
3	No me gusta ni me disgusta	
2	No me gusta	
1	Me disgusta mucho	

- Indique su percepción sobre la muestra con respecto a los caracteres organolépticos.

		Color	Aroma	Sabor	Textura
5	Me gusta mucho				
4	Me gusta				
3	No me gusta ni me disgusta				
2	No me gusta				
1	Me disgusta mucho				

12. ¿Su sabor le recuerda a algo? (Si su respuesta es SI, indique a qué le recuerda).

SI		NO	
----	--	----	--

.....

13. ¿Lo incorporaría a su dieta habitual? ¿Por qué?

SI		NO	
----	--	----	--

.....

¡Muchas gracias!

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

A continuación, se adjunta análisis bioquímico.

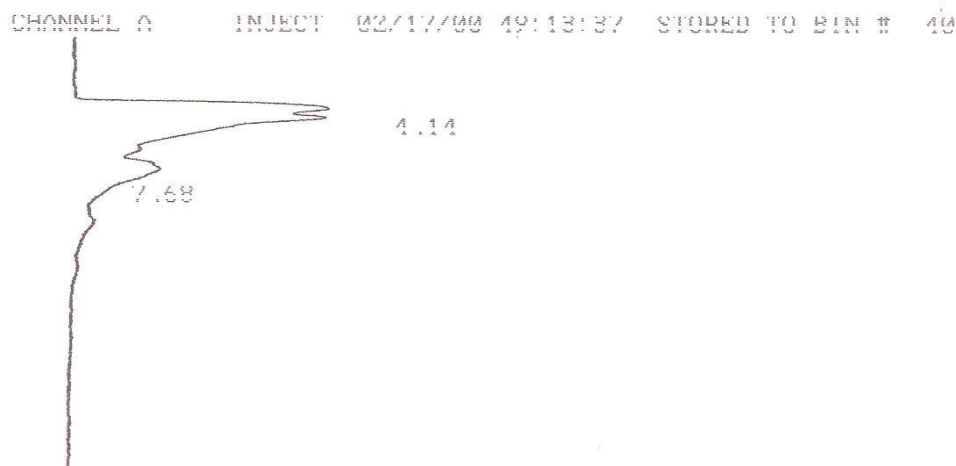
Determinación fructanos sobre muestra enviada de Topinambur.

Los valores expresados en gramos por 100 gramos de parte comestible, sin cáscara.

Método cromatográfico HPLC *

Muestra/tratamiento	Fructanos g %
CRUDO	11.66
HERVIDO	8.89
HORNO	9.73

*Ref: INULIN DETERMINATION FOR FOOD LABELING. Zuleta A. and Sambucetti M.E. J. Agric.Food.Chem, 49, 4570-72, 2001



Véase Anexo A

Análisis de Datos

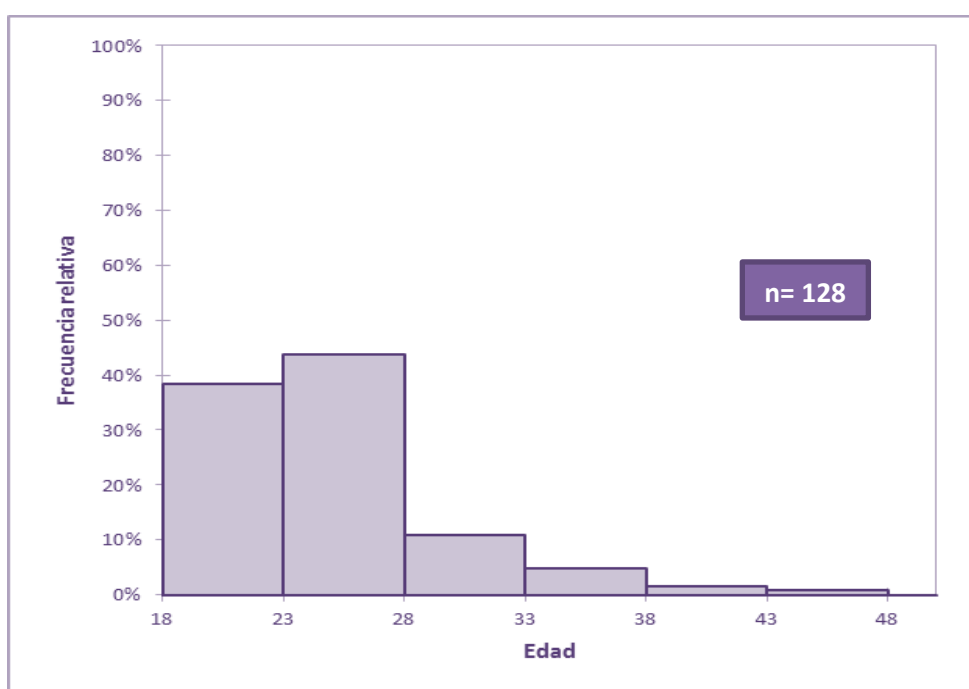


“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Para la presente investigación, se desarrolló un trabajo de campo que consistió en una encuesta a 128 alumnos que concurren a la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad FASTA en la ciudad de Mar del Plata, realizada en el mes de noviembre de 2013, con el objetivo de evaluar el grado de aceptación de dos preparaciones con Topinambur e identificar las preferencias de las mismas.

Inicialmente se presenta la distribución por edad de las personas que participaron de la encuesta.

Gráfico N° 1: Distribución etaria de los encuestados



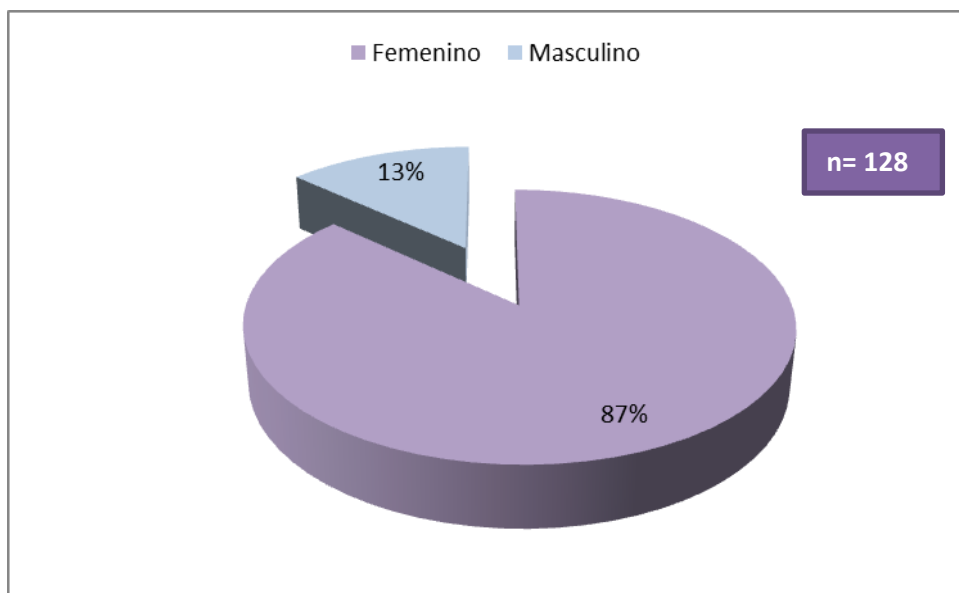
Fuente: Elaboración propia

A partir del anterior gráfico observamos que la edad oscila entre 18 y 43 años, con una edad promedio de 24,3 y un desvío de 4,9. En el rango que va de 23 a 28 años, se registra el porcentaje más alto de la muestra con un 44%, seguido por el rango comprendido desde 18 a 23 años, con un 38%.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

A continuación se detalla la composición por sexo, de los alumnos que participaron de la muestra. Los resultados se presentan en el siguiente gráfico.

