



Universidad Nacional del Comahue

Facultad de Ciencias y Tecnología de los alimentos
– Lic. en Gerenciamiento Gastronómico

Práctica profesional integradora

Panes de topinambur obtenidos mediante fermentación natural

2019

Alumna: MARANO MÓNACO, Camila

Tutor: AGUILERA, Félix

Colaboradora: Dra. FRANCESCHINIS, Lorena

Índice

I INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Generalidades del topinambur (<i>Helianthus tuberosus L.</i>).....	4
1.1.1. Caracterización de la especie	4
1.1.2. Origen y actualidad	5
1.1.3. Características nutricionales	6
1.2. Panificación con masa madre.....	9
1.2.1. Definición de pan	9
1.2.2. Definición de “masa madre” o fermento natural	10
1.2.3. Historia de la panificación con masa madre	12
1.2.4. Características propias de los panificados con masa madre	14
1.2.4.1. Comportamiento de las masas con fermentación natural.....	15
1.2.4.3. Diferencias entre panificados con masa madre y levadura industrial	18
1.3. Desarrollo de panes con fermentación natural y agregado de ingrediente seco de topinambur	19
1.4. Estudios de percepción del consumidor.....	20
II OBJETIVOS	22
2.1. Objetivo general.....	22
2.2. Objetivos específicos	22
III MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. Materiales para la elaboración de los panes.....	23
3.1.1. Ingredientes.....	23
3.1.2. Utensilios y equipamientos	24
3.2. Métodos para la elaboración de los panes.....	24
3.2.1. Recetas estandarizadas para cada pan.....	24
3.2.1.1. Pan de masa madre control (PC).....	24
3.2.1.2. Pan de masa madre con ingrediente seco de topinambur al 15% (PB):.....	24
3.2.1.3. Pan de masa madre con ingrediente seco de topinambur al 30% (PA):.....	24
3.2.2. Preparación de la masa madre.....	25
3.2.3. Elaboración de los panes.....	25
3.2.3.1. Elaboración de las masas	25
3.2.3.2. Proceso de fermentación	28



3.2.3.3.	Horneado.....	30
3.2.4.	Caracterización de los panes	31
3.2.4.1.	Altura del pan.....	31
3.2.4.2.	Pérdida de hidratación durante el horneado	32
3.2.4.3.	Contenido de agua.....	32
3.2.4.4.	Medición de color	33
3.3.	Estudios con consumidores.....	34
3.3.1.	Técnica de asociación libre	34
3.3.2.	Caracterización sensorial de los panes utilizando una pregunta CATA	34
3.4.	Análisis de datos	35
IV	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	36
4.1.	Caracterización de los panes obtenidos	36
4.2.	Estudios con consumidores.....	41
4.2.1.	Técnica de asociación libre	41
4.2.2.	Caracterización sensorial de los panes utilizando una pregunta CATA	44
V	CONCLUSIONES	54
VI	BIBLIOGRAFÍA	56
	Anexo A. Planilla análisis de percepción libre	59
	Anexo B. Planilla análisis sensorial	60

I INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades del topinambur (*Helianthus tuberosus L.*)

1.1.1. Caracterización de la especie

El topinambur (*Helianthus tuberosus L.*) es una especie perteneciente a la familia de las Asteráceas. Se trata de una planta herbácea, de tallos ramificados que pueden alcanzar hasta 2 a 3 metros de altura. Esta especie produce tallos subterráneos (tubérculos) que almacenan polisacáridos (polímeros constituidos por monosacáridos unidos mediante enlaces glucosídicos que cumplen entre otras una función energética) en forma de fructanos (compuestos por unidades D-fructosa) y, dentro de éstos, la inulina es el principal carbohidrato de reserva. 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 (Meijer and Mathijssen, 1992). Sus tubérculos son alargados e irregulares (ver Ilustración 1), 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 al alcaucil (Eguía, 2014)

Su cultivo tiene gran potencial como alimento, productos industriales y para la producción de combustibles. Su rendimiento de tubérculos es alto, crece mejor en suelos pobres que la mayoría de los cultivos, y es poco susceptible a plagas y enfermedades, así como a bajas temperaturas (Rebora, 2008).

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). Rebora (2008) señala que no existen en nuestro país variedades de topinambur registradas, ni tampoco semilleros que vendan material identificado. Sin perjuicio de ello, 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” (Ver Tabla 1). Sin embargo, la mayoría de los artículos de divulgación hablan simplemente de topinambur, sin hacer referencia al tipo o variedad que se trata.

Tabla 1: 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: Rebora, 2008

El Código Alimentario Argentino, en el capítulo XI (Alimentos Vegetales), incluye a esta hortaliza en la categoría de tubérculos y raíces (art. 822), la cual recibe diversos nombres como Topinambur, Tupinambó, Cotufa, Papa árabe o Pataca.



Ilustración 1: Topinambur (Helianthus tuberosus L.) Fuente: The chef's garden, 2017

1.1.2. Origen y actualidad

Esta planta es originaria de América del Norte; donde era cultivada por los indios cuando los exploradores europeos llegaron a tal región (Rebora, 2008). A partir del siglo XX comenzó a adquirir mucha trascendencia 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 estudia constantemente sobre este tubérculo que fue uno de los principales alimentos de los soldados en la Primera y Segunda Guerra Mundial, donde lo consumían envasado al natural (Sanz Gallego, 2012)

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

1.1.3. *Características nutricionales*

El topinambur es considerado alimento funcional debido a su alto contenido de inulina (del 16 a 20 % del peso fresco del tubérculo, según Chubey y Dorrell, citados por Ragab et al., 2003) (Ver Tabla 2). Según la Academia Nacional de Ciencia de los Estados Unidos, un alimento funcional es “cualquier alimento o ingrediente alimenticio modificado, que pueda proporcionar un beneficio a la salud superior al de los nutrientes tradicionales que contiene”. El alimento funcional es desarrollado para cumplir una función específica, como mejorar la salud y/o reducir el riesgo de contraer ciertas enfermedades. La filosofía de estos alimentos está fundamentada en la visión del alimento como un medicamento o fármaco. Este concepto nació en Corea del Sur en la década del 80, debido a que si se desarrollan alimentos que mejorasen la calidad de vida, se reducirían los gastos globales en salud. Esto hace de los tubérculos una buena fuente de fibra dietaria y particularmente de fibra funcional, cuya definición comprende a aquellos carbohidratos no digeribles aislados que tienen efectos fisiológicos beneficiosos en los seres humanos, como por ejemplo el aumento de bifidobacterias presentes en el intestino humano y la disminución de los niveles de colesterol y triglicéridos en la sangre. Debido a que los bulbos acumulan reservas en forma de fructanos y no de almidón, éstos constituyen una alternativa a la papa (*Solanum tuberosum L.*) en dietas de diabéticos.

Tabla 2: Composición química del topinambur fresco

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, Giraud, Sánchez Tuero, & Mora (2011)

La propiedad de este polisacárido más extensivamente estudiada, es su comportamiento como prebiótico, definido por su capacidad selectiva de estimular el 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 para 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 y Sangronis, 2007)

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, permanecen intactos hasta el colon, donde recién allí son hidrolizados y fermentados en su totalidad por las bacterias de la flora intestinal, pues las enzimas digestivas del hombre y los animales no pueden hacerlo. De esta manera, este tipo de compuestos se comportan como fibra dietética, y dentro de ésta, como fibra funcional.

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 produce meteorismo o flatulencia, por lo que su incorporación debe ser en forma gradual. 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.

Tabla 3: Contenido promedio de inulina (peso seco) en diferentes 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 y Sangronis (2007)

1.2. Panificación con masa madre

La panificación con masa madre es una técnica ancestral para realizar pan, haciendo uso de las levaduras salvajes y bacterias que se desarrollan en el fermento inicial (en inglés denominado “sourdough”) de manera natural. Sus ingredientes consisten únicamente en harina, agua y sal; pero se lleva a cabo mediante una serie de procedimientos que requieren de conocimiento, tiempo y paciencia.

1.2.1. Definición de pan

El pan es esencialmente una mezcla de harina, agua, levaduras y sal; en proporciones adecuadas, correctamente amasada, fermentada y horneada. Es sencillamente uno de los principales alimentos en el mundo. No puede hablarse de la historia de la humanidad sin referirse al pan y al trigo como alimento. Los primeros panes se hallan en el Neolítico y tienen entre 6000 y 9000 años de antigüedad (Fernández del Vallado, 2010)

El Código Alimentario Argentino, en su artículo 725, define al pan de la siguiente manera:

“Con la denominación genérica de pan, se entiende el producto obtenido por la cocción en hornos y a temperatura conveniente de una masa fermentada o no, hecha con harina y agua

potable, con o sin el agregado de levadura, con o sin la adición de sal con o sin la adición de otras sustancias permitidas para esta clase de productos alimenticios”

Su versatilidad y amplia aceptación a nivel social lo ha convertido en un fuerte aliado para vencer el hambre en muchas civilizaciones. Es un alimento noble con infinitas variaciones y formas. Es, además, parte de la identidad cultural gastronómica a nivel mundial.

De esta manera, el pan es un alimento básico que forma parte de nuestra cultura alimentaria. En 2010, el consumo anual per cápita en la Argentina fue de 70,6 Kg para el pan tradicional de panadería y 4,6 Kg para el pan industrial -pan de molde y bollería- (Lezcano, 2011). La sustitución de parte de la harina de trigo del pan por ingrediente seco de topinambur permite cierto aumento en su composición de fibra dietaria, que a su vez se puede mejorar con el uso de harinas integrales y salvados.

1.2.2. Definición de “masa madre” o fermento natural

La masa madre es una mezcla elaborada con harina de trigo y/o centeno; agua y/o sal (en pequeñas dosis o nada) que se ha dejado fermentar de forma natural, procediéndose a diversos repiques con el fin de incrementar la microflora natural que contiene la propia harina y poder así fermentar un potencial panificado. La masa madre se describe como una masa cuyas características típicas se deben principalmente a su microbiota, representada básicamente por bacterias lácticas (LAB) y levaduras. Las bacterias más relevantes aisladas de masa fermentada pertenecen al género *Lactobacillus* (Stolz, 2003). Las especies más comunes encontradas son *L. acidophilus*, *L. farciminis*, *L. delbrueckii* (homofermentativas obligadas, fermentan hexosas para producir principalmente ácido láctico), *L. casei*, *L. plantarum*, *L. rhamnosus* (heterofermentativas facultativas), *L. brevis*, *L. sanfranciscensis* y *L. fermentum* (heterofermentativas obligadas) (Salovaara, 2004). Las heterofermentativas facultativas o heterofermentativas obligadas, también pueden fermentar pentosas para producir ácido láctico, ácido acético y etanol. Es por esto que la formación de productos finales por parte de cepas de bacterias lácticas de metabolismo heterofermentativo depende de las condiciones del procesamiento de la masa madre y del tipo de cepa que la conforma.

Debido a esta comunidad microbiana, la masa es metabólicamente activa y puede mantenerse mediante repiques sucesivos o backslopping manteniendo una comunidad microbiana estable (Vrancken, 2011). Dado que la harina no puede ser sometida a

esterilización por calor (ya que se produciría la pérdida de su capacidad tecnológica), la aparición y el número de ciertos tipos de microorganismos autóctonos de la harina dependerá estrictamente de una combinación de sustratos disponibles y parámetros tecnológicos específicos (Salovaara, 1998). De acuerdo a su tipo de conservación, podemos diferenciar tres tipos de masas madre. Las masas madre tipo I (o masas madre tradicionales) son mantenidas a diario mediante repique continuo (o refrescos), a temperatura ambiente (<30°C), para mantener a los microorganismos en un estado activo. Estas producciones a pequeña escala se utilizan en la elaboración tradicional de pan de masa madre (Böcker y col., 1995; Hammes y Gänzle, 1998). Las masas madre naturales con frecuencia albergan a *Lactobacillus sanfranciscensis*, *Candida humilis* y *Kazachstania exigua*. Las masas madre Tipo II, o industriales, se producen a través de procesos de propagación de un solo paso de larga duración (típicamente 2-5 días) a una temperatura de fermentación por encima de 30 °C y con alto contenido de agua. Estas grandes producciones de masa fermentada resultan en preparaciones semifluidas que se utilizan como masa acidificada; *Lactobacillus amylovorus*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus pontis* y *Lactobacillus reuteri* se encuentran comúnmente en masas madre tipo II de trigo y centeno. Las masas madre tipo III se preparan en forma seca para ser utilizadas como suplemento acidulante y portadores de sabor para la producción de pan (Hammes y Gänzle, 1998). A diferencia de las tipo I, las masas tipo II y III requieren la adición de levadura comercial.

Durante la fermentación de la masa, las bacterias lácticas asociadas a los cereales producen ácidos láctico y acético, disminuyendo el pH por debajo de 5, y las levaduras producen CO² y etanol. Estas condiciones contribuyen a la activación de las enzimas presentes, cuya acción resulta beneficiosa a la hora de obtener panes. En panes de trigo y centeno, se sabe que esta técnica mejora su volumen, textura, sabor, valor nutricional y prolonga su vida de anaquel al demorar el fenómeno de envejecimiento y al proteger al pan del ataque de hongos y bacterias (Gobbetti, 1998; De Vuyst y Vancanneyt, 2007; Gänzle y col., 2008). Aunque el procedimiento de masas madre cayó en desuso hacia finales del siglo XIX, al ser reemplazado por tecnologías más cortas que reducían los costos de producción, en la última década se ha vuelto a su empleo, debido a los los beneficios mencionados anteriormente.

