Rev. Cienc. Tecnol.
Año 16 / Nº 21 / 2014 / 33–39

Efecto del almacenamiento congelado sobre panificado de fécula de mandioca: propiedades físicas, texturales y sensoriales

Effect of frozen storage on bread of cassava starch: Physical textural and sensory properties

Laura B. Milde[1,*], Fernando A. Cabral[1], Romina Ramírez[2]

1- Módulo de Farmacia y Bioquímica, Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones, Av. Mariano Moreno Nº 1375, Posadas, Misiones, Argentina.
2- Becaria del programa del Comité Ejecutivo de Desarrollo e Innovación Tecnológica (CEDIT).
* E-mail: lauramilde@hotmail.com

Resumen

Los panificados tienen una vida media relativamente corta. Se evaluó la posibilidad de utilizar almacenamiento congelado a -20 ºC en panificados para celíacos formulados con fécula de mandioca, harina de maíz y aditivos naturales (grasa, huevo, harina de soja), durante 28 días. Se analizaron parámetros físicos y texturales cada 7 días, con pan elaborado en el día como control. Se observó diferencia significativa del volumen específico de los congelados con respecto al fresco, no así a diferentes tiempos de congelación; no hubo diferencias para el porcentaje de pérdida de peso. En el color hubieron diferencias con el proceso como con el tiempo de almacenamiento para la corteza y para los parámetros L* y b* de la miga. Excepto la elasticidad, los demás parámetros texturales se vieron afectados por el almacenamiento congelado. La aceptación fue elevada incluso hasta el día 28. En general, el tratamiento influyó sobre la masa libre de gluten analizada, no así el tiempo de almacenamiento congelado.

Palabras clave: Pan libre de gluten; Almacenamiento congelado; Fécula de mandioca; Propiedades de panificados; Celíacos.

Abstract

Bakery products have shorter shelf-life. The possibility of using frozen storage at -20 °C in bread for celiac with cassava starch, corn flour and natural additives (fat, egg, soy flour), for 28 days was evaluated. Physical and textural parameters were analyzed every seven days, with day fresh bread as control. A significant difference of specific volume of frozen bread compared to fresh and not frozen was observed, but not in relation to different freezing times; there was no difference in relation to the percentage of weight loss. In relation to color, there were differences both in color and storage time for the crust and the L* and b*parameters of the crumb. With the exception of elasticity, the other textural parameters were affected by freezing. Acceptance was high even to day 28. In general, freezing influenced gluten-free mass analyzed, but not storage time.

Keywords: Gluten-free bread; Frozen storage; Cassava starch; Bakery properties; Celiac.

Introducción

La posibilidad de elegir los alimentos a consumir y distribuirlos en las diferentes comidas del día es propia de cada individuo; pero no todos pueden hacerlo libremente, debido a que sufren reacciones adversas a determinados alimentos, como es el caso de los enfermos celíacos. La enfermedad celíaca es la intolerancia total y permanente al gluten que produce la atrofia de las vellosidades del intestino delgado; la eliminación del gluten de la dieta, de por vida, es el único tratamiento. Estudios poblacionales realizados en Argentina en el año 2001 indicaron una prevalencia de enfermos celíacos de 1:167, lo que incrementó la demanda de productos alimenticios libres de gluten [1].

El gluten es la principal proteína en la estructura de formación de la harina, necesaria para producir pan de buena

calidad [2], lo que convierte al trigo (cereal con mayor contenido de gluten) en el elegido para la panificación. En la elaboración de masas para celíacos, se lo reemplaza con mezclas de harinas: de arroz, de soja, de maíz, de quinoa, entre otras. En la actualidad en el mercado, se encuentran disponibles panes sin gluten, en general, de una calidad inferior a los elaborados con harina de trigo, dado que exhiben desmoronamiento de la miga y son pobres en sabor [2]; [3]. El almidón de mandioca es una opción adecuada para la preparación de panes sin gluten [4].