Gráfico N°2: Composición por sexo de los encuestados



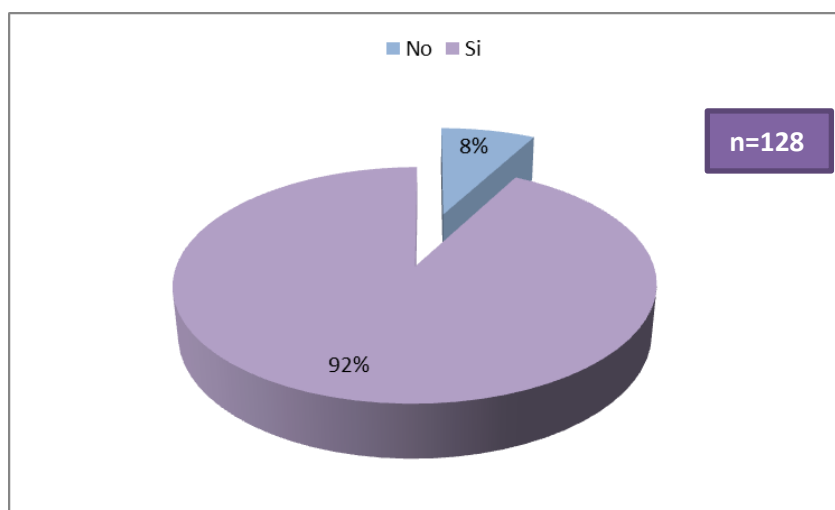
Fuente: Elaboración propia

En el anterior gráfico se observa una amplia mayoría del sexo femenino, representando el 87% de la muestra.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Seguidamente, se pregunta a los alumnos sobre si consumen habitualmente tubérculos. En el siguiente gráfico se presentan los resultados.

Gráfico N°3: Distribución por consumo habitual de tubérculos de los encuestados



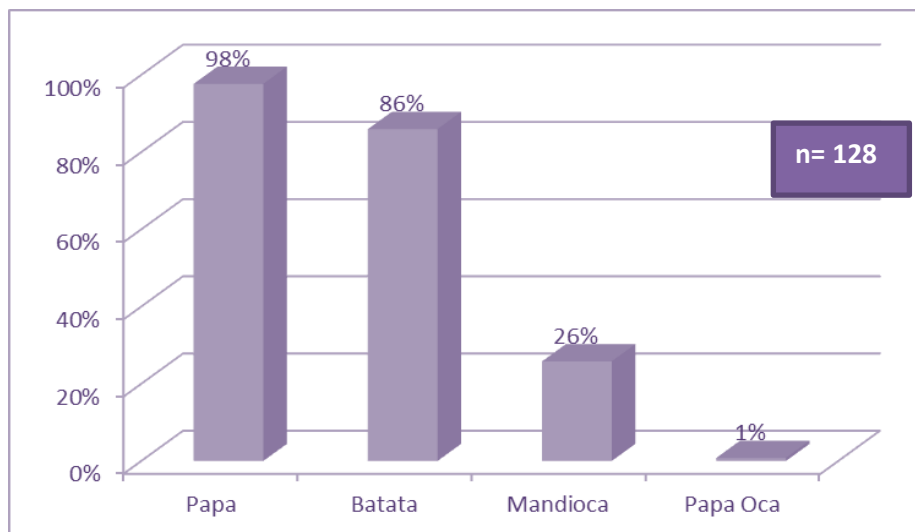
Fuente: Elaboración propia

A partir del anterior gráfico, observamos una notoria mayoría que consumen habitualmente tubérculos, constituyendo los mismos, un 92% de la muestra.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Luego, se indaga sobre los tubérculos que han consumido alguna vez, surgiendo como dato, los resultados plasmados en el gráfico siguiente.

Gráfico N°4: Tubérculos más consumidos por los encuestados



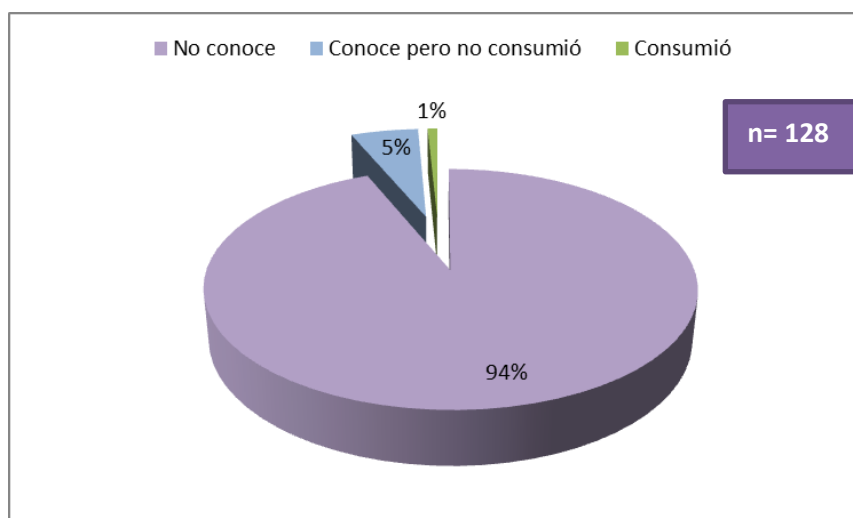
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior, podemos observar que la papa es el tubérculo más consumido, mencionado por un 98% de la muestra, seguido por la batata con un 86%.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Posteriormente, se indaga sobre si conocen el Topinambur, y en caso de conocerlo, si alguna vez lo han consumido. Los resultados se muestran en el siguiente gráfico.