La conversión enzimática y microbiana de los componentes de la harina durante la elaboración del pan determina su calidad. El metabolismo de la microbiota de masa madre y la actividad de las enzimas de los cereales, son interdependientes. La acidificación, el consumo de oxígeno y la acumulación de tioles por el metabolismo microbiano modulan la actividad de las enzimas de los cereales. A su vez, éstas proporcionan sustratos para el crecimiento bacteriano. Esta revisión destaca la función de las enzimas de los cereales y el metabolismo de las bacterias del ácido láctico en la conversión de carbohidratos, proteínas, compuestos fenólicos y lípidos.

Las bacterias del ácido láctico heterofermentativo que prevalecen en las levaduras de trigo y centeno metabolizan preferentemente la sacarosa y la maltosa. Esta última es liberada por las enzimas de los cereales durante la fermentación. La sacarosa favorece la formación de acetato por lactobacilos heterofermentativos y la formación de exopolisacáridos. La liberación de maltosa y glucosa por parte de las enzimas de los cereales durante la fermentación, determina el rendimiento de exopolisacáridos en las fermentaciones de la masa madre (Salovaara, 2004).

La proteólisis depende de las proteasas de los cereales. Las actividades de la peptidasa de las bacterias del ácido láctico de la masa madre, determinan la acumulación de péptidos (bioactivos), aminoácidos y metabolitos de aminoácidos en la masa y el pan.

En resumen, el proceso de masa madre depende de numerosos factores, incluyendo, entre otros, la composición de la microbiota, los parámetros de fermentación, las actividades enzimáticas, la composición química y física de la harina, tiempo de repiques y número de pasos de propagación, rendimiento de la masa e interacción entre los microorganismos (De Vuyst y col., 2005). Así, la acción simultánea de estos elementos define parámetros tales como producción de acidez, la formación de compuestos volátiles y la degradación de compuestos de carbono y nitrógeno (Martínez-Anaya, 1996). El nivel e intensidad de estas modificaciones durante la fermentación, determinan la calidad del pan.

1.2.3. Historia de la panificación con masa madre

El empleo de masa agria o masa madre para la fabricación del pan, es una práctica panadera muy antigua, ampliamente utilizada en varios países. La elaboración de ésta, implica un control preciso de sus características, tiempo de elaboración y mano de obra

cualificada. A medida que la masa madre se ha ido sustituyendo por el uso de mejorantes panarios y dosis más altas de levadura prensada (sistema directo), con el fin evitar la laboriosa elaboración de la masa madre y de acortar el tiempo de fermentación, la calidad del producto resultante se ha visto reducida ostensiblemente. Actualmente, existe un gran consenso en recuperar el aroma y sabor que comunica una buena masa madre así como de mejorar la conservación del pan. (Ver Ilustración 2)

Uno de los primeros procesos biotecnológicos aplicados al proceso panificación, que contribuyó de manera notable a la mejora de la calidad del pan, es el de masas madre (en inglés “sourdough”) Este proceso consiste en dejar fermentar por un periodo de tiempo relativamente largo (típicamente 24 horas) a temperatura moderada, una mezcla de harina con agua. Luego, y con fines prácticos, de esa misma mezcla se deja una porción de masa para generar la fermentación de las masas posteriores. Es por ello que ha recibido tal nombre.

La primera evidencia de la elaboración de pan está fechada alrededor del año 1500 AC en murales pintados por los egipcios (Von Stokar, 1956; Corsetti y col., 2007) aunque el pan de masa madre formó parte de la dieta europea desde hace 5000 años (Wahren, 1985). En la actualidad, la masa madre se emplea en la fabricación de una variedad de productos como panes, pasteles y galletas saladas, y su aplicación se encuentra en aumento (Ottogalli y col, 1996; Foschino y col, 1999; Vogel y col., 1999; De Vuyst y Ganzle, 2005) Uno de los países que se destaca por su uso para la producción panadera es Italia (Ottogalli y col., 1996) donde se pueden encontrar más de 200 tipos diferentes de panes de masa fermentada. Desde el punto de vista microbiológico, el estudio de masa madre apenas comenzó hace cien años (Salovaara, 1998).



Ilustración 2: Pan de masa madre tradicional

1.2.4. Características propias de los panificados con masa madre

Las características principales de las panificaciones elaboradas mediante la utilización de masa madre están sujetas a diferentes factores que influyen en el resultado de las mismas. La fermentación de esta está afectada por:

- Tipo de harina (trigo y/o mezclas de otras harinas; blanca o integral).
- Hidratación de la masa.
- Tiempo y temperatura de fermentación.
- Microorganismos presentes.

El valor de la acidez final aumenta con el incremento de cenizas de la harina y, en consecuencia, es mayor en las masas madres elaboradas con harina integral. Cuando éstas son elaboradas con harinas enteras de trigo (1,5% cenizas), el porcentaje de ácido láctico es superior que con harinas blancas. Una mayor hidratación de la masa favorece la formación de ácido láctico, mientras que masas con más consistencia tienden a facilitar la producción de ácido acético. El aumento de la temperatura favorece la formación de ácido láctico,

mientras que temperaturas bajas lo hacen con la producción de ácido acético. Los microorganismos de la masa madre provienen de forma inicial de la propia harina que constituye el medio de cultivo para el desarrollo de la microflora típica. El desarrollo posterior de esta microflora estará influenciado por varios factores, como la práctica de los refrescos, el tiempo que está fermentando, la adición de levadura prensada, entre otros.

1.2.4.1. Comportamiento de las masas con fermentación natural

A continuación se definirán las características o factores que influyen significativamente en el desarrollo de masas con fermentación natural:

- **Hidratación:** relación entre la cantidad de harina y agua en la mezcla de la masa madre. Una hidratación alta corresponde a valores del 80% o superiores.
- **Acidez propia de la masa:** según la masa fermenta, va ganando acidez. El punto en el que se utiliza para elaborar el pan, determina el grado de acidez propio de la masa. La fuerza de leudado de la masa madre, luego del repique, va ganando en potencia hasta un máximo que se da cuando la población de levaduras ha alcanzado su máximo potencial. A partir de ahí el incremento de la acidez la hace disminuir progresivamente.
- **Presión osmótica:** en el medio acuoso, la presencia de una gran cantidad de electrolitos (lo que se conoce como una solución hipertónica) produce una diferencia de presión entre el exterior de las células (menor presión) y su interior (mayor presión), lo que hace que las células tiendan a deshincharse y arrugarse.
- **Tasa de repique:** cantidad de masa madre inicial, harina y agua que se utiliza para conseguir la cantidad de masa final que se necesita. El sistema más común habla de tasa o grado de inoculación.
- **Oxigenación:** como las células requieren de oxígeno para su reproducción, el aporte de éste determina la velocidad a la que las células se reproducen en las etapas iniciales de desarrollo de una masa madre. La manera más casera pero eficaz, consiste en remover la masa madre con una cuchara durante unos segundos cada cierto tiempo (si su consistencia lo permite).

En la tabla 4 se presentan estas características y el comportamiento que adquieren las panificaciones según estos factores.

Comportamiento de las masas en fermentación natural	Mucha o Alta	Poca o Baja
Hidratación	Favorece la actividad homofermentativa, la proteólisis, la producción de ácido láctico (responsable de una acidez más “suave” y un perfil gustativo menos agresivo) y la actividad de las levaduras. La velocidad de desarrollo y decaimiento de la masa madre es mayor.	Favorece la actividad heterofermentativa, la producción de ácido acético (asociado a una mayor acidez potencial, con tiempo suficiente), disminuye la degradación de la proteína; el aporte de CO ² de LAB y levaduras se iguala a favor de éstas. Todo el proceso se ralentiza.
Acidez propia de la masa	Una gran acidez interfiere con la fermentación de las levaduras; si la masa madre pasa un cierto punto óptimo de desarrollo, la acidez crece y la actividad de las levaduras y la potencia levante disminuyen progresivamente. Por el contrario, una mayor cantidad de ácido tiene un efecto fortalecedor del gluten restante en la masa.	Una acidez baja representa las condiciones óptimas de trabajo para las levaduras; de ahí el empleo de “masas jóvenes”, que simplemente han pasado la prueba de la flotabilidad, en panes de alta hidratación y que necesitan una buena potencia levante. Fundamental en bollería de masa madre.
Temperatura	La fermentación a temperaturas elevadas puede centrarse en la zona de reproducción óptima de las levaduras (25-26° C) o de las bacterias (32 – 33° C). Predominio de la actividad homofermentativa.	A baja temperatura la movilidad molecular es menor, y el efecto global es similar al de una baja hidratación. Por debajo de 20° C la actividad de las levaduras se frena mucho y la masa, con tiempo, se acidifica considerablemente, con predominio de la actividad heterofermentativa.

<p>Presión osmótica</p>	<p>Las levaduras están mejor preparadas para coexistir con niveles de presión osmótica mayores; así se favorece su predominio. Cantidades de sal del 0,1-0,2% o de azúcar del 1% pueden duplicar los tiempos de desarrollo de la masa madre. En preparaciones dulces, con una presión osmótica muy elevada, la franja de utilización de la masa madre, en la que dispone de una potencia levante aceptable, se reduce a un margen de temperatura moderadamente elevada y acidez muy baja.</p>	<p>La masa conserva su máxima actividad cuando se la mantiene libre de electrolitos que aumenten la presión osmótica e interfieran con la absorción de nutrientes por parte de los microorganismos a través de la membrana celular.</p>
<p>Tasa de repique</p>	<p>Repiques con una pequeña cantidad de masa madre requieren de mucho más tiempo de desarrollo, con lo que se favorece la actividad proteolítica y se obtienen masas más suaves, con un mayor nivel de aminoácidos libres.</p>	<p>Repetidos refrescos con una cantidad elevada de masa madre activa mantienen la degradación proteica al mínimo posible; resulta muy útil para bollería de masa madre “high-performance”, tipo panettone o brioche.</p>
<p>Oxigenación</p>	<p>El oxígeno es necesario para la reproducción celular y acelera el ritmo en que las poblaciones de levaduras y bacterias alcanzan su nivel óptimo, con un ligero predominio de las primeras. Un aporte continuo de oxígeno puede servir para purificar la masa madre de bacterias y obtener un cultivo natural claramente mayoritario de levaduras.</p>	<p>La saturación con CO² (mediante la compresión de la masa durante su desarrollo), inhibe la actividad proteolítica bacteriana y, tras repetidos refrescos, reduce el nivel de aminoácidos libres, mantiene bajo control las poblaciones bacterianas y preserva al máximo el gluten de la masa (la masa gana en “fuerza”). Las levaduras también sufren; este tipo de técnicas requiere de mucho control de los tiempos y la temperatura.</p>

1.2.4.2. Autólisis

La autólisis es una técnica en panadería que consiste en dejar reposar la mezcla de los ingredientes para un pan (excepto la sal) entre 15 minutos y una hora. Este concepto biológico describe un proceso mediante el cual una célula se autodigiere o autodestruye por la acción de sus enzimas. En este caso, las dos enzimas fundamentales de la harina: proteasa, que aporta estructura, y amilasa, que proporciona elasticidad. El equilibrio de ambas características dará una buena masa para lograr un pan de alta calidad. La acidificación, el consumo de oxígeno y la acumulación de tioles por el metabolismo microbiano modulan la actividad de las enzimas de los cereales. A su vez, las enzimas de los cereales proporcionan sustratos para el crecimiento bacteriano. Esta revisión destaca la función de las enzimas de los cereales y el metabolismo de las bacterias del ácido láctico en la conversión de carbohidratos, proteínas, compuestos fenólicos y lípidos. Desde el inicio de la autólisis hasta el horneado, la masa lleva alrededor de 50 horas de reposo. Durante este largo proceso la harina se hidrata completamente para lograr una miga más suave, algo deseado con los panes de harinas integrales. Las proteínas de la harina se hidratan mucho mejor, dando tiempo a desarrollar por completo el gluten. El pan logra una buena estructura, con mayor fuerza, más capacidad de retener los gases y con mejor alveolado interno. Se consiguen panes de mejor color, sabor y aroma, de miga más elástica y un levado más uniforme. El gluten se desarrolla durante el reposo y empieza la fermentación sin necesidad de amasar demasiado. Además, el amasado resulta más fácil y manejable gracias al correcto desarrollo del gluten. También será más sencillo formar el pan antes de la última fermentación. Durante el horneado, el pan tendrá mejor volumen, con una miga más uniforme y una corteza bien estructurada, con greñas que se abren por completo (Liliana Fuchs, 2017).

1.2.4.3. Diferencias entre panificados con masa madre y levadura industrial

La levadura de la masa madre, por la forma en que se ha obtenido, está siempre acompañada de una flora láctica y acética que no está presente en el cultivo seleccionado, muy puro, de la levadura prensada industrial. La presencia de los microorganismos lácticos y acéticos produce, durante la fermentación de la masa, fermentaciones colaterales a las de las levaduras, con formación de ácido láctico y acético. La presencia de estos dos ácidos en una proporción de láctico/acético de 3:1, comunica a la masa una acidez mayor que la que se puede obtener con la masa utilizando solamente levadura prensada. Esta acidez provoca

mayor duración y frescura del pan y una acción inhibidora del desarrollo de mohos y del *Bacillus mesentirucus* (responsable del ahilamiento del pan, un tipo de descomposición). La utilización de una u otra levadura determina una duración de la fermentación diferente y, por lo tanto, un proceso de panificación distinto. Mientras que la elaboración de pan con solo masa madre necesita un mayor tiempo de fermentación, la panificación con levadura prensada es más breve y más simple. La mayor duración del proceso con levadura de masa madre, permite una acción más prolongada de las enzimas proteolíticas (que atacan al gluten) y amilásicas (degradan el almidón), lo que proporciona un mayor contenido de aminoácidos y azúcares respecto al proceso con levadura prensada, lo que va a determinar la fragancia del producto horneado, ya que ambos reaccionan durante la cocción (reacción de Maillard) formando compuestos responsables del aroma y sabor característico del pan. La actividad acidificante y proteolítica de las bacterias lácticas presentes en la masa madre empleada en la elaboración del pan, van a influenciar de manera positiva en la calidad y reología de la pasta, en particular mejorando el aspecto de la corteza y la estructura de la miga del producto acabado. (Bernabé Marqués y col, 2007)

Entre las ventajas de la panificación con masa madre se pueden citar:

- Mayor duración de la conservación del pan a causa de la mayor acidez de la masa.
- Una miga más cremosa y con las paredes de los alveolos más elásticos, con menor tendencia a desmoronarse.
- Aroma y sabor característicos, acentuados a causa de la formación de sustancias orgánicas volátiles y de productos aromáticos.
- Mayor digestibilidad debido a sus largas fermentaciones y asimilación del producto horneado por la formación de moléculas más simples, facilitando la labor del aparato digestivo.