La eliminación del gluten en productos de panadería refleja una disminución en la calidad del pan, es por eso que se debe compensar la falta de sus propiedades mediante el agregado de emulsionantes, aditivos, enzimas, etc. [5]; o bien, se pueden añadir proteínas de diferentes fuentes naturales como la soja, albúmina de huevo, y productos lácteos, con el fin de superar en parte, los problemas asociados a la falta de viscoelasticidad. Por ejemplo, la harina de soja utilizada en la formulación del presente trabajo es una buena contraparte para los cereales, pero hay que destacar que según Sánchez; Osella y de la Torre [6], altos niveles de harina de soja pueden conducir a una disminución en el volumen específico y de las propiedades sensoriales del pan.

Las alteraciones que se destacan durante el almacenamiento son: cambios en el sabor, aroma y pérdida de crujibilidad de la corteza por efectos tales como el enzimático y las reacciones de crecimiento microbiano o de hongos [7], lo que lleva a pérdidas económicas tanto para el fabricante como para el consumidor. Entre los métodos tradicionales que se utilizan para extender la vida útil de los productos alimenticios durante largos períodos de tiempo, el almacenamiento congelado es el único método que permite obtener un producto con características similares a las de un fresco en una amplia variedad de productos alimenticios [7]; [8]; [9]. Por esta razón, el mercado de productos de panadería provenientes de masas congeladas está creciendo rápidamente y ha sido estudiado y aplicado en varios países; pero se debe tener en cuenta que la masa de los mismos está influenciada por diferentes factores, como ser: la formulación (tipo de levadura, tipo de harina, otros aditivos) [8]; así como los parámetros de procesamiento (el mezclado de la masa, el tiempo de levado) [10], la velocidad de congelación, la temperatura de almacenamiento, el tiempo de almacenamiento [11], y el método de descongelación [12]. El mayor desafío para la producción de panes provenientes de masas congeladas es mantener la viabilidad celular, y la potencia de la producción de dióxido de carbono de la levadura congelada, debido a que es uno de los ingredientes más importantes en la producción de masa congelada [3].

Para evaluar las características del producto final se pueden realizar pruebas cuantitativas, como volumen específico, absorción de agua o porcentaje de pérdida de peso; distintos parámetros de textura de los panes, como firmeza y elasticidad de la miga [13], y pruebas cualitativas o sensoriales [14]. La percepción de los consumidores de la calidad sensorial de un producto es determinante en la elección de cualquier alimento.

Se encontró escasa información acerca del efecto de la congelación o del tiempo de almacenamiento a temperaturas bajo cero de panes libres de gluten.

El presente trabajo tuvo como objetivo analizar si una masa de panificado elaborada con fécula de mandioca y harina de maíz, utilizando levadura fresca con textura de pasta comprimida, es capaz de resistir un determinado período de almacenamiento congelado sin perder sus propiedades físicas, mecánicas y sensoriales.

Materiales y métodos

Las materias primas utilizadas fueron: fécula de mandioca (Santa Ana, Misiones, Argentina) y harina de maíz (Indelma, Santa Fe) en una proporción (80:20), 1,4% de sal (Celusal, Tucumán), 5% de azúcar (Ledesma, Jujuy), 5% de levadura fresca comprimida (Calsa, Buenos Aires); como aditivos, se incorporaron: 6% de grasa vegetal (Danica, Buenos Aires), huevo (1 unidad) y 10% de harina de soja (Instituto, Misiones). Se agregó una cantidad de agua suficiente para obtener una masa homogénea (58%). El porcentaje de los ingredientes es expresado como g/100g de la mezcla fécula de mandioca-harina de maíz.

La preparación de las masas y manufactura se realizó mediante un procedimiento ya optimizado por Milde, Ramallo y Puppo[4]. Se distribuyeron las masas en cuatro moldes rectangulares, de acero inoxidable (22x9x6 cm), colocando 350g en cada uno; uno de los moldes correspondería al día 7 de almacenamiento, otro al día 14, otro al día 21 y el último al día 28 (se repitió el mismo procedimiento durante 6 meses). Se procedió al levado de las masas durante 20 minutos sobre horno caliente a 35 ºC; se pesó y posteriormente se congeló en freezer (Gafa, modelo 500, Argentina) a -20 ºC, envueltos en papel film y codificados. En ese periodo, el freezer fue utilizado exclusivamente para este estudio. Si bien no se registró su temperatura a lo largo de todo el almacenamiento, se controló dicho valor mediante un termómetro cada vez que se colocaban masas a congelar.