Gráfico N°5: Conocimiento y consumo del topinambur



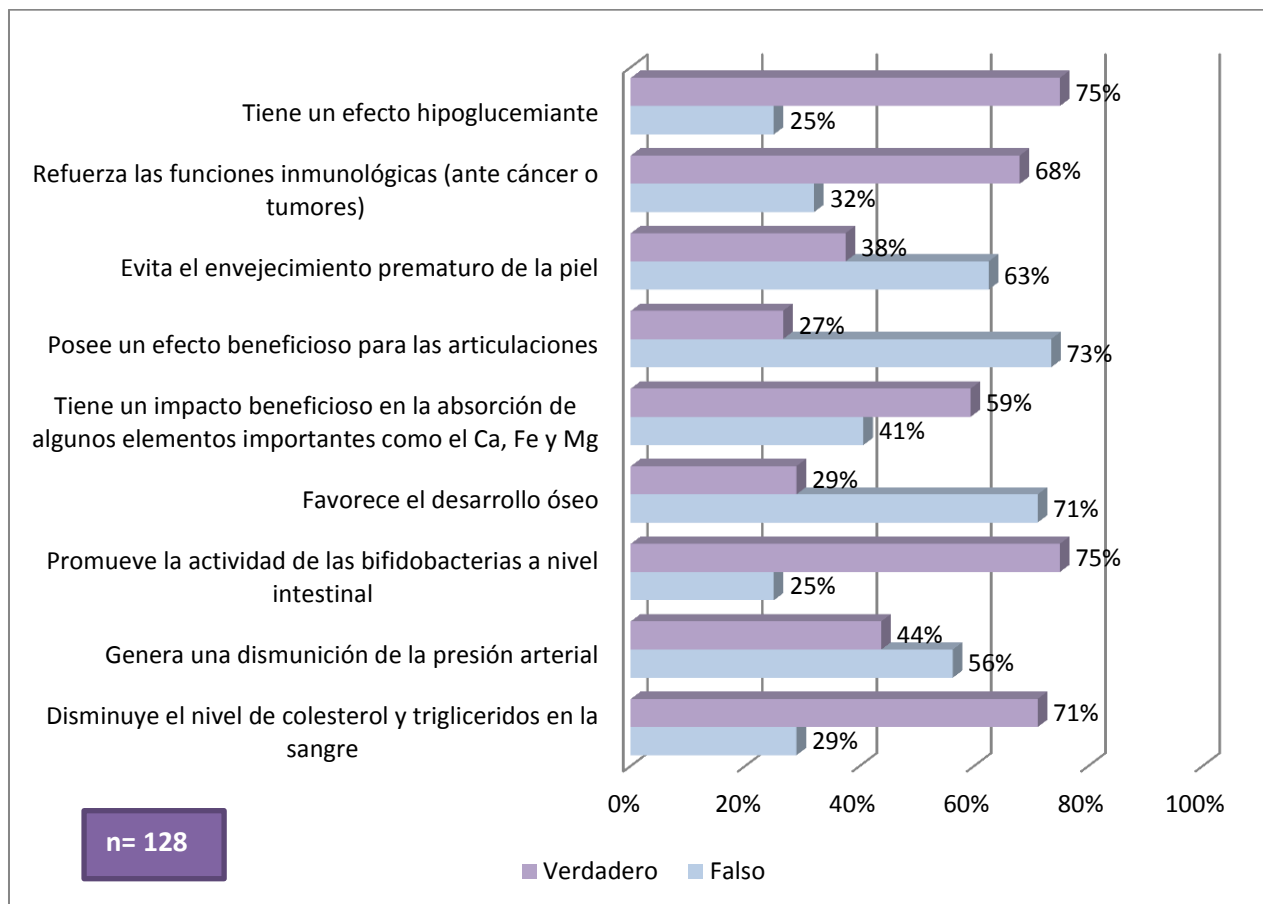
Fuente: Elaboración propia

Del gráfico anterior se desprende que la gran mayoría de los alumnos, representada por un 94%, no ha escuchado hablar del Topinambur, y del pequeño porcentaje que sí ha escuchado hablar, sólo un 1% lo ha consumido.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

A continuación, se les da a los alumnos una serie de afirmaciones con respecto a las propiedades de la inulina en la salud humana, y se les pide que las identifiquen como verdaderas o falsas, según corresponda. En el siguiente gráfico se presentan los resultados.

Gráfico N°6: Propiedades de la inulina



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior, podemos observar que la primera afirmación, que hace referencia a la disminución de colesterol y triglicéridos en sangre, fue identificada correctamente por un 71% de los encuestados. Con respecto a la segunda afirmación, acerca de que disminuye la presión arterial, lo cual no es cierto, fue identificada en forma correcta por un 56% de los encuestados. La afirmación que dice que promueve la actividad de las bifidobacterias a nivel intestinal fue identificada correctamente por un 75% de los encuestados, al igual que la última, que afirma que tiene un efecto hipoglucemiante, constituyendo ambas el porcentaje más alto de acierto. En lo que respecta a la cuarta, que afirma que favorece el desarrollo óseo, fue correctamente identificada como falsa por un

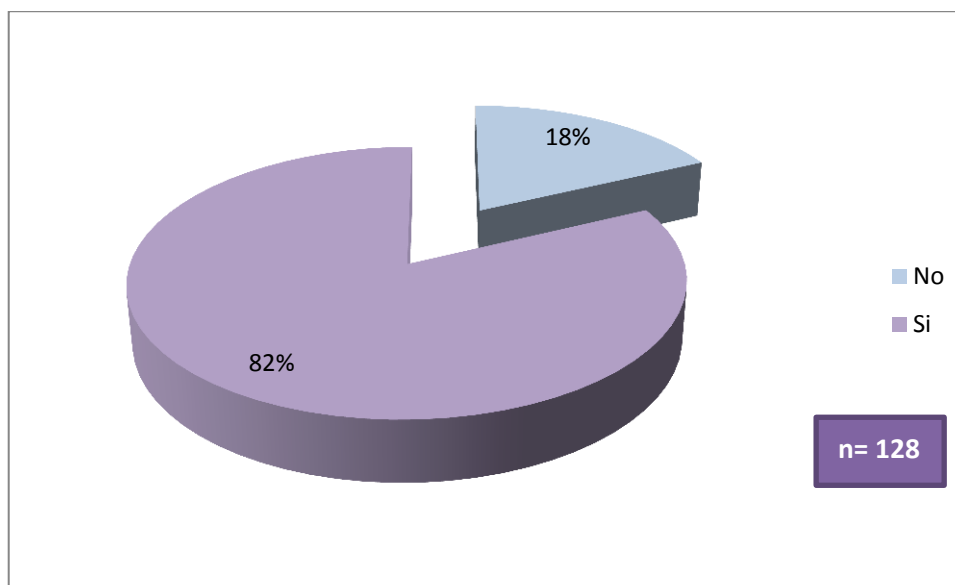
“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

71% de los alumnos. La quinta afirmación, que habla del impacto beneficioso en la absorción de Ca, Fe y Mg fue identificada correctamente por un 59% de los encuestados. Con respecto a que posee un efecto beneficioso para las articulaciones, un 73% de los alumnos pudo identificarla correctamente como falsa. La séptima afirmación, que dice que evita el envejecimiento prematuro de la piel, lo cual no es verdadero, fue identificada en forma correcta por un 63% de los encuestados. Por último, con respecto a que refuerza las funciones inmunológicas, el 68% de los alumnos pudieron identificarla correctamente.

Seguidamente, se les pregunta a los alumnos si conocían alguna otra propiedad diferente a las anteriores, con respecto a la inulina, pero en todos los casos la respuesta fue negativa.

Luego, se indaga sobre si consideraban que era importante la incorporación de la inulina en la alimentación. Los resultados se muestran en el siguiente gráfico.

Gráfico N°7: Importancia de la inulina en la alimentación



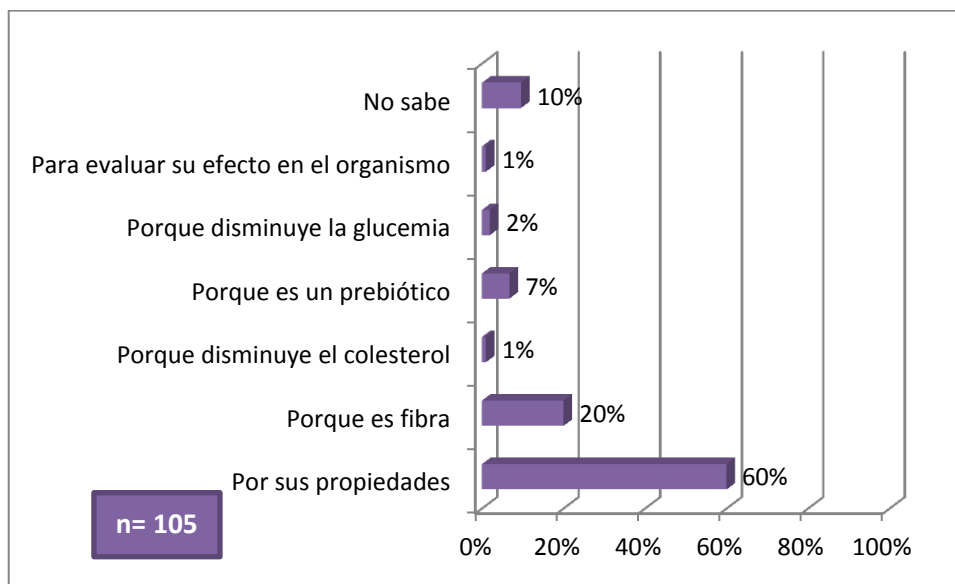
Fuente: Elaboración propia

En el anterior gráfico se puede observar que la mayoría de los encuestados, representada por un 82%, considera importante la incorporación de la inulina en la alimentación.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

A continuación, se les pide a los encuestados que justifiquen por qué consideraban o no, importante su incorporación en la alimentación, a lo cual, sólo respondieron aquellos que creían que era importante la misma. En el siguiente gráfico se muestran los resultados.