1.3. Desarrollo de panes con fermentación natural y agregado de ingrediente seco de topinambur

La elaboración de panes con fermentación natural y distintos porcentajes de ingrediente seco de topinambur del presente trabajo busca poder ofrecer un producto de consumo masivo mejorando su calidad y perfil nutricional. La conciencia de los consumidores sobre la salud y los alimentos de calidad se ha incrementado ampliamente en los últimos años. Existe una

relación entre esta toma de conciencia y el aumento de enfermedades como la obesidad, diabetes, distintas intolerancias y patologías cardíacas. Asimismo, se ha incrementado el consumo de panificados integrales y/o con harinas alternativas.

El uso del ingrediente seco de topinambur eleva considerablemente los valores nutricionales del pan, aumentando su cantidad de fibra y reduciendo así el índice glucémico del mismo. Además, se utiliza una mezcla de harina blanca e integral en una relación de 50/50 para mejorar aún más su calidad nutritiva, además de los ya mencionados beneficios de la panificación con fermentación natural, evitando el uso de levaduras industriales.

1.4. Estudios de percepción del consumidor

El desarrollo tecnológico y científico de las últimas décadas ha logrado un crecimiento de la disponibilidad de alimentos superior a su demanda. Esto ha reducido la importancia de la disponibilidad y el precio como determinantes de la compra de alimentos y ha aumentado la importancia de otros factores en las elecciones de los consumidores (Costa y Jongen, 2006). En este contexto, el desarrollo de nuevos productos que aporten un valor agregado y resulten innovadores se ha convertido en la estrategia para sobrevivir y lograr el éxito en el mercado global de alimentos (Moskowitz y Hartmann, 2008; Stewart-Knox y Mitchell, 2003). La industria alimentaria ha realizado muchos esfuerzos en las últimas décadas para ofrecer productos funcionales, sin embargo expertos en marketing aseguran que entre el 60 y el 80% de los nuevos productos que se lanzan al mercado finalmente fracasan. Para ello es primordial incluir desde las primeras etapas del desarrollo del nuevo alimento, técnicas de análisis y percepción sensorial que integren las demandas de los consumidores de manera de mejorar la eficiencia del proceso de diseño de los nuevos productos alimenticios para garantizar su éxito en el mercado (Ares y Delisa, 2010). En los estudios o investigaciones de mercado, los consumidores con frecuencia no pueden, o simplemente les resulta muy difícil, expresar las razones subyacentes para comprar un producto en lugar de otro o bien tienden a contestar lo que se considera correcto o socialmente aceptable (Donoghue, 2000). Frente a estas limitaciones, las técnicas proyectivas constituyen un buen enfoque para comprender las percepciones y el comportamiento del consumidor frente a esta nueva propuesta de pan. En general el uso de estas técnicas cualitativas, gracias a su gran variedad de aplicaciones, ha aumentado a lo largo de los años en los estudios con consumidores, como estudios de

mercado y de comportamiento (Boddy, 2005; Steinmann, 2009). Las técnicas proyectivas se basan en el principio de que el inconsciente desea y los sentimientos de los encuestados pueden surgir cuando se les presenta a los individuos un estímulo. Debido a que no existen respuestas buenas o malas los individuos son libres de responder al estímulo desde su propio punto de vista, proyectando sus sentimientos inconscientes en sus respuestas (Donoghue, 2000). A los encuestados no se les hacen preguntas directas, por ello pueden sentirse relajados y, por lo tanto, en sus respuestas se revelan sus creencias y actitudes reales.

Uno de los desafíos de la evaluación sensorial es proveer información útil acerca de las modificaciones a realizar en las formulaciones y no únicamente una descripción de los productos (Moskowitz y Hartmann, 2008). En el análisis sensorial clásico, la descripción sensorial de los productos es realizada por un panel de jueces entrenados, mientras que los juicios hedónicos son realizados por consumidores (Husson y col, 2001).

La caracterización sensorial de los productos mediante la evaluación con un panel entrenado permite obtener información detallada, consistente y estable en el tiempo (Kleij y Musters, 2003). Sin embargo, la formación y entrenamiento de un panel entrenado insume mucho tiempo y recursos. Además, la percepción y descripción de los productos realizada por el panel de jueces entrenados y los consumidores pueden diferir, debido a que los jueces podrían considerar atributos que son irrelevantes para los consumidores (Kleij y Musters, 2003). Por esta razón, recientemente han ganado popularidad las técnicas de caracterización sensorial basados en consumidores (Varela y Ares, 2012).

La respuesta hedónica de los consumidores se obtiene por lo general aplicando técnicas cuantitativas, cuyo objetivo principal es evaluar la reacción afectiva de los consumidores solicitando que indiquen cuánto les gusta el producto en una escala hedónica de aceptabilidad (Popper et al., 2004). Aunque los consumidores son capaces de definir claramente qué productos les gustan y cuáles no, no siempre son capaces de describir específicamente qué es lo que les gusta y lo que no les gusta del producto (van Kleef et al., 2006). Por esta razón, en paralelo con la evaluación de la aceptabilidad en general se llevan a cabo metodologías que permiten evaluar las características sensoriales de los productos (Worch, 2012).

La metodología de preguntas CATA consiste en presentar a los consumidores una lista de términos, de la cual deben seleccionar aquellos que consideren apropiados para describir

la muestra evaluada. Los términos incluidos pueden estar exclusivamente vinculados con las características sensoriales de las muestras o pueden incluirse términos acerca de características no sensoriales como ocasiones de uso, posicionamiento del producto o emociones (Varela & Ares, 2012). Los términos a incluir pueden corresponder a los descriptores utilizados por el panel de jueces entrenados o pueden ser seleccionados en base a estudios previos con consumidores (Dooley et al., 2010; Varela & Ares, 2012).

Las preguntas CATA han sido ampliamente aplicadas para evaluar las características sensoriales de una gran variedad de productos (Adams et al., 2007; Ares et al., 2011b; 2011c; Bruzzone et al., 2012; Dooley et al., 2010; Parente et al., 2010; Plaehn, 2012). También han sido utilizadas para identificar los atributos que direccionan la preferencia de los consumidores y evaluar su influencia sobre la aceptabilidad (Ares et al., 2010b; Dooley et al., 2010)

II OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Desarrollar panes integrales ricos en fibra dietaria utilizando harina de trigo 000, harina integral e ingrediente seco a base de topinambur y estudiar diferentes combinaciones de óptimas proporciones de los ingredientes para que dicha mezcla permita, por un lado, la fermentación natural, y por el otro, una miga con atributos sensoriales aceptables.

2.2. Objetivos específicos

1. Elaborar panificados con agregado de topinambur a través de fermentos naturales.
2. Estudiar el efecto del reemplazo de harina de cereal por ingrediente seco a base de topinambur en cuanto a las características de calidad de los panes.
3. Evaluar los cambios de color en la corteza y en la miga producidos por el agregado de ingrediente seco a base de topinambur.
4. Evaluar la aceptabilidad del reemplazo de harina de cereal con ingrediente seco a base de topinambur y su relación con características sensoriales y no sensoriales.

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales para la elaboración de los panes

3.1.1. Ingredientes

- Harina de trigo marca “Favorita” 000
- Harina de trigo integral molida a piedra
- Ingrediente seco de topinambur
- Sal de mesa fina marca “Celusal”
- Agua potable filtrada

Las panificaciones fueron elaboradas en base a una mezcla de harina 000 y harina integral en una relación 50/50, a la cual se denominó premezcla 1 (PM1).

En el marco del programa “Revalorización de frutihortícolas de la Patagonia argentina para el desarrollo de productos e ingredientes de alto valor” PIN III Código: 04/L007 dirigido por la Dra. Daniela Salvatori, en el subproyecto 3: “Aplicaciones gastronómicas de nuevos productos e ingredientes funcionales a partir de materias primas subutilizadas” Director del Subproyecto 3: Dra. Lorena Franceschinis; se desarrolló y estudió el ingrediente seco de topinambur y sus respectivas propiedades físico-químicas. Este mismo será utilizado durante el desarrollo del presente trabajo de investigación

El ingrediente seco fue obtenido a partir de topinambur fresco, los tubérculos que se utilizaron fueron cultivados en Villa Regina (Río Negro, Patagonia argentina), cosechados, lavados, cepillados y desinfectados con una solución de hipoclorito de sodio (280 ppm) durante 20 min. Luego fueron enjuagados con agua destilada durante 10 min. Finalmente fueron secados y almacenados en bolsas a 4°C hasta el momento de su utilización. El mismo fue obtenido mediante la aplicación de los siguientes procesos (n=3): pelado, fileteado (2mm de espesor), aplicación del tratamiento correspondiente (inmersión de hojuelas en agua destilada en este caso), deshidratación en aire caliente, molienda, tamizado (35 mesh), y envasado en bolsa hermética. La deshidratación se llevó a cabo en estufa de convección a una temperatura de 60±1°C. Las hojuelas se secaron aproximadamente 2 horas hasta alcanzar un valor de actividad acuosa (a_w) final de 0,34 ±0,04 (Franceschinis y col, 2019).

3.1.2. Utensilios y equipamientos

- Bowls
- Tabla
- Balanza granataria
- Termómetro
- Cuchillo tipo serrucho
- Cucharas
- Papeles plásticos separadores
- Moldes aluminio
- Olla de hierro con tapa
- Horno industrial a gas con ladrillo refractario

3.2. Métodos para la elaboración de los panes

3.2.1. Recetas estandarizadas para cada pan

3.2.1.1. Pan de masa madre control (PC)

- 100% PM1
- 25% de masa madre (sobre el peso total de harinas)
- 85% hidratación
- 2% sal

3.2.1.2. Pan de masa madre con ingrediente seco de topinambur al 15% (PB):

- 15% ingrediente seco de topinambur
- 85% PM1
- 25% de masa madre (sobre el peso total de harinas)
- 85% hidratación (sobre el peso total de harinas)
- 2% sal

3.2.1.3. Pan de masa madre con ingrediente seco de topinambur al 30% (PA):

- 30% ingrediente seco de topinambur
- 70% PM1
- 25% de masa madre (sobre el peso total de harinas)
- 85% hidratación (sobre el peso total de harinas)
- 2% sal

3.2.2. Preparación de la masa madre

En primer lugar se preparó el fermento inicial (*sourdough/lievito madre*) que consiste en mezclar harina y agua, iguales proporciones a temperatura ambiente (20-25°C), y taparla de manera que respire durante aproximadamente 4-5 días. Al cabo de las primeras 24 horas se descarta una mínima proporción de la mezcla y se añade nuevamente iguales proporciones de harina y agua para alimentar la microflora, donde no se observa ninguna actividad. En el segundo día se repite el paso de descarte y alimentación en partes iguales de agua y harina, donde ya se observa escasa actividad, se puede apreciar un aroma algo avinagrado y pequeñas burbujas de aire. Esto se reitera 3, 4 y 5, en donde los últimos 2 días se observa una gran actividad de la microflora. En este caso, utilizamos la premezcla de harinas (blanca 000 e integral) a lo largo de todo el procedimiento; tanto para el inicio y alimentación del fermento como para la elaboración de los panes.

3.2.3. Elaboración de los panes

3.2.3.1. Elaboración de las masas

A continuación se detallarán los pasos que se llevaron a cabo para la elaboración de panes con 400 g de harinas totales cada uno, donde 400g representan el 100%.

Para comenzar, se refrescó la masa madre mezclando por cada una de las muestras, 35 g de ésta con 35 g de PM1 y 35 g de agua potable filtrada (Ilustración 3). Se dejó fermentar durante 3-4 horas a temperatura constante entre 25-30°C (Ver Ilustración 4). Una vez transcurrido este tiempo, el fermento duplicó su tamaño y estaba listo para realizar el pan (Ver Ilustración 5).



Ilustración 3: Activación de la masa madre



Ilustración 4: Temperatura de la masa madre



Ilustración 5: Activación de masa madre luego de 4 horas

En el bowl A: Se llevó a cabo la muestra PA (con ingrediente seco de topinambur al 30%); se colocaron 340 g de agua a temperatura ambiente (21°C aprox.) y 100 g del fermento activo de masa madre. Por otro lado se tamizaron 280 g de la PM1 y 120 g del ingrediente seco de topinambur. Se disolvió la masa madre en el agua y se mezcló todo con tenedor sin amasar (ver Ilustración 6).