Finalizado el tiempo de almacenamiento congelado correspondiente, se realizó el descongelamiento lento de las masas colocándolas 10 horas en heladera (Patrick 360, Argentina) a 4 ºC y 6 horas sobre mesada a temperatura ambiente. Se efectuó la cocción (Cocina Whirlpool, ACH505-2, Brasil) a 240 ºC durante 30 minutos.

Se procedió a la elaboración y cocción de una masa que se utilizó como pan control (fresco).

Los análisis de los productos finales se llevaron a cabo a la hora de la cocción; para la evaluación de los parámetros físicos y mecánicos se trabajó con seis repeticiones.

Análisis de parámetros físicos

Volumen específico: representa la relación entre el volumen y el peso del pan una vez enfriado. El volumen de los panes se midió por el método de desplazamiento de semillas de sésamo [15]; se utilizó un recipiente rectangular de (24x10x8) cm, una probeta graduada y una balanza digital (ATMA, BC7200, China).

Porcentaje de pérdida de peso (%PP): se determinó mediante la siguiente fórmula [16]:
%PP= [(Peso antes de hornear – Peso después de hornear)/ Peso antes de hornear] x 100.

Determinación de color: el color se evaluó en forma instrumental con el colorímetro Hunter Lab modelo D25A-9000, calibrado con patrones estándar (Y = 93.69, x = 0.89, y = 0.32). Se determinaron los parámetros: L (luminosidad), a* (parámetrode cromaticidad rojo-verde) y b* (parámetro de cromaticidad amarillo–azul) en la escala de Cielab.

A los efectos de lograr un dato representativo de cada parámetro, se realizaron 3 lecturas en distintos sectores tanto de la corteza como de la miga.

Análisis de parámetros mecánicos

Determinación de textura: se utilizó el analizador de textura (modelo TA.TX2i.plus, Stable Micro System, Inglaterra), provisto de una plataforma de aluminio (sobre la cual se colocó la muestra), y un plato de compresión de 75mm. La velocidad del test fue de 5mm/s, mientras que la velocidad pre-test fue de 1mm/s. Las muestras a evaluar se cortaron en medidas iguales de 6x6 cm, y se sometieron a ensayos de doble compresión (TPA), llevando la masa hasta un 50% de la altura del producto inicial. Los parámetros de textura: firmeza (N), elasticidad (%), cohesividad (%), gomosidad (N) y masticabilidad (N), se calcularon a partir de un gráfico de fuerza por distancia obtenido del software del analizador de textura.

Análisis sensorial

La evaluación sensorial se llevó a cabo a la hora de cocción de los panes que fueron elaborados para este procedimiento; se recurrió a pruebas afectivas- descriptivas y los atributos evaluados fueron: *apariencia* en 2 niveles: "compacto" y "esponjoso", *dureza* en 3 niveles: "muy duro", "firme" y "blando", *masticabilidad* en otras 3 categorías: "alta", "regular" y "baja" y *sabor* mediante escala hedónica de 5 puntos: "me gusta mucho", "me gusta", "no me gusta ni me desagrada", "me desagrada", "me desagrada mucho" [2]; [17]; [18]. Se realizó con 15 jueces con más de 7 años de experiencia en la catación de panes elaborados con fécula de mandioca, en un laboratorio del Módulo de Bioquímica y Farmacia de la FCEQyN. Para cada catador se colocó, un recipiente para enjuague bucal después de cada cata y se le entregó una planilla donde debían dar su informe sobre los parámetros de cada pan, con un apartado final para opinar sobre el producto.

Análisis estadístico

Las respuestas del tratamiento se evaluaron en los productos panificados cocidos a través de la medición de *parámetros físicos* (volumen específico, porcentaje de pérdida de peso y color) y *parámetros de textura* (firmeza, elasticidad, cohesividad, gomosidad y masticabilidad), mediante un análisis de varianza (ANOVA) por medio del software "Statgraphics plus 5.1" para establecer si existían diferencias significativas entre las muestras evaluadas, con un nivel de confianza del 95%. Los resultados del análisis sensorial se procesaron en una planilla de cálculo de Excel a fin de obtener el grado de aceptación de los productos. Los atributos se agruparon en dos categorías, aceptable y no aceptable. Como aceptable, para el atributo *apariencia* se consideró la característica "esponjoso", para *dureza* "blando" y "firme*"*, para *masticabilidad* "baja*"* y "regular"; para el *sabor* se agruparon las escalas "me gusta mucho", "me gusta", "no me gusta ni me desagrada", como positivas para la aceptación del producto.