Gráfico N°8: Motivos adjudicados a la importancia de la inulina en la alimentación



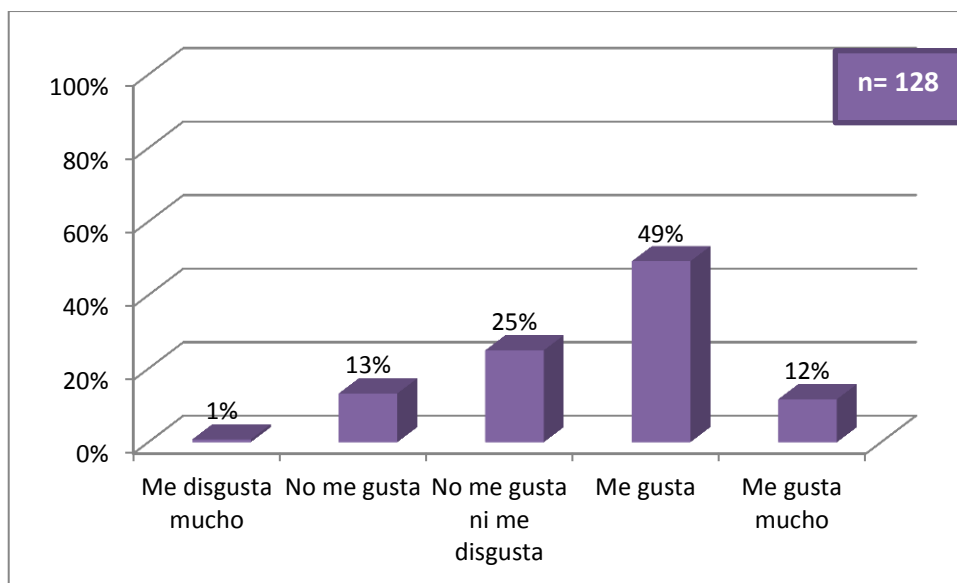
Fuente: Elaboración propia

De este gráfico se desprende que la mayoría de los encuestados, representada por un 60%, considera que es importante la incorporación de la inulina en la alimentación debido a sus propiedades, aunque no hacen explícita ninguna de ellas. Un 20% de los encuestados justifica la importancia de la inulina en la alimentación argumentando que ésta es fibra, con todos los beneficios que implica la misma. Luego, un 10% de los alumnos consideran importante su incorporación pero no especifican motivo alguno. También se observa que un 7% de los encuestados le adjudica a la inulina el carácter de prebiótico, motivo por el cual consideran importante incorporarla.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Posteriormente, se les solicita a los alumnos que degusten la pasta de topinambur y que en base a una escala hedónica, indiquen su opinión general sobre la misma. Los resultados se presentan en el siguiente gráfico.

Gráfico N°9: Opinión general ante la degustación de la pasta de topinambur



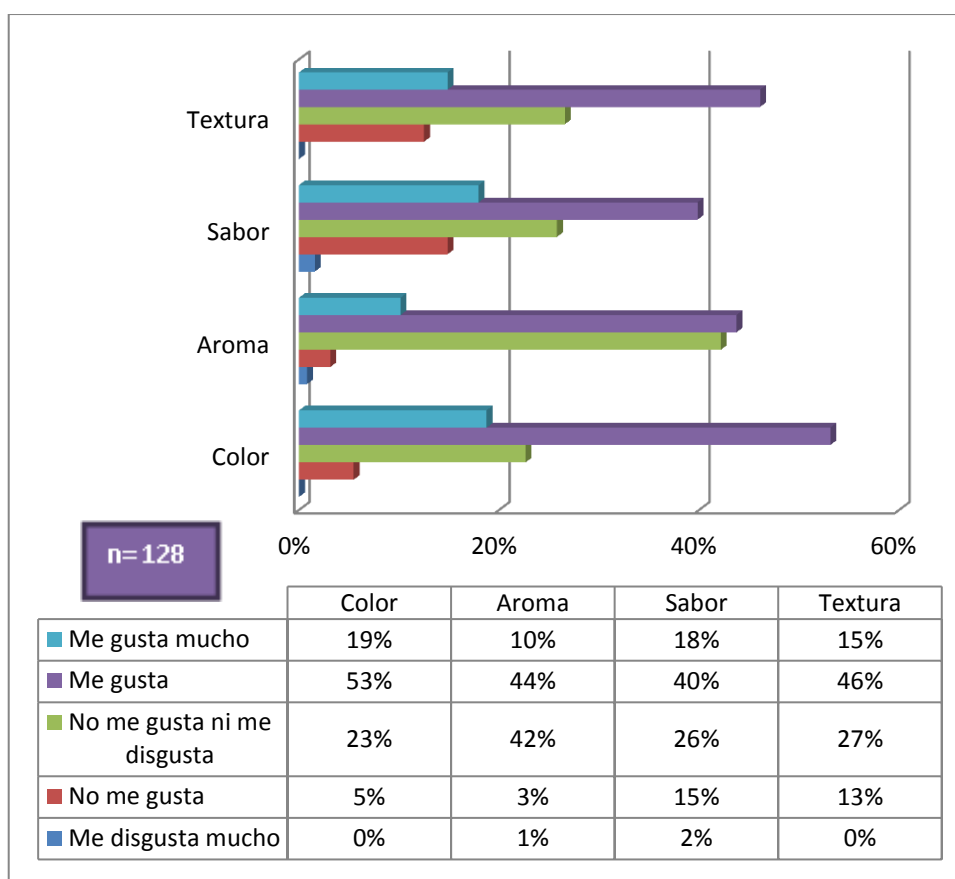
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior, se observa que un 49% de los encuestados eligió la opción *me gusta*, seguida por un 25% que eligió la opción *no me gusta ni me disgusta*. Las calificaciones negativas, *no me gusta* y *me disgusta mucho*, representan el 14%.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Seguidamente, se les pide a los encuestados que indiquen su percepción sobre la muestra con respecto a los caracteres organolépticos. En el siguiente gráfico se muestran los resultados.

Gráfico N°10: Percepción de los caracteres organolépticos de la pasta de topinambur



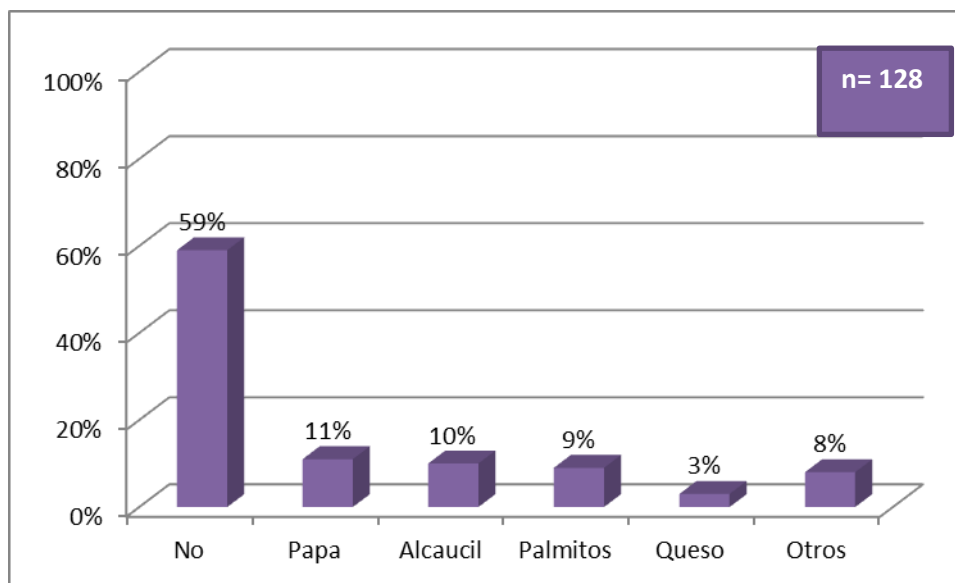
Fuente: Elaboración propia

Del gráfico anterior observamos que con respecto al color, la mayoría optó por la opción *me gusta*, representada por un 53%, seguida por un 23% que eligió la opción *no me gusta ni me disgusta*. Al evaluar el aroma, un 44% de los encuestados indicó la opción *me gusta*, seguida por un 42% que eligió *no me gusta ni me disgusta*. En relación al sabor, un 40% eligió la opción *me gusta*, seguida por un 26% que seleccionó la opción *no me gusta ni me disgusta*. Con respecto a la textura, un 46% optó por la opción *me gusta*, seguido por un 27% que eligió *no me gusta ni me disgusta*. En ningún caso, las calificaciones negativas superan el 17%.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

A continuación, se les pregunta a los alumnos acerca de si su sabor les recuerda a algún alimento conocido, y en ese caso, se les pide que indiquen a qué alimento les recuerda. En el siguiente gráfico se muestran los resultados.