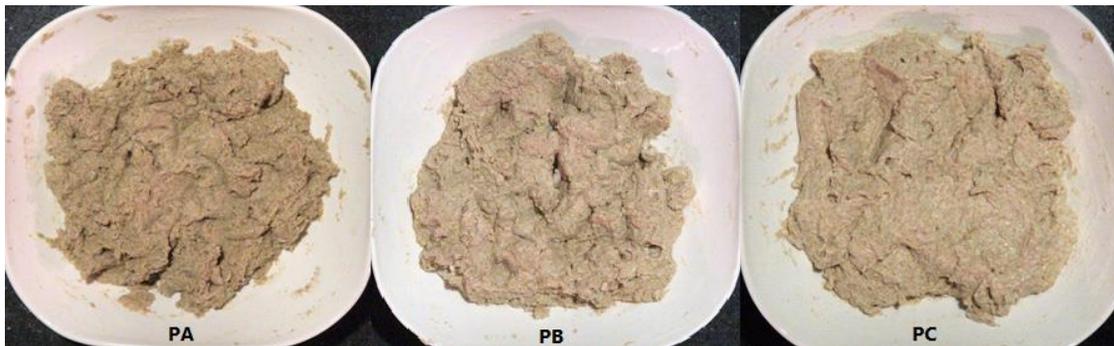


Ilustración 6: Muestra PA, PB y PC sin amasar

En el bowl B: Se llevó a cabo la muestra PB (con ingrediente seco de topinambur al 15%); se colocaron 340 g de agua a temperatura ambiente (21°C aprox.) y 100 g del fermento activo de masa madre. Por otro lado se tamizaron 340 g de la PM1 y 60 g del ingrediente seco de topinambur. Se disolvió la masa madre en el agua y se mezcló todo con tenedor sin amasar.

En el bowl C: se llevó a cabo la muestra PC (prueba control); se colocaron 340 g de agua a temperatura ambiente (21°C aprox.) y 100 g del fermento activo de masa madre. Una vez disuelta la masa madre se añadieron 400 g de PM1 tamizados y se mezcló todo con tenedor sin amasar.

3.2.3.2. Proceso de fermentación

Una vez hechas las pruebas PA, PB y PC, se dejaron reposar tapadas con separadores plásticos a temperatura ambiente durante una hora. En esta etapa comienza el proceso de autólisis donde se busca retrasar el amasado para dar tiempo a las proteínas de la harina a desarrollar por completo el gluten y así lograr una masa con una estructura adecuada antes de comenzar a darle mayor elasticidad. Cuando se hidrata la harina, las proteínas empiezan a trabajar para formar el gluten y las levaduras comienzan su trabajo de fermentación. Si se le da tiempo, la masa estará mucho más preparada para desarrollarse con propiedad y necesitará menos tiempo de amasado. En cualquier caso, casi siempre lo mejor es dejar la sal para el final, porque otorga rigidez al gluten y retrasa la acción de las levaduras (Pérez Lacueva y col., 2007)

Una vez transcurrido este tiempo, se realizó el agregado de sal (4 g por prueba) y se adhirió de forma paulatina a través de un amasado muy leve. Ya incorporada, comenzó un proceso llamado fermentación en bloque. Durante esta etapa la masa fermenta a temperatura ambiente y se le realizan pliegues con el objetivo de promover la formación de la malla del gluten y oxigenar la masa. Estos pliegues se realizan doblando la masa sobre sí misma tantas veces como su elasticidad lo permita. Fueron realizados cada media hora 4 veces, las masas se mantuvieron entre 23° y 27° C (Ver Ilustración 9). Una vez realizado el último pliegue se llevó a cabo la fermentación en frío, por lo cual PA, PB y PC (Ver Ilustración 10) fueron envueltos en papel film y llevadas a refrigeración (entre 5-7°C) durante 48 horas.



Ilustración 9: Temperatura de la masa.



Ilustración 10: Muestras PA, PB y PC luego de los pliegues y antes del frío.

3.2.3.3. Horneado

Pasadas las 48 horas, se precalentó el horno a 220° con una fuente de hierro dentro. Además, se colocó una fuente con agua para generar humedad y retardar la formación de una costra dura en su superficie durante los primeros minutos de horneado. Las masas fueron

retiradas del frío e inmediatamente divididas en dos bollos de pesos similares. Se realizó un último pliegue para darles la forma final y colocarlas en sus respectivos moldes (Ver Ilustración 11).



Ilustración 11: Muestra PC moldeada previo al horneado.

Una vez caliente el horno, aproximadamente 15 minutos después de sacar los panes del frío, se colocaron los moldes dentro de la olla de hierro tapada y se cocinaron durante 35 minutos. Luego, se disminuyó la temperatura del horno a 180°, se quitó la tapa y la fuente con agua para terminar la cocción en seco y ayudar a que se genere una buena costra. Este último procedimiento duró 25 minutos. Por último se dejaron enfriar a temperatura ambiente.

3.2.4. Caracterización de los panes

3.2.4.1. Altura del pan

A cada pieza de pan se le determinó la altura utilizando un calibre, se determinó desde la base de cada pieza de pan, hasta la parte superior de la corona en la corteza a ambos lados como se muestra en la Ilustración 12. La altura de cada pan se expresó en cm.



Ilustración 12: Imágenes laterales PA, PB y PC

3.2.4.2. Pérdida de hidratación durante el horneado

Se procedió a obtener la pérdida de agua de hidratación durante el horneado, para ello se registraron los pesos de cada pan antes y después del horneado, se trabajó con cada pan individualmente y el procedimiento se realizó por duplicado.

3.2.4.3. Contenido de agua

El contenido de agua se determinó a cada variante (miga y corteza en conjunto) por triplicado, a partir de la pérdida de peso de la muestra mediante su desecación hasta peso constante, en estufa de aire a una temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Antes de cada pesada las muestras se enfriaron en un desecador con sílica gel. Los pesos se registraron en una balanza

analítica. La humedad se expresó como g agua/ 100 g base húmeda (b.h.) utilizando la ecuación (III.1):

$$H (\%) = \frac{(P_H - P_C) - (P_S - P_C)}{(P_H - P_C)} \times 100 \quad (\text{III.1})$$

Donde:

$H (\%)$ = contenido de agua (g H₂O/ 100 g b.h.)

P_H = peso de la muestra húmeda (g) + cristalizador (g)

P_C = peso del cristalizador (g)

P_S = peso de la muestra seca (g) + cristalizador (g)

3.2.4.4. Medición de color

La determinación del color superficial se realizó con un colorímetro Konica Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing Inc, Japon), con iluminante C y 2° de ángulo de observador, midiendo los parámetros L*, a* y b* del espacio CIELab. Se procedió a la medición de color de la corteza y de la miga de los panes. Se realizaron 30 mediciones en cada caso.

Se calculó también la función “cambio global de color” (ΔE^*_{ab}) utilizando la ecuación III.2:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (\text{III.2})$$

Donde,

$$\Delta L^* = (\bar{L}_0^* - L^*)$$

$$\Delta a^* = (\bar{a}_0^* - a^*)$$

$$\Delta b^* = (\bar{b}_0^* - b^*)$$

\bar{L}_0^* , \bar{a}_0^* , \bar{b}_0^* ; son los valores medios triestímulo del pan control PC.

3.3. Estudios con consumidores

3.3.1. Técnica de asociación libre

Se empleó la técnica de asociación libre (Mesías y Escribano, 2018), con la finalidad de generar los términos a incluir en la pregunta CATA (check all that apply). Se reclutaron 85 consumidores (alumnos, docentes y personal de la FACTA) y las muestras a evaluar fueron los panes PA y PB. En el desarrollo del mismo se dieron a probar pequeñas porciones de pan al azar y se entregó una hoja (Ver Anexo A). A cada consumidor se le solicitó que describan las primeras 4 o 5 palabras/frases que venían a su mente, que podían representar una sensación, algún recuerdo, similitud, percepción, al degustar el pan. Tres analistas realizaron el conteo de palabras, empleando en caso de ser necesario truncamiento y familia de palabras, en forma independiente y se acordaron los criterios para lograr una categorización representativa del consenso, se calcularon las frecuencias relativas del uso de categorías para arribar a los términos consensuados de la pregunta CATA.

3.3.2. Caracterización sensorial de los panes utilizando una pregunta CATA

En la evaluación sensorial se empleó una pregunta CATA (check all that apply), para cada muestra los consumidores debieron utilizar una escala hedónica de 9 puntos para marcar la aceptación global del producto y además se les solicitó que marquen todos los términos que corresponda. Las muestras fueron evaluadas siguiendo un diseño balanceado y se utilizó agua mineral como borrador entre muestras. Las muestras fueron codificadas con números aleatorios para identificarlas:

- PA se codificó como 513
- PB se codificó como 728
- PC se codificó como 645

En la evaluación sensorial se invitó a alumnos de diferentes carreras, profesores y no docentes de la FACTA a participar de forma cooperativa, se acercaron en total 112 consumidores. En primer lugar, se entregó el formulario y se dieron indicaciones sobre cómo completarlo, y se les dejó a disposición tres platos con los códigos rotulados por cada

muestra, un vaso con agua y una servilleta (Ver Ilustración 13). El tiempo a completar fue libre, dejando que el consumidor se tome el tiempo que crea necesario.

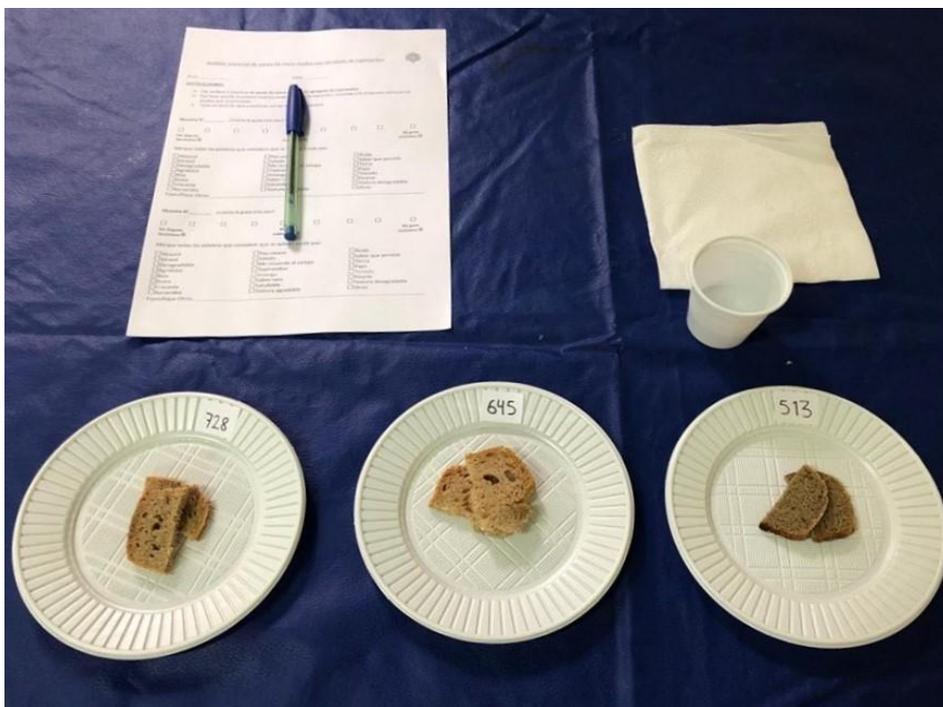


Ilustración 13: Disposición de la mesa para el desarrollo del análisis sensorial

Además en la planilla se realizaron preguntas sobre el género de los participantes, las edades, cuántos de ellos conocían y habían consumido panes de fermentación natural, cuántos de ellos conocían y habían consumido alguna vez el topinambur, si comprarían alguna de las muestras y en caso de ser positivo, cuáles.

3.4. Análisis de datos

Todos los datos fueron expresados en términos de las medias y su desvío estándar y se analizaron con ANOVA utilizando un nivel de confianza del 5% y el test de Tukey para obtener diferencias significativas. Se realizó un test Q de Cochran para cada uno de los términos de la pregunta CATA, con el fin de evaluar si existieron diferencias significativas entre las muestras en la frecuencia de uso de los términos. Se utilizó el software R versión 3.4.1 (R Core Team, 2018).

IV RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Caracterización de los panes obtenidos

El desarrollo de las muestras dio como resultado panes con similitudes y diferencias, que macroscópicamente se reflejan en diferencias de altura y volumen como puede apreciarse en la Ilustración 14. La prueba control, por ejemplo, sufrió una apertura en la superficie en consecuencia de su expansión durante el horneado. Las pruebas PA y PB en cambio, probablemente debido a las propiedades de captación de agua del ingrediente de topinambur, han resultado más compactas en volumen.



Ilustración 14: Imágenes frontales de PA, PB y PC

En la Tabla 5 se presentan las principales características físicas de los panes obtenidos. El ingrediente deshidratado de topinambur utilizado en el presente trabajo, acorde a Franceschinis y col. (2019), presentó una capacidad de retención de agua de $8,4 \pm 0,2$ g de agua por cada gramo de masa seca ($\text{g H}_2\text{O/g m.s.}$), valor muy superior al de la harina de trigo común $1,53 \pm 0,01$ $\text{g H}_2\text{O/g m.s.}$ (Rocha Parra y col., 2019), lo cual podría explicarse por la diferencia en el contenido de fibra dietaria. Si bien la premezcla contiene 50% de harina de trigo integral (10% de fibra insoluble), el ingrediente de topinambur contiene fibra dietaria soluble, específicamente inulina, la cual fue determinada mediante cromatografía líquida de alta presión por Franceschinis y col. (2019) y el contenido fue $9,82\text{g}/100$ g de ingrediente. Por lo tanto, dado que el ingrediente seco de topinambur carece de almidón, y que el 92,7%

de los hidratos de carbono totales lo representa la inulina (Franceschinis y col., 2019), la suplantación de una parte de la premezcla de las harinas de trigo por el topinambur, no solo contribuye a la disminución del valor calórico de los panes sino al aporte de fibra dietaria soluble.