Resultados y discusión

Parámetros Físicos

Se determinaron valores medios y desvíos estándares del volumen específico (V_e) de panes frescos y panes provenientes de las masas congeladas, almacenadas a diferentes tiempos, que se representan en la Figura 1.

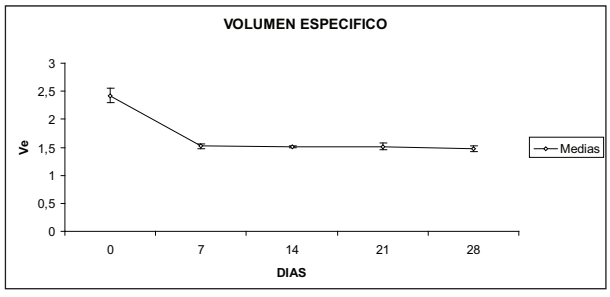

Figura 1: Valores medios y desvíos estándares del volumen específico de panes frescos y de panes de masas almacenadas congeladas durante 7, 14, 21 y 28 días.

Se observó una diferencia significativa ($p<0,05$) del volumen específico de las masas congeladas con respecto al fresco, no existiendo tal diferencia entre las masas congeladas almacenadas diferentes tiempos.

El volumen de la masa disminuyó comparando el fresco con los congelados, pero se mantuvo constante entre ellos, por lo tanto se evidencia que el proceso de congelación influye en el volumen específico, no así el tiempo de alma-

cenamiento congelado; similares resultados se observaron en trabajos realizados a partir de masas de panes elaboradas con harina de trigo; Carr y Tadini [8], almacenaron en congelación 28 días y obtuvieron una disminución del volumen especifico de los panes en el orden del 30%; mientras que Phimolsiripol y col. [19], obtuvieron un decrecimiento del 9% almacenando las masas hasta 112 días a diferentes rangos de temperatura. Mezaize y col. [20], almacenando durante 7 días masas libres de gluten obtuvieron un decrecimiento en el orden del 20% en el volumen específico de los panes.

La disminución del volumen específico indica un probable daño en los componentes de la masa, producido por la congelación. Es evidente que el proceso de congelación produjo cambios en la microestructura de la miga debido al crecimiento de los cristales de hielo, causando tanto pérdidas en la actividad de la levadura como la disminución de la capacidad de la red proteica de la masa para retener dióxido de carbono [7]; [9].

Se determinaron valores medios y desvíos estándares del porcentaje de pérdida de peso (% PP) de panes frescos y panes provenientes de las masas congeladas a diferentes tiempos, que se representan en la Figura 2.

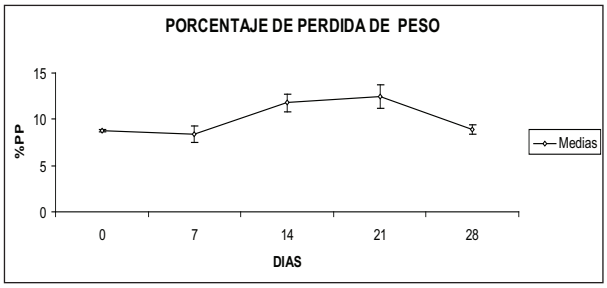

Figura 2: Valores medios y desvíos estándares del porcentaje de pérdida de peso de panes frescos y de panes de masas congeladas durante 7, 14, 21 y 28 días.

No se obtuvo una diferencia significativa entre fresco y congelados (p>0,05); sin embargo, los panes mostraron un comportamiento variable: no existió diferencia estadística para pan de masa almacenada durante 7 días con respecto a un fresco, pero sí en cambio se observó un incremento significativo luego de 14 y 21 días de almacenamiento, que retornó a valores iniciales a los 28 días. En cambio, otros autores [19], obtuvieron resultados diferentes ya que sus panes elaborados con harina de trigo sufrieron aumento en el porcentaje de pérdida de peso con el proceso de congelación y con el tiempo de almacenamiento.