Gráfico N°11: Asociación del sabor de la pasta de topinambur a otro alimento conocido



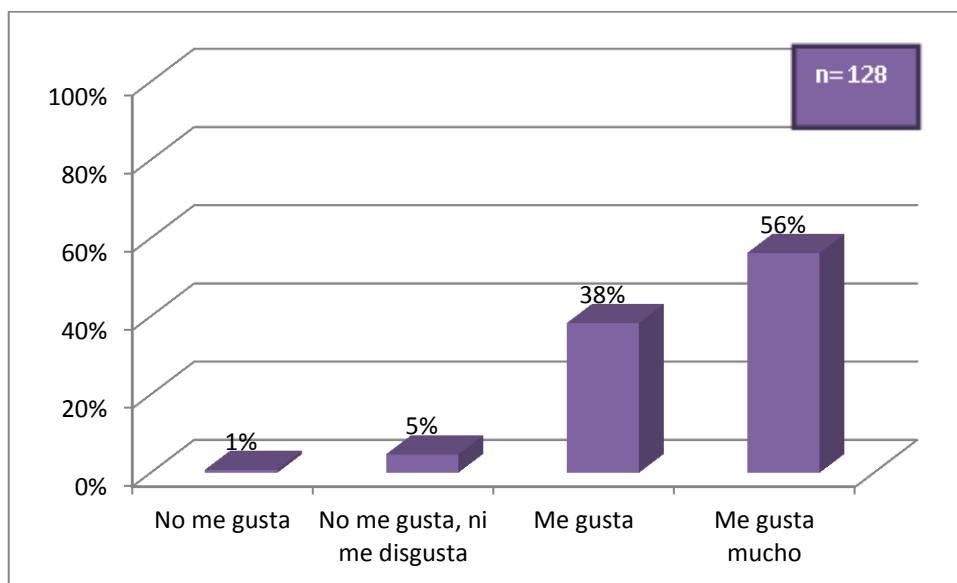
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior se observa que la mayoría de los encuestados, representada por un 59%, no asocia el sabor de la pasta de topinambur a nada conocido. Un 11% de los encuestados refiere que su sabor es similar al de la papa a diferencia de un 10% de los alumnos que indican que su sabor les recuerda al alcaucil. Además, un 9% de los encuestados encuentra en la pasta de topinambur un sabor similar los palmitos.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Posteriormente, se les solicita a los alumnos que degusten la tarteleta de topinambur y que en base a una escala hedónica, indiquen su opinión general sobre la misma. Los resultados se presentan en el siguiente gráfico.

Gráfico N°12: Opinión general ante la degustación de la tarteleta de topinambur



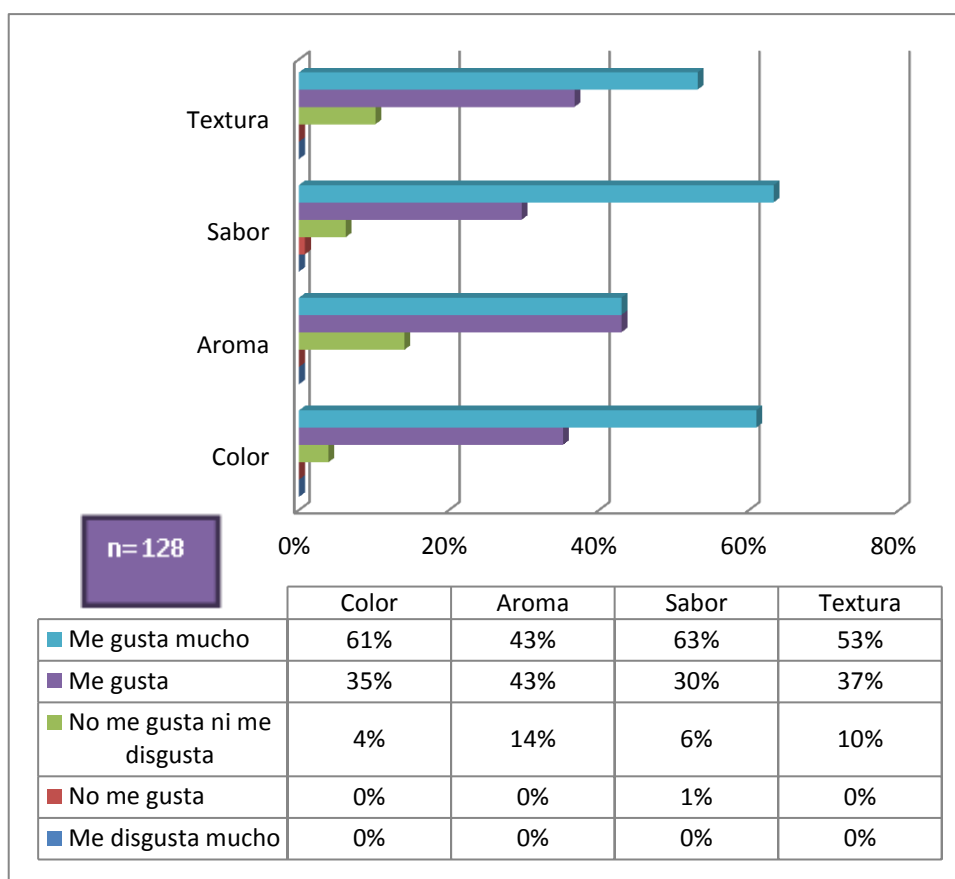
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior se observa que la mayoría de los encuestados, representada por un 56%, eligió la opción *me gusta mucho*, seguida por un 38% que eligió la opción *me gusta*. En este caso, las calificaciones negativas representan tan solo el 1%, no registrándose ninguna calificación para la categoría *me disgusta mucho*.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Seguidamente, se les pide a los encuestados que indiquen su percepción sobre la muestra con respecto a los caracteres organolépticos. En el siguiente gráfico se muestran los resultados.

Gráfico N°13: Percepción de los caracteres organolépticos de la tarteleta de topinambur