Tabla 5: Características físicas de los panes obtenidos

Muestras	Pérdida de hidratación (g H₂O)	Altura (cm)	Contenido de agua (g H₂O/100 g)	Contenido de inulina* (g/100g)
PA	66±6 ^a	4,2±0,2 ^a	40±2 ^a	5,9
PB	68±7 ^a	6,1±0,5 ^b	40,0±1,6 ^a	2,95
PC	69±2 ^a	6,4±0,5 ^b	36±2 ^a	-

Medias con el mismo superíndice no presentan diferencias significativas (p< 0,05).

*Cantidades obtenidas por cálculo

Pese a esta semejanza en las propiedades de hidratación de la harina y del ingrediente del topinambur, por la cual se hubiese esperado encontrar diferencia en la humedad de los panes, no se encontraron diferencias significativas entre las medias de pérdida de hidratación, y coincidentemente en el contenido de agua final. Considerando que la formación de costra es una propiedad particular de la panificación con masa madre, puede observarse que en el caso de PC la pérdida de agua puede haber sido favorecida por la ruptura de la costra durante el horneado, fenómeno que no ocurrió en los panes con agregado de topinambur donde la costra fue pareja. En los tres casos la formación de una corteza hizo que la humedad fuera retenida en la miga en forma similar. En la Ilustración 15 puede apreciarse fotografía de la estructura de la miga de los diferentes panes. En los panes PB y PA, la presencia de topinambur en la matriz ha provocado una miga más apretada a medida que se incrementa el porcentaje del ingrediente. En PA, al estar presente mayor cantidad de topinambur, más agua fue captada por el ingrediente dejándola menos disponible para hidratar al gluten por lo que provocó una menor expansión de la red proteica, obligando a organizarse diferente a la matriz, estructurándose en una forma más homogénea alrededor de los bolsones de dióxido de carbono producidos en la fermentación. Si bien todas las formulaciones tuvieron la misma cantidad de agua inicial, se han comportado de forma distinta desde el amasado hasta el resultado final, siendo PA un pan más compacto en relación con PC. El reemplazo de una parte de la premezcla de harina de trigo por el ingrediente seco de topinambur produjo un

efecto en la altura de los panes, siendo para PA más marcado al provocar una disminución significativa en la altura final, mientras que en el caso de PB, la cantidad de este ingrediente (15%) no afectó a esta variable de manera significativa.

Según Franceschinis y col., 2019 el topinambur obtenido en la Patagonia tiene un contenido de inulina de 9,1 g/100g y este dato se usó para calcular los resultados que aparecen en la Tabla 5.

Según el capítulo 5 del CAA, “Normas para la rotulación y publicidad de los alimentos”, para rotular un alimento como “alto contenido en fibra alimentaria” debe tener al menos 5g de ésta por porción. Asimismo cabe destacar que la muestra PA puede ser mencionada como tal ya que contiene 5,9 g de inulina cada 100 g de pan, sin tener en cuenta la fibra que de por sí tiene la harina de trigo integral. Para el caso de PB, que contiene 2,95 g de inulina cada 100 g de pan, puede rotularse como fuente de fibra alimentaria según las exigencias de las normas.

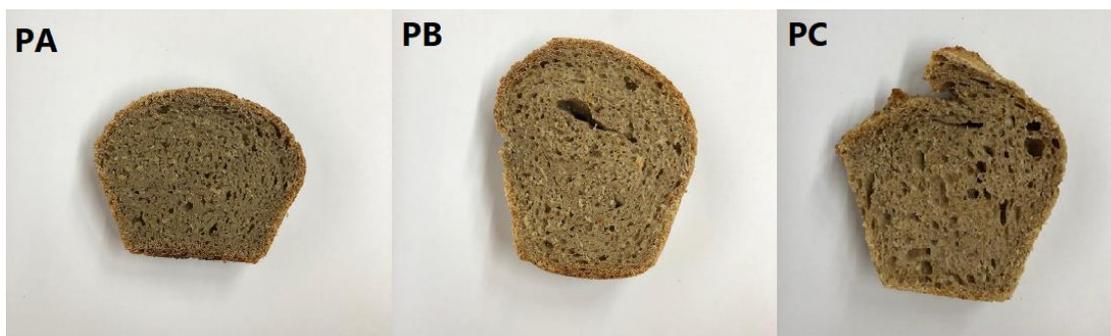


Ilustración 15: Estructura de la miga y alveolos de rodajas de pan PA, PB y PC.

La prueba PA, con 30% de ingrediente seco a base de topinambur, ha generado una miga muy uniforme pero apretada, con alveolos de tamaños similares y dispersos de forma equilibrada. En el otro extremo, la prueba control resultó muy similar a un pan casero tradicional de masa madre, con alveolos de distintos tamaños y una miga más voluminosa y aireada. Con un comportamiento intermedio se observó a la miga de la prueba PB.

Los resultados obtenidos de la medición de color han demostrado que la incorporación de topinambur produjo variaciones en el color de los panes, tanto en la miga como en la corteza siendo más acentuadas las diferencias significativas en esta última. En el caso de la corteza, la Figura 1 muestra cómo PA (al 30%) tiene un color final más anaranjado y

levemente hacia el verde y PB (al 15%) un tono final más amarillo con una inclinación leve hacia el rojo. Además, la corteza ha dado como resultado una luminosidad apreciablemente menor para PA y PB en relación con PC (Ver Tabla 6). Esto quiere decir que el aumento de topinambur ha incrementado la reacción de Maillard y ha generado una corteza más oscura. Para el caso de la miga (Ver Tabla 7) la luminosidad se ve reducida a medida que el ingrediente seco de topinambur se incrementó en proporción. Sin embargo, cuando ΔE es menor a 5 la diferencia no es apreciable por el ojo humano (Franceschinis y col., 2018). Esto quiere decir que solo PA, con un 30% de topinambur, ha dado como resultado una miga más oscura según nuestra percepción visual (ver Ilustración 15). En la Figura 2 se puede observar que las variables a^* y b^* para el caso de la miga no han diferido mucho entre sí, las variaciones son menores y tanto PA como PB tienen un color amarillento y una relación verde-rojo más neutra.

Tabla 6: Color corteza de los panes PA, PB y PC

Muestras	L*	a*	b*	ΔE
PA	35,28±3,99 ^c	10,51±2,02 ^b	19,22±3,11 ^c	21,67
PB	44,67±3,88 ^b	12,89±1,33 ^a	27,62±2,66 ^b	10,79
PC	54,18±5,30 ^a	8,19±2,25 ^c	29,58±2,69 ^a	0

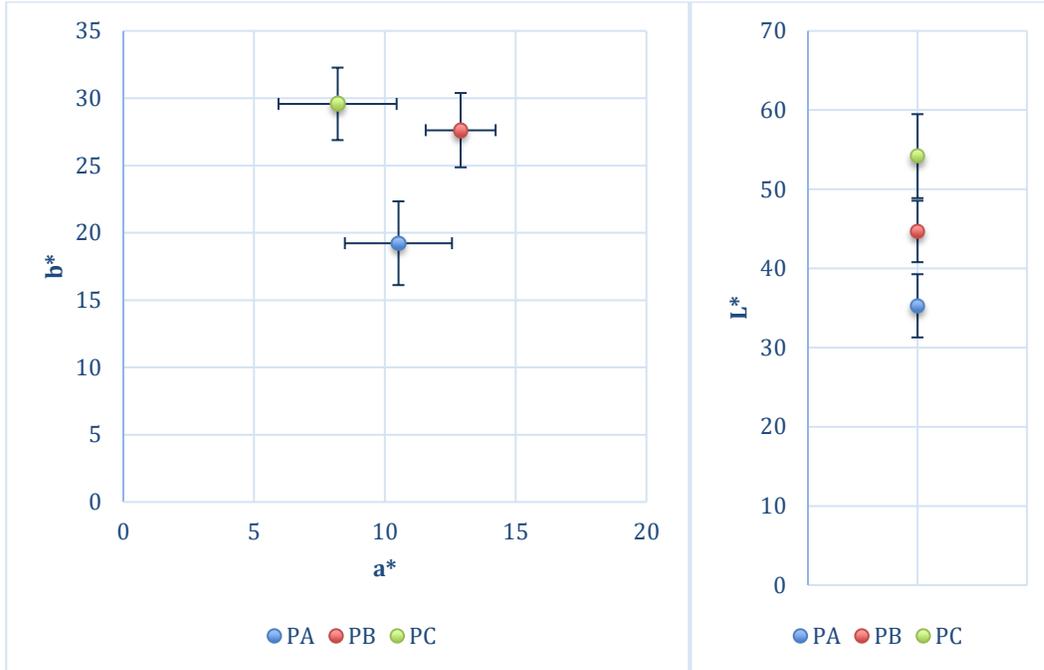


Figura 1: Color corteza en formato CIELAB

Tabla 7: Color miga de las muestras

Muestras	L*	a*	b*	ΔE
PA	42,04±1,21 ^c	2,82±0,18 ^b	14,90±0,57 ^c	8,50
PB	46,41±1,40 ^b	2,96±0,29 ^b	16,61±0,61 ^b	3,85
PC	50,22±2,75 ^a	3,20±0,39 ^a	17,19±0,71 ^a	0

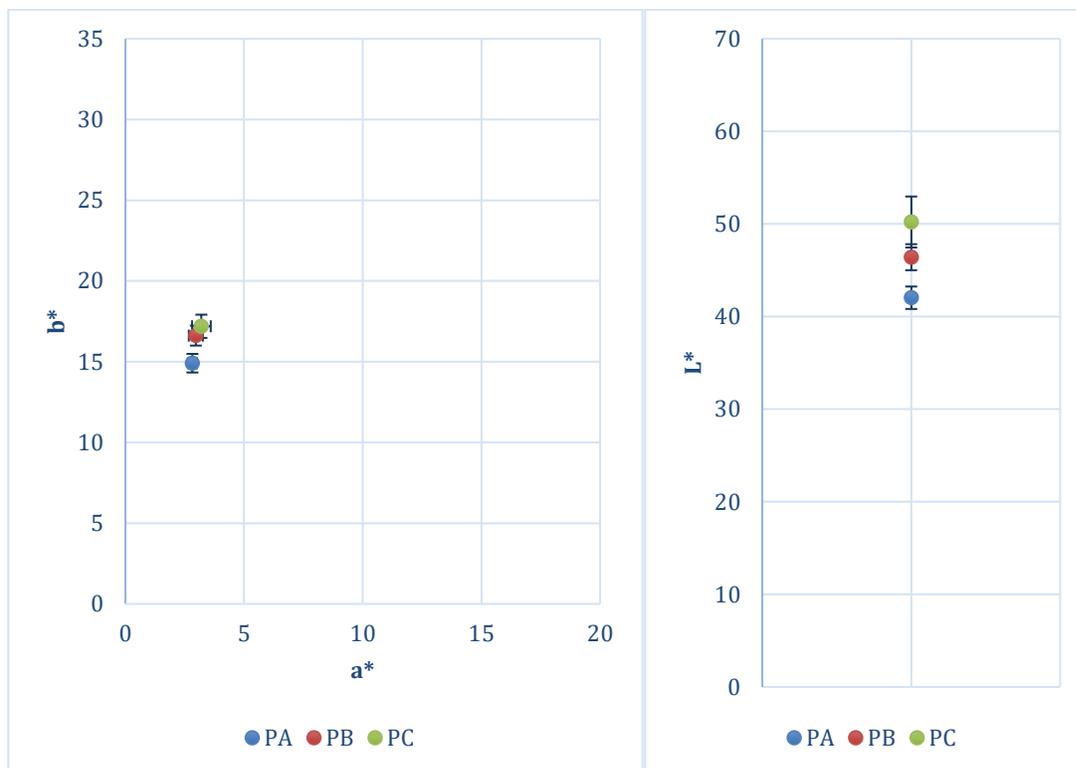


Figura 2: Color miga en formato CIELAB

4.2. Estudios con consumidores

4.2.1. Técnica de asociación libre

Los términos resultantes de esta técnica fueron procesados y distribuidos en 24 categorías según similitud de significado (Ver Tabla 8). Se puede decir que los datos obtenidos fueron positivos ya que el grupo más amplio fue “Rico”, donde se agruparon distintos términos que en definitiva representaban una percepción satisfactoria del producto. El segundo grupo es “Ácido” y esto era totalmente esperado ya que es una característica particular de la panificación con masa madre. Cabe considerar, que el consumidor promedio no está acostumbrado a percibir acidez en un pan casero, ésta característica organoléptica surge como consecuencia de la fermentación natural y es a su vez la causante de una conservación más prolongada. Por lo tanto resulta lógico que este sabor haya sido resaltado por numerosos consumidores en esta técnica. El tercer grupo más relevante fue “Crocante” y una vez más esta particularidad se le adjudica directamente a la panificación con masa madre. El prolongado proceso de fermentación permite que las enzimas proteolíticas y amilásicas reaccionen más y proporcionen un mayor contenido de aminoácidos y azúcares,

que a su vez son los reactivos principales en la reacción de Maillard, responsable del aroma, sabor y color que se produce durante la formación de la costra tan característica de este tipo de panes.