La pérdida de peso de la masa, está íntimamente relacionada con los cambios que ocurren en la distribución del agua en la compleja matriz de la masa, lo cual podría resultar en cambios en el microambiente de la levadura, que llevarían a un daño celular reversible o irreversible [21]. *Simmons; Smith* y Vodovotz [17], indicaron que las proteínas de la soja podrían proveer cierta protección a las células de la levadura a temperaturas de congelación; así, la cantidad de agua libre sería menor, disminuyendo la evaporación, con lo cual tendríamos una menor pérdida de agua y por consiguiente menor pérdida de peso de la hogaza. En el presente estudio, a pesar de la tendencia a la pérdida de peso, la utilización de harina de soja probablemente favoreció a la formación de mayor cantidad de agua ligada a través del tiempo de almacenamiento, lo que contribuyó a que retorne a valores semejantes al fresco y al de masa almacenada 7 días.

Una de las variables que incide de forma considerable a la hora de elegir un producto, es el color; los resultados del análisis, realizados tanto en miga como en corteza de panes frescos y de aquellos provenientes de masas congeladas, se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1: Valores medios y desvíos estándar de parámetros de color de panes frescos y resultantes de masas almacenadas congeladas. Tiempos: 0, 7,14, 21 y 28 días.
L*: luminosidad, a*: rojo-verde, b*: amarillo-azul
Diferentes letras en la misma columna de cada parte del pan indican diferencia significativa (p<0,05).

	Días	L*	a*	b*
CORTEZA	0	65,42 ± 1,58^{a}	2,81 ± 0,73^{a}	28,8 ± 1,12^{a}
	7	69,27 ± 0,60^{b}	-4,63±0,85^{b}	24,74±0,46^{b}
	14	71,94 ± 1,23^{c}	-3,97±0,61^{bc}	26,39±0,69^{c}
	21	71,48±0,23^{c}	-2,94±0,80^{c}	23,75±1,09^{b}
	28	77,45±0,10^{d}	-3,63±0,60^{bc}	22,17±0,66^{d}
MIGA	0	66,16±0,34^{a}	-3,85±0,56^{a}	33,8±0,29^{a}
	7	70,69±0,63^{b}	-5,02±1,08^{a}	27,42±0,47^{b}
	14	72,47±0,45^{c}	-5,54±1,16^{a}	24,48±0,79^{c}
	21	68,91±0,11^{d}	-4,38±0,50^{a}	24,51±1,72^{c}
	28	69,12±0,55^{d}	-5,01±0,92^{a}	29,60±0,73^{d}

Los parámetros L* y b* presentaron diferencias estadísticamente significativa entre el fresco y los congelados, como también entre los congelados entre sí, tanto para la corteza como para la miga (p<0,05). El parámetro a* mostró diferencias entre la corteza del fresco y los congelados (p<0,05), no así entre los congelados (p>0,05). En la miga no se observó diferencia significativa (p>0,05) entre todas las muestras.

Como se presenta en la Tabla 1 se observó un aumento de los valores de L* con la congelación y con los días de almacenamiento; ambos factores influyeron también sobre b* cuyos valores a diferencia de L* disminuyeron en comparación al fresco. Mientras que los valores de a* para corteza y miga a pesar de haber disminuido en panes congelados, no mostraron diferencias significativas en el análisis estadístico. Estos resultados indicarían una influencia de la congelación sobre a* pero no del tiempo de almacenamiento en estado congelado.

Es decir que el almacenamiento provocó un aumento de la luminosidad del pan, así como una reducción en el enrojecimiento y la tonalidad amarilla del mismo.

Otros investigadores obtuvieron resultados similares trabajando con panes de trigo [22], y trigo enriquecido con diferentes ingredientes [23]. Majzoobi y col [22],

atribuyeron estos resultados a la formación de cristales de hielo en la superficie del pan, los cuales provocan la destrucción de algunos pigmentos responsables del color en el producto final.