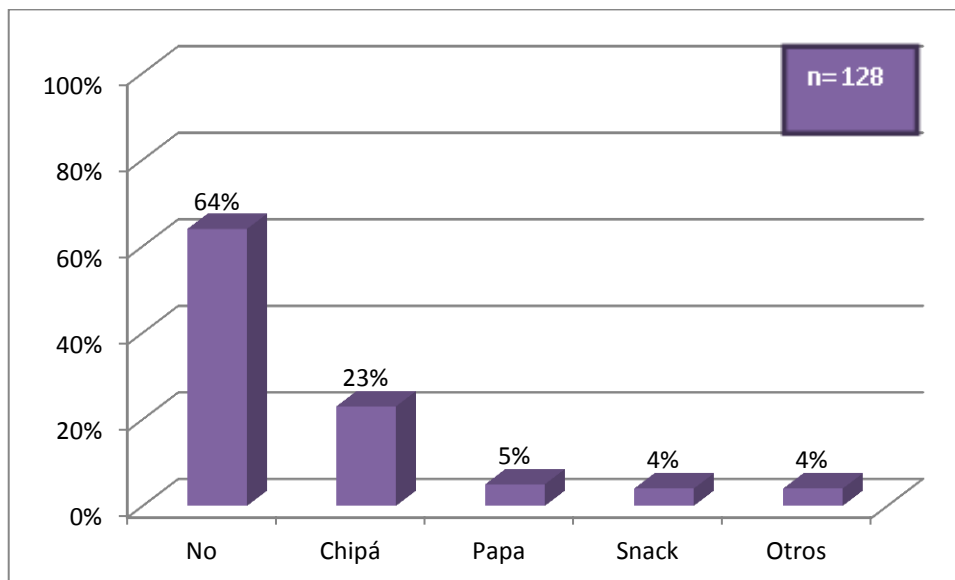
Fuente: Elaboración propia

Del gráfico anterior observamos que con respecto al color, la mayoría optó por la opción *me gusta mucho*, representada por un 61%, seguida por un 35% que eligió la opción *me gusta*. Al evaluar el aroma, se observa el mismo porcentaje en las opciones *me gusta mucho* y *me gusta*, siendo el mismo un 43%, seguido por un 14% que eligió *no me gusta ni me disgusta*. En relación al sabor, un 63% eligió la opción *me gusta mucho*, seguida por un 30% que seleccionó la opción *me gusta*. Con respecto a la textura, un 53% optó por la opción *me gusta mucho*, seguido por un 37% que eligió *me gusta*. En ningún caso, las calificaciones negativas superan el 1%, no registrándose ninguna calificación para la categoría *me disgusta mucho*.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

A continuación, se les pregunta a los alumnos acerca de si su sabor les recuerda a algún alimento conocido, y en ese caso, se les pide que indiquen a qué alimento les recuerda. En el siguiente gráfico se muestran los resultados.

Gráfico N°14: Asociación del sabor de la tarteleta de topinambur a otro alimento conocido



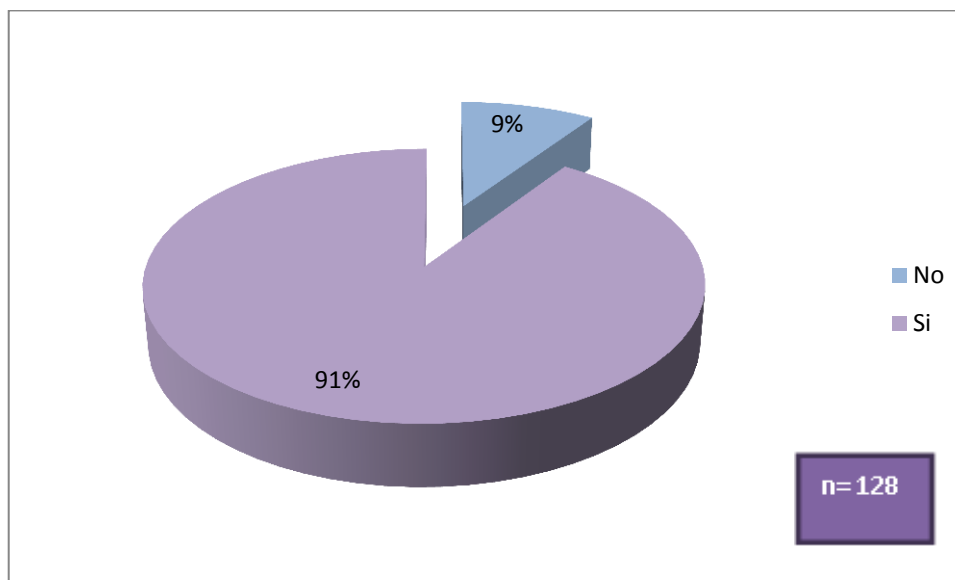
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior se observa que la mayoría de los encuestados, representada por un 64%, no asocia el sabor de la tarteleta de topinambur a nada conocido. Un 23% de los encuestados refiere que su sabor es similar al del chipá, a diferencia de un 5% de los alumnos que indica que su sabor le recuerda a la papa. Además, un 4% de los encuestados encuentra en la tarteleta de topinambur un sabor similar a los snacks.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Posteriormente, se indaga a los encuestados acerca de si incorporarían o no, este alimento a su dieta habitual. Los resultados se muestran en el siguiente gráfico.

Gráfico N°15: Incorporación del topinambur a la dieta habitual



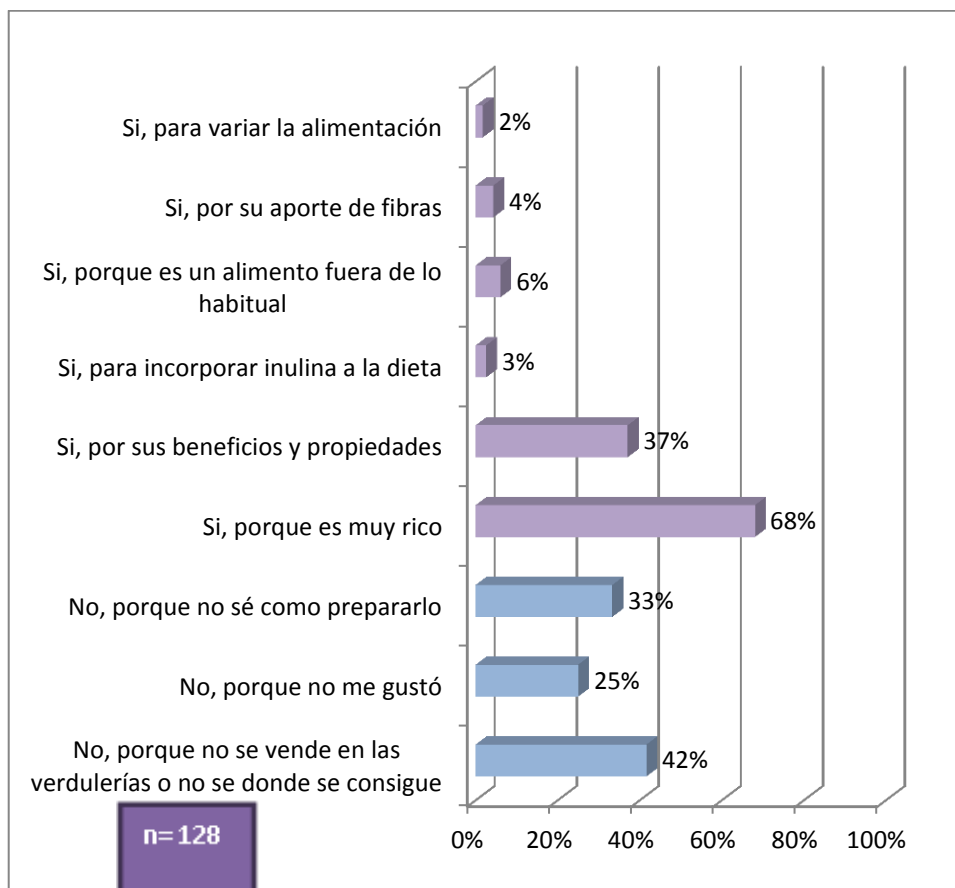
Fuente: Elaboración propia

A partir del anterior gráfico se observa que una amplia mayoría, representada por un 91% de los encuestados, incorporaría el topinambur a su dieta habitual.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Seguidamente, se indaga a los alumnos acerca de los motivos por los cuáles incorporarían o no, este alimento a su dieta habitual. En el siguiente gráfico se muestran los resultados.