Tabla 8: Categorías y ejemplos del análisis de asociación libre

Categoría	Ejemplos de términos incluidos	Cantidad de palabras
Rico	Sabroso, rico, buen equilibrio, agradable, buen sabor, me gusto	39
Ácido	Ácido, cítrico, sabor agrio	37
Crocante	Crocante, crujiente, cáscara	29
Girasol	Girasol, pipas, semillas, aceite, cereal	23
Textura desagradable	Gomoso, compacto, seco, un poco pesado, miga apretada, duro, no me gustó	21
Salado	Salado, sal, un poco salado	21
Textura agradable	Buena textura, húmedo, suave, esponjoso, liviano, blando	21
Amargo	Amargo, algo amargo	16
Saludable	Salvado, centeno, salud, orgánico, pan integral, natural, me gusta su valor nutricional	15
Tostado	Tostado, ligeramente quemado, sabor final ahumado/ceniza	14
Me recuerda al campo	Pan de campo, cordillera, rústico, niñez en el campo, tradicional	9
Pan casero	Casero, pan común, pan lactal	11
Sabor raro	Raro, llamativo, suena extravagante	8
Recuerdos	Abuela, familia, aroma añejo, días lluviosos, algo que ya probé	10
Sabor que persiste	Sabor intenso, perdura en la boca	5
Tierra	Tierra	3
Dulce	Dulzor, dulce, muy poco dulce	3
Desagradable	No me gusto, sabor feo en boca	3
Picante	Medio picante, picor	2
Papa	Papa, sabor papa	2
Agridulce	Agridulce	1
Alcaucil	Alcaucil	1
Topinambur	Fragante aroma y sabor topi	1
Otros	Áspero, poca sal, amor, masa de pizza, química de los alimentos, sabor maíz	12

El siguiente grupo más amplio es “Girasol”, que incluyó términos como “aceite”, “semillas”, “pipas”, aún cuando las muestras no poseen el agregado de ninguna materia grasa.

Este resultado podría estar directamente relacionado al topinambur presente en las muestras, quien por un lado forma parte de la misma familia que el girasol, y por otro lado es conocido que las cadenas largas de inulina presentes en este tubérculo dan sensación de oleosidad y de hecho son utilizadas en la industria alimentaria para dar sensación de cremosidad. Se recurre a las mismas para el reemplazo de grasa en productos de bajas calorías (Jirayucharoensak y col., 2019)

La Figura 3 evidencia el tamaño de cada categoría (en porcentaje) según la frecuencia en que fueron utilizadas palabras con significados similares. La categoría “Topinambur” incluye en este gráfico todos los términos que se infiere guardan relación con este sabor en el pan, el cual resulta desconocido para los consumidores, éstos son: “Sabor raro”, “Tierra”, “Sabor que persiste”, “Picante”, “Papa” y “Alcaucil”.

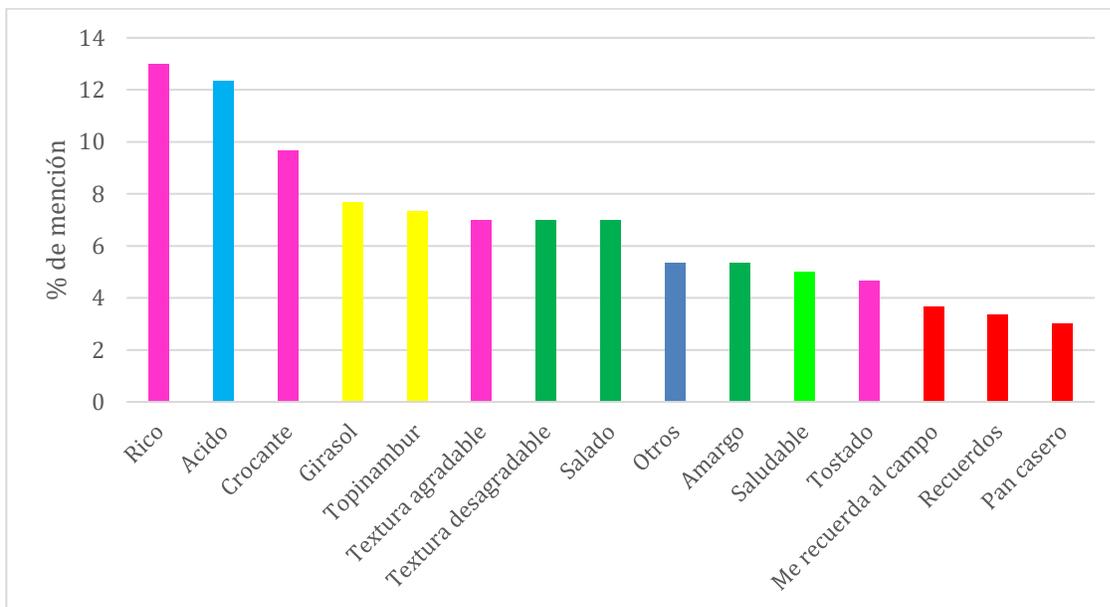


Figura 3: Frecuencia relativa de mención de los términos utilizados por los consumidores para describir el pan

A través de los grupos resultantes del análisis de asociación libre se generó una nube de palabras donde se aprecian los diferentes tamaños según la frecuencia con que estos términos fueron utilizados (Ver Figura 4).

características y alcance ya sea por el rango etario como el conocimiento previo en alimentos que tiene.

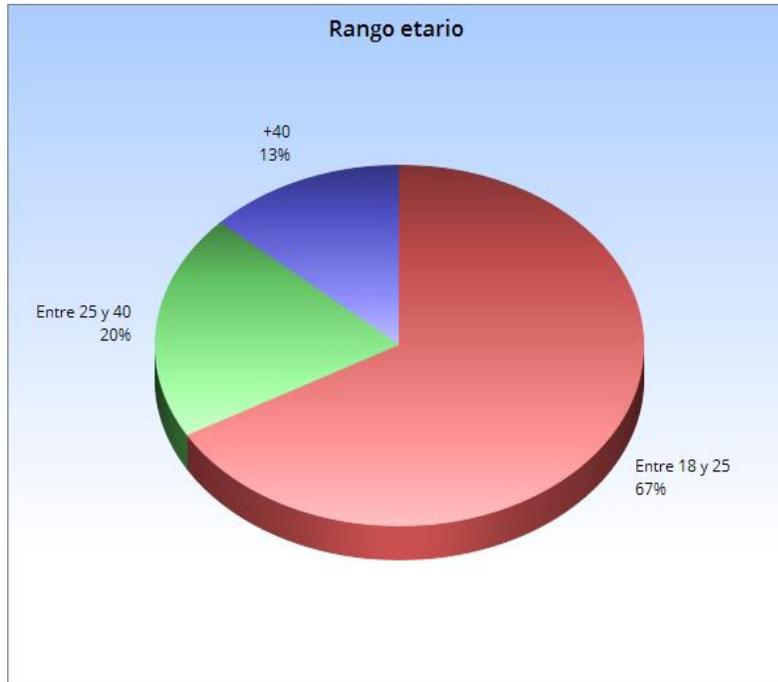


Figura 5: Rango etario de los consumidores que analizaron sensorialmente los panes

b. Porcentaje de géneros

El género femenino fue mayoritario, siendo la elección de los participantes completamente aleatoria. (Ver Figura 6). Sin embargo, se considera que esto no influye en los resultados finales.

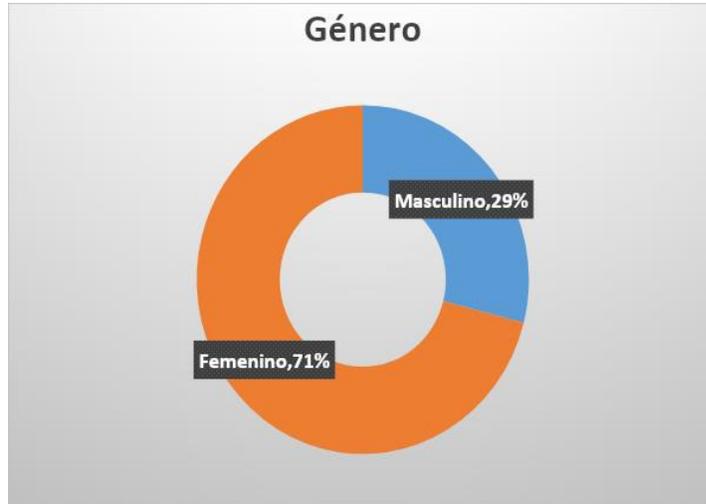
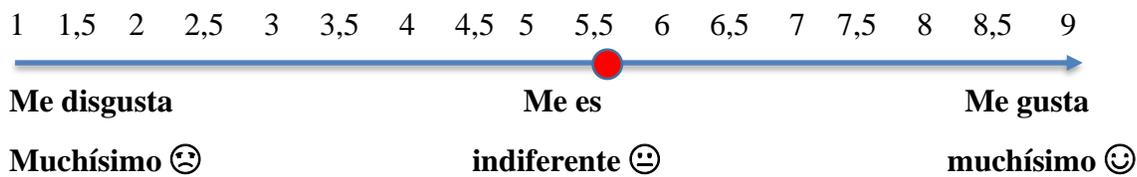


Figura 6: Géneros de los consumidores que analizaron sensorialmente los panes

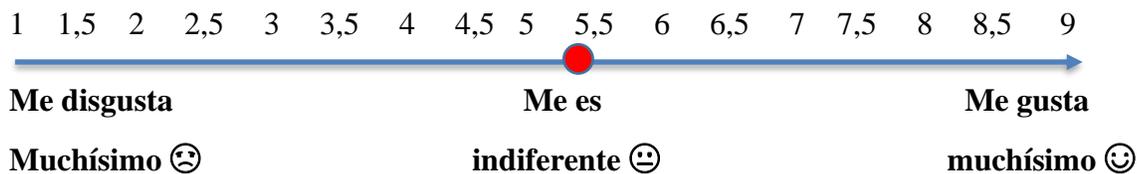
c. Puntuación promedio de aceptabilidad de las muestras

La primera pregunta del análisis sensorial fue en cuanto a la aceptabilidad global del pan en cada caso, “¿Cuánto le gusta este pan?”. Las opciones estaban graficadas en forma lineal con 9 casillas vacías que se distribuían desde “Me disgusta muchísimo” a “Me gusta muchísimo” con una opción intermedia “Me es indiferente” (ver anexo 2). Los participantes marcaron con una cruz la casilla que consideraban según cada muestra. Estos puntajes fueron procesados con su valor numérico, entre 1 y 9 inclusive. El puntaje promedio de cada muestra se grafica a continuación:

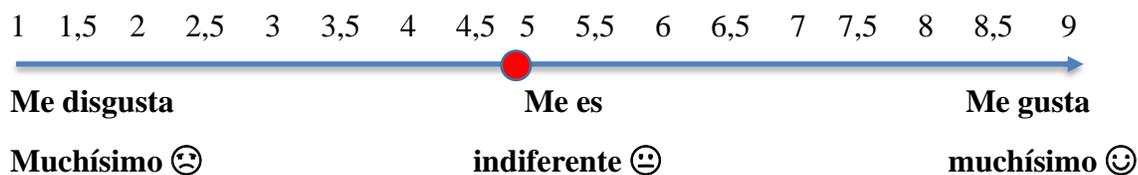
PC (Prueba control): 5,6



● **PB (15% de topinambur): 5,4**



- **PA (30% de topinambur): 4,9**



Los promedios de aceptabilidad global para los diferentes panes fueron similares en todos los casos, no presentando diferencias significativas en los puntajes asignados. Las respuestas medias presentaron tendencia hacia la neutralidad con lo cual la aceptabilidad global resulto a “me es indiferente”. Debido a que por lo general los consumidores tienden a puntuar en el centro, por tal motivo es que se cuentan con los descriptores de la pregunta CATA para poder discriminar los motivos sensoriales y no sensoriales de la aceptabilidad (Jaeger y col., 2018). Por lo tanto el complemento de la pregunta CATA ha sido clave para analizar y evaluar la percepción de los consumidores para con las muestras.

d. Hábitos de consumo respecto a la panificación con masa madre y el topinambur

Luego de analizar cada muestra, el formulario de la encuesta incluía también 2 preguntas sobre los hábitos de consumo. La primera, consistía en saber si el participante tenía conocimiento sobre la panificación con masa madre y si había consumido alguna vez este tipo de panes. La segunda, preguntaba lo mismo sobre el topinambur. Ambas contenían una breve descripción de cada producto. Los resultados de estas preguntas se pueden apreciar en la Figura 7, donde el color azul representa el porcentaje afirmativo, y el rojo el negativo.

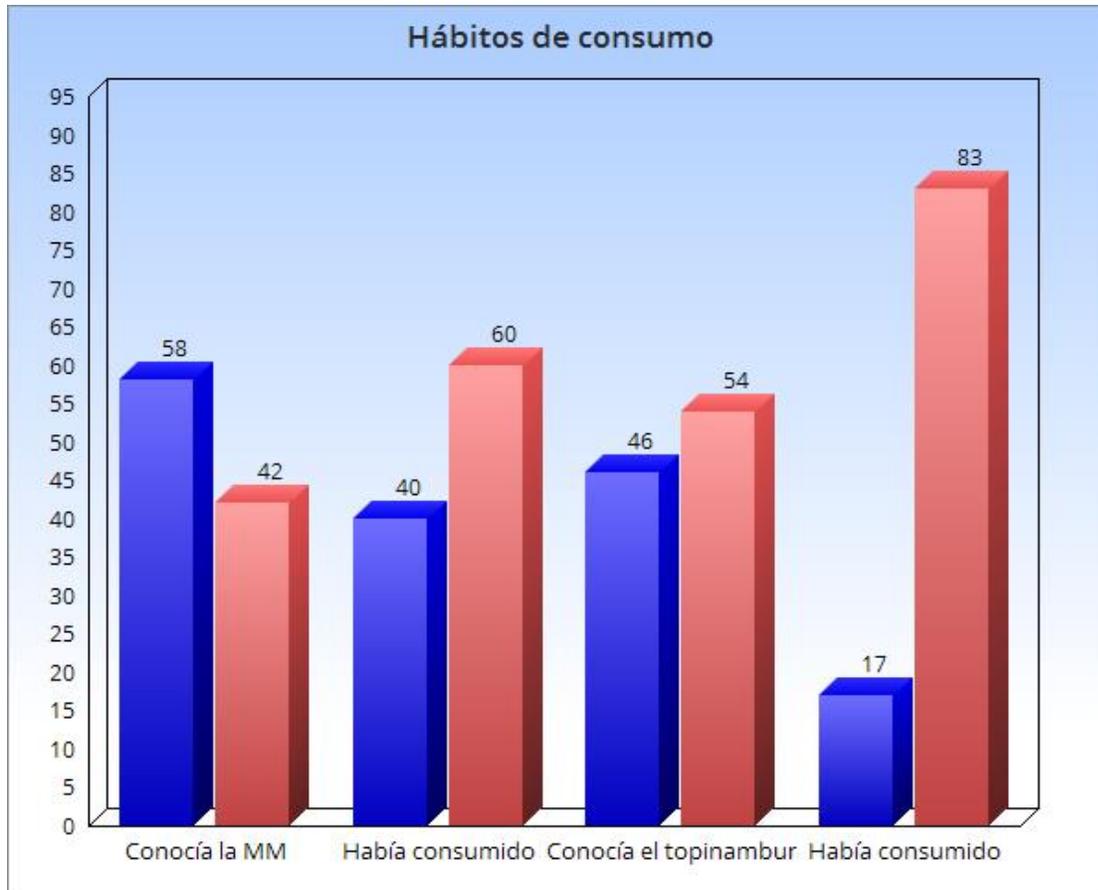


Figura 7: Resultados de hábitos de consumo de masa madre (MM) y topinambur

Si bien un amplio porcentaje de los consumidores conocía la masa madre, tan sólo el 40% de los mismos había consumido alguna vez este tipo de panes. En el caso del topinambur, gran parte lo había oído alguna vez pero tan solo el 17% había consumido y en su mayoría en el marco de otros análisis sensoriales y/o proyectos de investigación. Esto demuestra a su vez que el sabor particular del topinambur era casi totalmente desconocido e innovador para los consumidores.

e. Potenciales compradores

Por último se incluyó en la encuesta una pregunta sobre la intención de compra de los panes. En la Figura 8 se representan cuántos de los participantes estarían dispuestos a comprar alguna de las muestras. Los resultados muestran una clara intención de compra a pesar de los valores de aceptabilidad global promedio, el 78% de los participantes está dispuesto a comprar aunque sea uno de los panes.



Figura 8: Intención de compra de los panificados de masa madre

Dentro de los potenciales compradores se evaluó cuáles de las muestras estaban dispuestos a consumir. Los resultados se manifestaron de forma similar, siendo la muestra PA (con 30% de ingrediente seco de topinambur) levemente superior, con un 42% de los participantes dispuestos a comprarla.

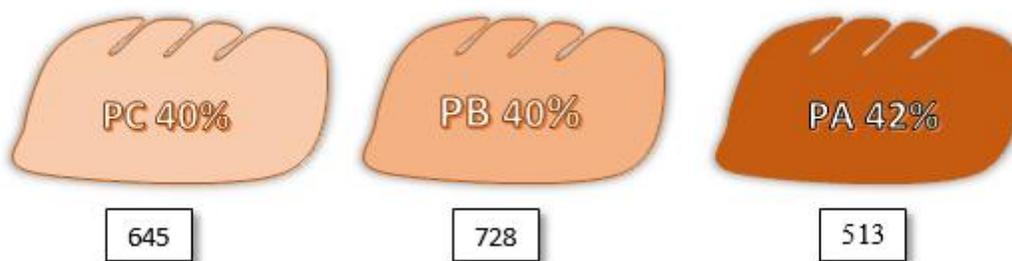


Figura 9: Intención de compra de los diferentes prototipos de panes de masa madre

f. Resultados pregunta CATA

Junto con la evaluación sobre la aceptabilidad global de cada pan se introdujo una pregunta donde se solicitaba al participante que marque todas las palabras que asociaba a la

muestra. A continuación la Tabla 9 muestra la frecuencia con que cada categoría fue marcada para cada una de las muestras.

Tabla 9: Tabla de frecuencias pregunta CATA

Categoría	645	728	513
Alcaucil	4	8	10
Girasol	11	19	26
Desagradable	4	12	13
Agridulce	15	12	14
Rico	21	24	21
Dulce	6	2	3
Crocante	5	2	3
Recuerdos	2	3	8
Pan casero	37	39	28
Salado	11	14	21
Me recuerda al campo	10	7	7
Topinambur	2	9	10
Amargo	26	31	41
Sabor raro	43	39	56
Saludable	17	19	17
Textura agradable	51	47	37
Ácido	36	32	20
Sabor que persiste	22	37	47
Tierra	10	20	25
Papa	11	8	12
Tostado	10	17	19
Picante	1	4	9

Textura desagradable	6	4	10
Otros	17	16	17

A su vez, se tomaron las categorías de mayor frecuencia para evaluar la relación entre esta asociación y el grado de aceptabilidad de cada una de las muestras, realizando un análisis de penalización. A continuación en las Figuras 10, 11 y 12 se puede apreciar la diferencia del puntaje promedio entre los participantes que marcaron la categoría correspondiente y los que no. En el caso de los positivos se entiende que la relación entre este término asociado y el puntaje que se le otorgó a la muestra es positiva.

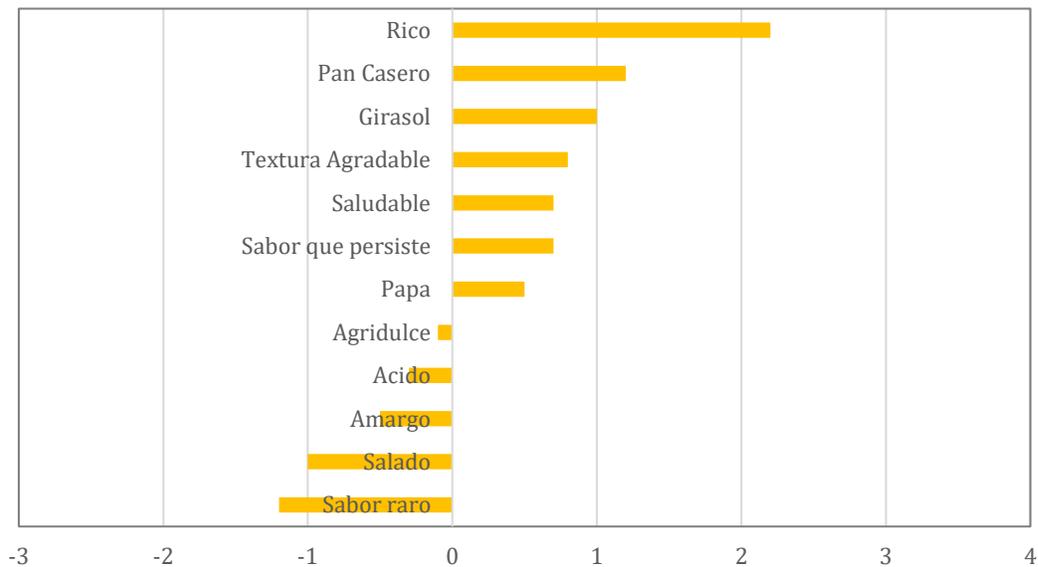


Figura 10: Análisis de penalización muestra PC

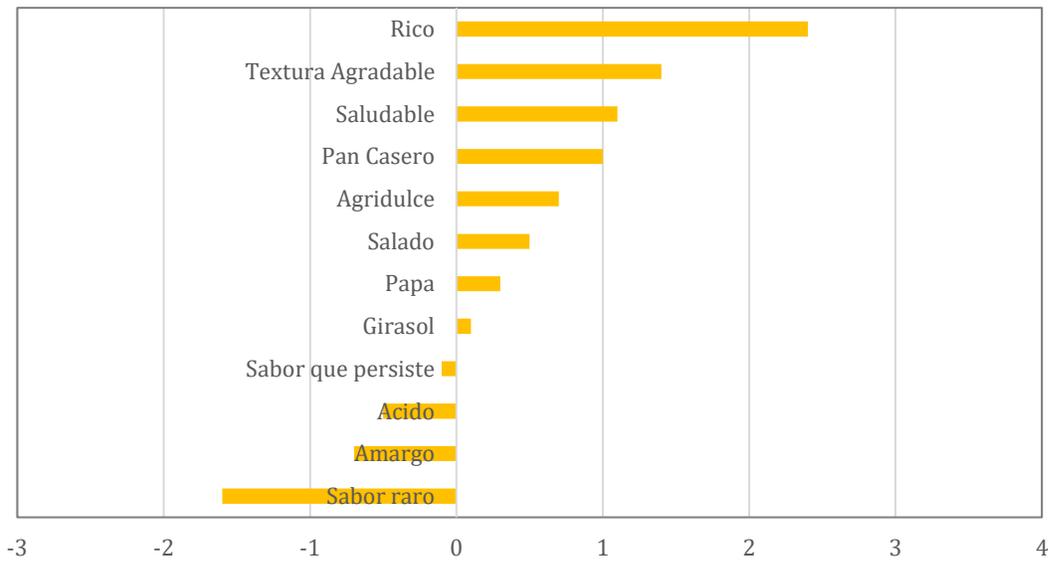


Figura 11: Análisis de penalización muestra PB

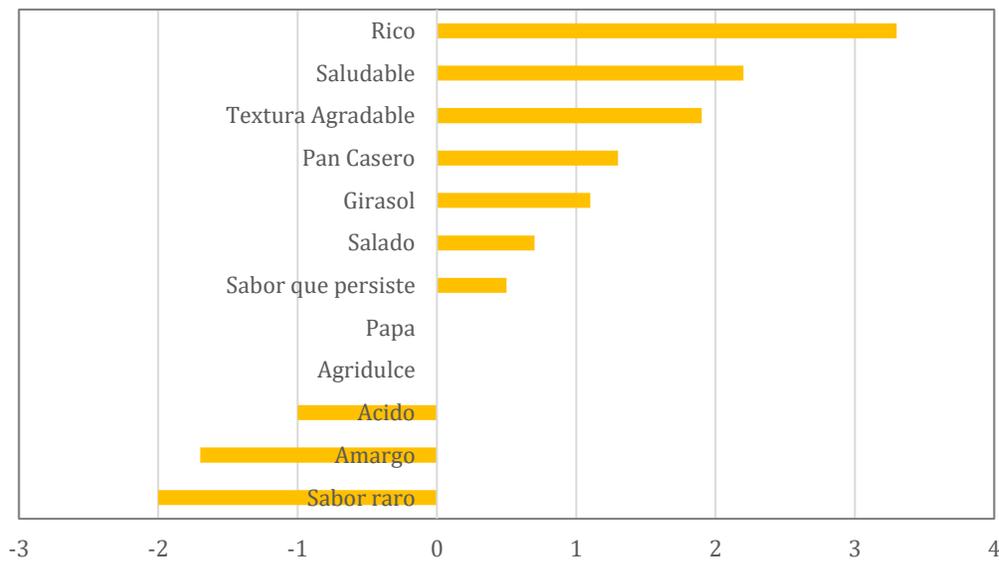


Figura 12: Análisis de penalización muestra PA

La categoría más seleccionada en las tres muestras fue “Rico” y tiene una relación positiva en todos los casos. Lo mismo sucedió con “Textura agradable”, “Pan Casero”, “Saludable” y “Girasol”. Los términos que se asocian a una percepción negativa son “Sabor raro”, “Amargo” y “Ácido”. Esta respuesta resultó dentro de lo esperable considerando que la acidez en el pan no es un fenómeno regular del mismo para el consumidor promedio, sólo

consumidores habituales de pan de masa madre pueden aceptar esta característica sensorial como un atributo positivo. En cuanto al “sabor raro” el mismo podría explicarse por el desconocimiento tan amplio del topinambur y la tendencia que existe en percibir de forma negativo lo nuevo para el paladar. Si bien un pequeño porcentaje había probado el topinambur alguna vez (17%) no es un alimento popular que se consume frecuentemente por lo que no es un sabor naturalizado para nuestra cultura. La mayor amplitud de rango del análisis de penalizaciones se da en el prototipo PA, dónde los atributos considerados negativos llegan a tener una diferencia de hasta 2 puntos para el caso de “Sabor raro”; mientras que el atributo hedónico “Rico” presentó un impacto positivo con una diferencia mayor a 3. El sabor “amargo” de las muestras PA podría ser un atributo a mejorar con facilidad para incrementar la aceptabilidad del pan y poder obtener puntajes mayores a 6 en cuanto a la calidad organoléptica del pan y aumentar su aceptabilidad global.

El vocablo “Salado” fue positivo en las muestras PA y PB, sin embargo, en el caso de PC, la palabra tuvo una relación negativa. Algo similar sucedió con “Sabor que persiste” que se asoció con un impacto positivo excepto el caso de PB, que fue negativo.

Por último, la categoría “Agridulce” es casi indiferente en PA y PC, aunque en PB se entiende como un aspecto positivo de la muestra.