Gráfico N°16: Motivos adjudicados a la incorporación o no del topinambur a la dieta



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior se observa que dentro del pequeño porcentaje que no incorporaría el topinambur a su dieta habitual, un 42% justifica esta respuesta haciendo referencia a su difícil adquisición, mientras que un 33% refiere no saber cómo elaborarlo. Al observar los motivos de aquellos alumnos que sí incorporarían este alimento a su dieta, la mayoría, representada por un 68%, justifica su respuesta diciendo que el mismo es muy rico, mientras que un 37% de estos alumnos lo incorporaría debido a sus propiedades y beneficios para la salud.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

A continuación, se realiza una entrevista a la M. Sc. Ángela Zuleta, en la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires. Máster en Bromatología y Tecnología de la industrialización de los Alimentos. Es directora en Estudio del contenido y disponibilidad de carbohidratos de granos enteros, raíces y tubérculos, con y sin tratamientos previos, para su utilización como ingredientes funcionales. Desarrolla su tarea de investigación en el campo de los hidratos de carbono digeribles y no digeribles. Participó en congresos nacionales e internacionales, donde además participó como conferencista.

Seguidamente, se adjunta la entrevista.

1. ¿Cuáles son los métodos sugeridos para cuantificar el contenido de inulina en alimentos? ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de su uso?

Los métodos disponibles son el HPLC (Cromatografía Líquida de Alta Presión) y el método enzimático colorimétrico de Megazyme. Generalmente utilizo el HPLC, que es una metodología para azúcares, en la cual se usa una columna de intercambio iónico y un detector de índice de refracción con agua a 85°C.

El método colorimétrico es otro método validado, que consiste en un kit colorimétrico que detecta por color la fructosa resultante; pero es un método largo y complicado. Lo he realizado, y da muy buenos resultados, pero teniendo el HPLC, es preferible éste; aunque no es fácil de conseguir.

La inulina tiene uniones β -(2→1), es parte de la fibra pero no se determina por el método de fibra tradicional, ya que como es soluble en alcohol, no se detecta. Por eso, el HPLC es el método indicado en estos casos.

2. ¿Podría explicarme en qué consiste el método que usted utilizará?

El HPLC se basa en tres etapas: extracción, hidrólisis por acción enzimática y determinación de los azúcares libres por cromatografía. Lo primero que hago, es moler los tubérculos, luego realizo una extracción en polvo seco de este fructano, lo extraigo en agua caliente a 85°C, lo separo, lo filtro y por último, lo pincho en el cromatógrafo.

3. ¿Ha realizado esta determinación en otros alimentos o productos alimenticios? ¿En cuáles?

He analizado topinambur de Mendoza, ya que este tubérculo fue uno de los primeros que se vio como poseedor de fructanos; incluso, los primeros estándares de inulina que se vendieron, eran de este tubérculo.

Además, realizo los análisis de las muestras de alimentos que poseen inulina que se encuentran en el mercado para los rotulados nutricionales.

4. En los casos en los que este fructano es extraído, ¿cómo es su apariencia y su sabor?

Cuando se extrae, se puede apreciar su similitud con el azúcar. Es un polvo blanco, y el sabor dependerá del grado de polimerización. Mientras más grande es, menos sabor dulce tiene. Cuando su tamaño se va acercando al azúcar tiene un leve sabor dulce.

5. ¿Con qué finalidad puede utilizarse la inulina en otros productos alimenticios?

La inulina es un prebiótico, por lo que se usa para mejorar la absorción de calcio o para mejorar la flora intestinal, como agregado en otros alimentos. También puede usarse para sustituir grasas, pero si se añade una gran cantidad, puede tener efectos laxantes.

6. ¿Hay alguna sustancia comparable a la inulina en su acción? ¿Cuáles son las diferencias con la misma?

La povidextrosa también se utiliza mucho, la cual también es un prebiótico, y de ésta se necesita menos cantidad para lograr el mismo efecto. Hemos realizado estudios en ratas, en las cuales medimos capacidad prebiótica y observamos que un 10% de inulina lo toleran sin problemas, y en cambio, un 10% de povidextrosa les produce diarrea. Por ende, la inulina es más tolerable que la povidextrosa.

7. ¿Cuáles son los beneficios para la salud que han sido científicamente comprobados con respecto a la inulina?

La inulina tiene muchos beneficios para la salud; cumple la función de fibra dietética, por lo cual está comprobado que disminuye los niveles de colesterol y glucosa en sangre y que tiene una acción laxante. Además, otros de sus beneficios comprobados son su efecto prebiótico, modulando la flora intestinal como así también el mejoramiento en la absorción de calcio.

8. ¿Recomendaría usted el topinambur para consumo humano? ¿Por qué?

Por supuesto. Lo propondría como un alimento de consumo no tradicional. Además, es un buen reemplazo para la papa.

9. ¿Cuáles son los beneficios que usted considera que este tubérculo posee para la salud?

Es un alimento rico en fibra y tiene una baja carga glucémica. Es una buena opción para pacientes con diabetes ya que tiene carbohidratos de baja disponibilidad.

Conclusiones



“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

Todo alimento consumido debe ser inocuo, aspecto básico de su calidad, lo cual implica la ausencia de contaminantes, toxinas o cualquier otro elemento que pueda ser nocivo para la salud, o bien que se encuentren en niveles que no representen riesgo para la salud. Además de la inocuidad, las características de calidad de un alimento incluyen propiedades organolépticas y funcionales. En ese sentido, el suministro de alimentos inocuos y de calidad es esencial para lograr una nutrición correcta. Sin embargo, en la última década del siglo pasado, comenzaron a desarrollarse nuevos conceptos en nutrición, como consecuencia de nuevos estilos de vida y de los retos para elevar la calidad de vida de los individuos, vía la disposición de nuevos alimentos como los llamados alimentos funcionales. En esencia, un alimento funcional es un alimento convencional o añadido de un ingrediente que se encuentre naturalmente en los alimentos, que demuestre el efecto o los efectos benéficos en las funciones específicas del organismo, más allá de su valor nutritivo, y que los estudios nutricionales de intervención humana comprueben el mejoramiento en la salud y/o reducción en el riesgo de enfermar y/o en la mejora de la calidad de vida, incluyendo los aspectos físicos, psicológicos y el desempeño de las funciones vitales. (Ulloa, Espinosa Andrews, & Cruz Rodríguez, 2010).⁴⁴

Lo expuesto con anterioridad, pone de manifiesto la importancia de la búsqueda constante de nuevas opciones de alimentos funcionales, que aporten beneficios a la salud humana.

El Topinambur podría considerarse un alimento funcional debido a su alto contenido de inulina, el cual varía entre el 16 a 20 % del peso fresco del tubérculo. Proporciona acciones beneficiosas a la salud humana, como por ejemplo el aumento de bífido-bacterias presentes en el intestino humano y la disminución de los niveles de colesterol y triglicéridos en la sangre.

En la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UBA, se analizaron bioquímicamente tres muestras de Topinambur; crudo, hervido y al horno, por el método HPLC (Cromatografía Líquida de Alta Presión) para determinar el contenido de inulina de las mismas. Se obtuvo un valor de 11,66 % del peso fresco del tubérculo en la muestra cruda, y su modificación con la cocción por hervido resultó en una reducción al 8,89% y al 9,73% con la cocción al horno.

Además, se realizó una degustación en la que se compararon dos preparaciones de topinambur, pasta y tarteleta; y su grado de aceptación general. En relación a la preferencia,

⁴⁴ Estos autores señalan que actualmente se ha detectado el interés de los consumidores por conocer la relación que existe entre la dieta y la salud. La gente reconoce en mayor medida, que llevar un estilo de vida sano, incluida la dieta, puede contribuir a reducir el riesgo de padecer enfermedades y malestares, y a mantener el estado de salud y bienestar.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

se observó mayor aceptación por la tarteleta, ya que un 94% de los encuestados indicó que le gustó o le gustó mucho. En términos generales el nivel de aceptación del topinambur fue positivo, independientemente de la forma de preparación degustada, ya que una amplia mayoría manifestó que incorporaría el topinambur a su alimentación habitual.

Con el presente trabajo de investigación se pretende aportar una alternativa saludable a la alimentación, ya que ésta debe ser variada, y considerando además las propiedades funcionales de sus tubérculos, que acumulan inulina como hidrato de carbono de reserva, y las bondades asociadas al consumo de alimentos funcionales, podría generarse un mercado para esta hortaliza, razones por las cuales no debería ignorarse su existencia.