V CONCLUSIONES

El objetivo fundamental de esta práctica profesional integradora fue desarrollar panificados mediante fermentación natural, reemplazando parte de la harina de trigo por ingrediente seco de topinambur, y así lograr un resultado final de mayor calidad nutricional. Dicho objetivo propuesto fue cumplido con éxito y fue posible desarrollar panes de masa madre con topinambur, ampliando la oferta de panificados existentes en la actualidad, donde este tipo de productos facilita la revalorización de volver a entender al pan en sí mismo como un alimento real.

El aumento del ingrediente seco a base de topinambur incrementó la calidad nutricional del pan aportando funcionalidad sin detrimento muy marcado en las características organolépticas en cuanto al pan control. Entre los atributos resultantes de esta panificación y los aportados por el topinambur se ha generado un producto muy aromático, con miga suave y buena corteza. Un producto de aceptabilidad similar al control que tiene potencial en el mercado, por una clara intención de compra.

Respecto al color de los panes obtenidos se puede concluir que el aumento de ingrediente seco de topinambur influyó en menor medida sobre el color de la miga y en mayor medida sobre la corteza oscureciendo la misma, hacia un tono amarronado más intenso. El resultado final da un color atractivo que se relaciona con lo saludable y lo integral, resaltando los aspectos nutricionales que caracterizan a este tipo de panes.

Del análisis de penalización se obtuvo que mejorando el amargor en el caso de PA podría incrementarse la aceptabilidad global del producto. Se concluye que es necesario seguir en la mejora de los prototipos para la búsqueda de mayor aceptabilidad, pero que cualquiera de los dos panes con dos niveles de ingrediente de topinambur podría continuar en proceso de mejora para poder ser lanzado al mercado con leyenda con fibra soluble para el caso de PB, y otro con muy rico en fibra soluble para el caso de PA, dirigidos ambos productos para un nicho de mercado que valore los productos naturales y funcionales.

Con el presente estudio se arriba a la conclusión final que el pan con agregado de topinambur y obtenido con fermentación natural no sólo presentó características sensoriales y nutricionales destacables sino que pudo ser mayoritariamente descripto por los consumidores como rico, satisfaciendo el deseo de comer en forma saludable, rememorando conexiones del



alimento con lo natural, sin dejar de lado la importancia del goce a la hora de nutrir. Las técnicas de percepción del consumidor aplicadas en el presente estudio permitieron visualizar que este tipo de productos pueden ser revalorizados, donde el consumidor toma conciencia del alimento que consume y también de la forma que lo hace, que son aspectos psicológicos de mucha importancia en la gastronomía donde la satisfacción debe estar garantizada para poder retroalimentar la mejora del producto.

VI BIBLIOGRAFÍA

Adams, J., Williams, A., Lancaster, B., & Foley, M. (2007). Advantages and uses of check-all-that apply response compared to traditional scaling of attributes for salty snacks. In 7th Pangborn Sensory Science Symposium. Minneapolis, USA, 12-16 August 2007.

Alfara del Patriarca –Valencia - C.J. Bernabé Marqués, M. L. Llin Albiñana, C. Pérez Lacueva – 2007, La masa madre: el secreto del pan, Investigación y Desarrollo Panadero

Ares, G., Varela, P., Rado, G., & Giménez, A. (2011c). Identifying ideal products using three different consumer profiling methodologies. Comparison with external preference mapping. *Food Quality and Preference*, 22, 581-591.

Bauer, H.A. & Laso, R.H. El cultivo del topinambur (*Helianthus tuberosus* L.). Información técnica número 58, INTA, EEA Manfredi, 1974.

Boddy, C. (2005). Projective techniques in market research: Valueless subjectivity or insightful reality. *International Journal of Market Research*, 47(3), 239–254.

Bruzzone, F., Ares, G., & Giménez, A. (2012). Consumers' texture perception of milk desserts. II - comparison with trained assessors' data. *Journal of Texture Studies*, 43, 214-226.

Comparing different methods and approaches. *Food Quality and Preference*, 18, 729-740. Varela, P., & Ares, G. (2012). Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. *Food Research International*, 48, 893-908.

Costa, A.I.A., & Jongen, W.M.F. (2006). New insights into consumer-led food product development. *Trends in Food Science & Technology*, 17, 457-465.

Donoghue, S. (2000). Projective techniques in consumer research. *Journal of Family Ecology and Consumer Sciences*, 28, 47–53.

Eguía, María Eugenia, 2014, Topinambur Una especie con grandes cualidades como alimento funcional – Universidad FASTA, Facultad de Ciencias Médicas, Licenciatura en Nutrición

Franceschinis, Lorena; Sette, Paula; Salvatori, Daniela and Schebor, Carolina. (2018). Valorization of postharvest discard of sweet cherry for the development of dehydrated fruit ingredients: compositional, physical and mechanical properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. ISSN: 0022-5142 - e-ISSN: 1097-0010. DOI 10.1002/jsfa.9089

Graciela Grossi, 2017, Obtención de panes con proteínas de alto valor biológico y harina de garbanzo, Licenciatura en Tecnología de los Alimentos Facultad de Ciencias y Tecnología de los Alimentos Universidad Nacional del Comahue

Husson, F., Le Dien, S., & Pagés, J. (2001). Which value can be granted to sensory profiles given by consumers? Methodology and results. *Food Quality and Preference*, 12, 291-296.

Jirayucharoensak, R., Khuenpet, K., Jittanit, W., Sirisansaneeyakul, S. (2019). Physical and chemical properties of powder produced from spray drying of inulin component extracted from Jerusalem artichoke tuber powder. *Drying Technology*, 37 (10), 1215–1227.

L Franceschinis, S Diez, AF Rocha Parra, D Salvatori – 2019, Propiedades físicas de ingredientes deshidratados a base de tubérculos de topinambur, AAIQ - X Congreso Argentino de Ingeniería Química CAIQ

Lesaffre, 2009, El sabor del pan: Del Arte y de la Ciencia – Lesaffre, Especificaciones Técnicas

Meijer, W. J. M. and Mathijssen, E. W. J. M. Potential production of inulin by chicory and Jerusalem artichoke, in *Inulin and Inulin-containing Crops*, Fuchs, A., Ed., Elsevier, Amsterdam, 1992.

Moskowitz, H., & Hartmann, J. (2008). Consumer research: creating a solid base for innovative strategies Howard. *Trends in Food Science & Technology*, 19, 581-589.

Parente, M.E., Ares, G., & Manzoni, A.V. (2010). Application of two consumer profiling techniques to cosmetic emulsions. *Journal of Sensory Studies*, 25, 685-705.

Parente, M.E., Ares, G., & Manzoni, A.V. (2010). Application of two consumer profiling techniques to cosmetic emulsions. *Journal of Sensory Studies*, 25, 685-705.

Plaehn, D. (2012). CATA penalty/reward. *Food Quality and Preference*, 24, 141-152

Popper, R., Rosenstock, W., Schraidt, M., & Kroll, B.J. (2004). The effect of attribute questions on overall liking ratings. *Food Quality and Preference*, 15, 853-858

Rebora, C., 2008b, Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.): usos, cultivo y potencialidad en la región de Cuyo

Rébora, Cecilia, 2008a Caracterización del germoplasma de topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) por aptitud agronómica e industrial, en: <http://bdigital.uncu.edu.ar/2980>

Romina Paola Lancetti, 2017, Desarrollo de masas madre y evaluación de propiedades reológicas y tecnológicas de panificados – Universidad nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas,



Físicas y Naturales, Ciencias Biológicas, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos Córdoba (ICYTAC)

Stewart-Knox, B., & Mitchell, P. (2003). What separates the winners from the losers in new food Product development?. *Trends in Food Science & Technology*, 14, 58-64

Tessaro Silvina Elisa, 2014, Tesis de grado para la obtención del título de en bromatología: Alimento con alto contenido de fructanos: puré de topinambur (*Helianthus tuberosus L.*) - Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo

van Kleef, E., van Trijp, H.C.M., & Luning, P. (2006). Internal versus external preference analysis: An exploratory study on end-user evaluation. *Food Quality and Preference*, 17, 387-399.

Worch, T., Dooley, L., Meullenet, J.F., & Punter, P. (2010b). Comparison of PLS dummy variables and Fishbone method to determine optimal product characteristics from ideal profiles. *Food Quality and Preference*, 21, 1077-1087.

Worch, T., Lê, S., Punter, P., & Pagés, J. (2012c). Extension of the consistency of the data obtained with the Ideal Profile Method: Would the ideal products be more liked than the tested products?. *Food Quality and Preference*, 26, 74-80.



Anexo A. Planilla análisis de percepción libre

Encuesta de percepción del consumidor: Panes de masa madre con topinambur

Usted ha recibido una muestra de pan de masa madre que contiene harina integral de trigo y topinambur. Escriba por favor las primeras 4 o 5 palabras, asociaciones, emociones que vienen a su mente cuando consume este pan.

.....
.....
.....
.....

Anexo B. Planilla análisis sensorial

Análisis sensorial de panes de masa madre con agregado de topinambur

Género: _____

Edad: _____

INSTRUCCIONES:

- Ud. recibirá 3 muestras de **panes de masa madre con agregado de topinambur**
- Por favor pruebe la primera muestra empezando por la izquierda y responda a las preguntas utilizando las escalas que se presentan.
- Tome un poco de agua y continúe con las siguientes muestras.

Muestra N° _____ ¿Cuánto le gusta este pan?

Me disgusta **Me es** **Me gusta**
Muchísimo ☹ **indiferente ☹** **muchísimo ☺**

Marque todas las palabras que considere que se aplican a este pan:

- | | | |
|---------------------------------------|---|---|
| <input type="checkbox"/> Alcaucil | <input type="checkbox"/> Pan casero | <input type="checkbox"/> Ácido |
| <input type="checkbox"/> Girasol | <input type="checkbox"/> Salado | <input type="checkbox"/> Sabor que persiste |
| <input type="checkbox"/> Desagradable | <input type="checkbox"/> Me recuerda al campo | <input type="checkbox"/> Tierra |
| <input type="checkbox"/> Agridulce | <input type="checkbox"/> Topinambur | <input type="checkbox"/> Papa |
| <input type="checkbox"/> Rico | <input type="checkbox"/> Amargo | <input type="checkbox"/> Tostado |
| <input type="checkbox"/> Dulce | <input type="checkbox"/> Sabor raro | <input type="checkbox"/> Picante |
| <input type="checkbox"/> Crocante | <input type="checkbox"/> Saludable | <input type="checkbox"/> Textura desagradable |
| <input type="checkbox"/> Recuerdos | <input type="checkbox"/> Textura agradable | <input type="checkbox"/> Otros |

Especifique Otros:

Muestra N° _____ ¿Cuánto le gusta este pan?

Me disgusta **Me es** **Me gusta**
Muchísimo ☹️ **indiferente ☹️** **muchísimo 😊**

Marque todas las palabras que considere que se aplican a este pan:

- | | | |
|---------------------------------------|---|---|
| <input type="checkbox"/> Alcaucil | <input type="checkbox"/> Pan casero | <input type="checkbox"/> Ácido |
| <input type="checkbox"/> Girasol | <input type="checkbox"/> Salado | <input type="checkbox"/> Sabor que persiste |
| <input type="checkbox"/> Desagradable | <input type="checkbox"/> Me recuerda al campo | <input type="checkbox"/> Tierra |
| <input type="checkbox"/> Agridulce | <input type="checkbox"/> Topinambur | <input type="checkbox"/> Papa |
| <input type="checkbox"/> Rico | <input type="checkbox"/> Amargo | <input type="checkbox"/> Tostado |
| <input type="checkbox"/> Dulce | <input type="checkbox"/> Sabor raro | <input type="checkbox"/> Picante |
| <input type="checkbox"/> Crocante | <input type="checkbox"/> Saludable | <input type="checkbox"/> Textura desagradable |
| <input type="checkbox"/> Recuerdos | <input type="checkbox"/> Textura agradable | <input type="checkbox"/> Otros |

Especifique Otros:

Muestra N° _____ ¿Cuánto le gusta este pan?

Me disgusta **Me es** **Me gusta**
Muchísimo ☹️ **indiferente ☹️** **muchísimo 😊**

Marque todas las palabras que considere que se aplican a este pan:

- | | | |
|---------------------------------------|---|---|
| <input type="checkbox"/> Alcaucil | <input type="checkbox"/> Pan casero | <input type="checkbox"/> Ácido |
| <input type="checkbox"/> Girasol | <input type="checkbox"/> Salado | <input type="checkbox"/> Sabor que persiste |
| <input type="checkbox"/> Desagradable | <input type="checkbox"/> Me recuerda al campo | <input type="checkbox"/> Tierra |
| <input type="checkbox"/> Agridulce | <input type="checkbox"/> Topinambur | <input type="checkbox"/> Papa |
| <input type="checkbox"/> Rico | <input type="checkbox"/> Amargo | <input type="checkbox"/> Tostado |
| <input type="checkbox"/> Dulce | <input type="checkbox"/> Sabor raro | <input type="checkbox"/> Picante |
| <input type="checkbox"/> Crocante | <input type="checkbox"/> Saludable | <input type="checkbox"/> Textura desagradable |
| <input type="checkbox"/> Recuerdos | <input type="checkbox"/> Textura agradable | <input type="checkbox"/> Otros |

Especifique Otros:

HÁBITOS DE CONSUMO:

- El pan de masa madre consiste en una masa fermentada con levaduras salvajes y bacterias naturales que generan resultados de alta calidad. ¿Conocía Ud. este tipo de panificaciones? ¿Había consumido alguna vez?

- El topinambur es un tubérculo poco conocido en nuestro país que cuenta con muchos beneficios nutricionales. ¿Conocía Ud. este alimento? ¿Había consumido alguna vez?

- ¿Compraría alguna de estas muestras? ¿Cuáles? Indique la/s clave/s de la/s muestra/s. _____