En relación a lo citado anteriormente, es imprescindible el rol del Licenciado en Nutrición al momento de dar a conocer este alimento con todos los beneficios que aporta el mismo, ya que es quien posee las herramientas para realizar educación nutricional, con el afán de lograr una alimentación completa y variada, como así también, colaborar en la prevención y tratamiento de múltiples enfermedades.

Con esta investigación, se aspira además a generar interés por este cultivo con tantas propiedades como posibles aplicaciones, ya que además de su uso hortícola, también puede utilizarse como forraje para animales, extracción de inulina y para producir bioetanol.

Por último, resta por destacar que sería de suma utilidad poder obtener tubérculos con una forma más regular, ya que justamente su forma es lo que dificulta su utilización. Como así también, se debería encontrar la manera de lograr la disponibilidad de este tubérculo durante todo el año, ya sea extendiendo el tiempo de cosecha o bien, mejorando los métodos de conservación del mismo.

Bibliografía



“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

- Agrobot.com (2004), *Topinambur (Helianthus tuberosus)*, en: http://www.agrobot.com/Info_tecnica/agricultura/forraje_past/AG_000022fp.htm
- ANMAT, *Alimentos funcionales probióticos*, en: www.anmat.gov.ar
- Basso, Carlos (2012), *Topinambur, un nombre que puede revolucionar los alimentos*, en: <http://www.udec.cl/panoramaweb2/2012/03/topinambur-un-nombre-que-puede-revolucionar-los-alimentos/>
- Biblioteca de la Facultad de Agronomía (2007), *Informe técnico sobre topinambur*, en: www.biblioteca.fagro.edu.uy
- Biggs, Matthew (2004) *“El gran libro de las hortalizas”*. Barcelona: RBA Libros. P. 114.
- Bricopage.com (2011), *Los tubérculos: características generales*, en: <http://www.bricopage.com/horticultura/tipos/tuberculos.htm>
- Chateauneuf, Rolando (2008), *Topinambur (Heliantus tuberosus L) interesante y rústica planta que aporta belleza y alimento humano y animal. Tendría potencial industrial*, en: www.rochade.cl
- Coté, Louise, Louis Tardivel & Denis Vaugeois (2003), *La generosidad del indígena. Dones de las Américas al mundo*, México, D.F., Editorial Socorro Arias, p. 252.
- De las Cagigas Reig, A., & Blanco Anesto, J. (2002), *Prebióticos y probióticos, una relación beneficiosa*, en: www.geosalud.com
- Girbés, & Jiménez. (2012), *Inulina y fructanos tipo inulina*, en: www.uva.es
- González, Ana María (2002), *Morfología de plantas vasculares*, en: http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema3/tema3_2geofito.htm
- Krarup, Christian & Moreira, Iván (1998), *Familia Asteraceae*, en: http://www7.uc.cl/sw_educ/hort0498/HTML/p018.html
- Madrigal, L., & Sangronis, E. (2007), *La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales*, en: www.scielo.org
- Mammoli, Carlos Ariel (2012), *El topinambur (Helianthus tuberosus)*, en: <http://www.agroparlamento.com.ar/agroparlamento/notas.asp?n=1044>

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

- Mendiola Ubillos, Ma. Ángeles, *Plantas aprovechables por sus raíces o tubérculos*, en: http://ocw.upm.es/botanica/plantas-de-interes-agroalimentario/contenidos/hortalizas_por_sus_raices_o_tuberculos.pdf
- Montaldo, Alvaro (1991), *Cultivo de raíces y tubérculos tropicales*, San José, Costa Rica, Servicio Editorial del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), p.7.
- Müller, Ludwing E. (2000), *Manual de laboratorio de morfología vegetal*, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). P. 159-161.
- Nuevoabcrural.com.ar (2007), *Topinambur: exótico, rústico y versátil*, en: <http://www.nuevoabcrural.com.ar/vertext.php?id=676>
- Real Academia Española, *Tubérculo*, en: <http://lema.rae.es/drae/?val=tub%C3%A9rculo>
- Rébora, Cecilia (2008), *Caracterización del germoplasma de topinambur (Helianthus tuberosus L.) por aptitud agronómica e industrial*, en: <http://bdigital.uncu.edu.ar/2980>
- -----, *Topinambur (Helianthus tuberosus L.): usos, cultivo y potencialidad en la región de Cuyo*, en: <http://www.horticulturaar.com.ar/publicacionpop.php?idcontenido=27>
- Rébora, C., Lelio, H., Ibarguren, L., & Gómez, L. (2011), *Efecto de la densidad de plantación sobre el rendimiento de topinambur (Helianthus tuberosus L.) regado con aguas residuales urbanas*, en: www.bdigital.uncu.edu.ar
- Rodríguez, Raúl H. (2010), *Las especies silvestres de girasol*, en: <http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2010/03/inta-balcarce-especies-silvestres-de-girasol.pdf>
- Sanz Gallego, Marina (2012), *Utilización del cultivo plurianual de pataca (Helianthus tuberosus L.) para la producción de HCF a partir de los tallos*, en: http://oa.upm.es/13978/2/MARINA_SANZ_GALLEGO.pdf
- Scollo, D., Ugarte, M., Vicente, F., Giraudó, M., Sánchez Tuero, H., & Mora, V. (2011), *El potencial del topinambur en la salud y la nutrición*, en: www.scielo.org
- Tognetti, Jorge & Salerno, Graciela, “Las plantas y el frío”, en: *Ciencia Hoy*, Av Corrientes 2835, cuerpo A, 5ºA - (1193) - Buenos Aires – Argentina, La investigación Académica, 1995, Volumen 5- N°28.

“Topinambur: una especie con grandes cualidades como alimento funcional”

- Unesco.org.uy (2009), *Topinambur (Helianthus tuberosus L.): materia prima para obtener etanol en Mendoza* en: <http://www.unesco.org.uy/phi/aguaycultura/fileadmin/ciencias%20naturales/ciencias%20basicas/biocombustibles-todo.pdf#page=87>

Imágenes obtenidas de internet:

- www.gratentips24.de
- www.ichkoche.at
- www.naturespride.eu
- www.greenme.it
- www.topina.net

Anexos





Universidad de Buenos Aires
Facultad de Farmacia y Bioquímica

Buenos Aires, 13 de diciembre de 2013

INFORME (Anexo A)

Determinación fructanos sobre muestra enviada de topinambur.
Los valores expresados en gramos por 100 gramos de parte comestible, sin cáscara

Método cromatográfico HPLC *

Muestra/tratamiento	Fructanos g %
CRUDO	11.66
HERVIDO	8.89
HORNO	9.73

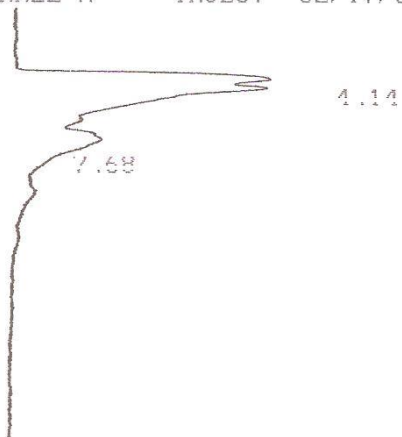
*Ref: INULIN DETERMINATION FOR FOOD LABELING. Zuleta A. and Sambucetti M.E. J. Agric.Food.Chem, 49, 4570-72, 2001



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Farmacia y Bioquímica

Se inserta cromatograma de la muestra cruda

CHANNEL A INJECT 02/17/00 49:18:37 STORED TO BIN # 40



M.Sc. Angela Zuleta

Anexo B

Foto N° 1: Selección de los tubérculos



Fotos N° 2 y N°3: Rango aproximado de peso de los tubérculos

Fotos N°4 y N°5: Imágenes obtenidas el día de la degustación