Parámetros Mecánicos

En la Tabla 2 se observan los resultados de las mediciones de los parámetros texturales en panes de masas elaboradas y congeladas a diferentes tiempos, y del pan fresco.

Tabla 2: Parámetros texturales de panes elaborados a partir de masas almacenadas congeladas: firmeza (f), elasticidad (e), cohesividad (c), gomosidad (g) y masticabilidad (m); tiempos: fresco, 7, 14, 21 y 28 días.
* Valores medios y desviación estándar.
Diferentes letras en la misma columna indican diferencia significativa entre los datos ($p<0,05$).

Días	Parámetros Texturales				
	f (N)*	e%*	c %*	g (N)*	m (N)*
0	86.63 ± 9.7[a]	92.4 ± 1.27[a]	54.6 ± 1.70[a]	47.1 ± 3.13[a]	43.61 ± 3.4[a]
7	241.9 ± 24.7[b]	90.9 ± 0.07[a]	65.5 ± 0.57[b]	158.34 ± 14.8[b]	143.82 ±13.4[b]
14	244.9 ± 1.40[b]	90.8 ± 0.92[a]	58.3 ± 3.04[b]	142.66 ± 6.51[b]	129.40 ± 4.5[b]
21	237.5 ± 21.8[b]	90.7 ± 0.001[a]	62.6 ± 2.83[b]	148.50 ± 6.95[b]	134.70 ± 6.2[b]
28	252.8 ± 56.1[b]	89.6 ± 4.31[a]	50.2 ± 1.77[c]	127.34 ± 32.5[b]	114.74 ± 34.6[b]

La firmeza se vio afectada por el proceso de congelación; se observó una diferencia significativa ($p<0,05$) entre el pan fresco y los congelados, no así entre los congelados. La firmeza de la miga es causada por cambios en la estructura del almidón; una explicación para el aumento de la firmeza sería el crecimiento de los cristales de hielo durante el almacenamiento de la masa que daña la estructura [8]. Simmons; Smith y Vodovotz [17] que estudiaron pan con harina y leche de soja, llegaron a la conclusión de que la soja minimiza los cambios durante el congelado y conduce a cambios mínimos en la dureza al compararlo con pan elaborado con harina de trigo; sin embargo, Carr y Tadini [8] trabajando con panes de harina de trigo obtuvieron aumento en la firmeza recién a partir del día 21 de almacenamiento congelado. Gallagher y col [2], encontraron que la ausencia de gluten incrementa el movimiento del agua desde la miga hacia la corteza resultando una miga más firme en panes libres de gluten, aún sin el proceso de congelación. La elasticidad no fue significativamente influenciada por la temperatura y tiempos de almacenamiento congelado ($p>0,05$), probablemente debido a la formulación, donde las proteínas de la soja interactúan fuertemente con el agua al igual que el almidón, originando panificados más elásticos y posiblemente menos propensos a daños por congelación. Simmons; Smith y Vodovotz [17] compararon su formulación con panes de harina de trigo y llegaron a la conclusión que los frescos tenían elasticidad similar, mientras que hubo disminución significativa cuando se congelaron.

La cohesividad se vio afectada significativamente ($p<0,05$) por la congelación y por el tiempo de almacenamiento llegando incluso a valores menores que el fresco, a los 28 días. Un comportamiento similar pudo ser observado por Carr y col [8].

En los parámetros gomosidad y masticabilidad hubo diferencia significativa ($p<0,05$) entre el fresco y los congelados, no así entre los congelados, por lo tanto no se ven afectados por el tiempo de almacenamiento. Leray y col [24], estudiaron masas libres de gluten con el agregado de diferentes emulsionantes y no obtuvieron diferencias entre fresco y congelados en gomosidad y cohesividad, que recién aumentaron al día 28 de almacenamiento. Los panes elaborados con harina y leche de soja [17] no sufrieron cambios en la cohesividad y masticabilidad durante el tiempo de almacenamiento congelado.

De la comparación realizada con diferentes formulaciones se deduce la importancia de la formulación en las respuestas de cada parámetro de textura.

Análisis sensorial

Los resultados obtenidos de las pruebas afectivas- descriptivas utilizadas, se presentan en la Tabla 3, discriminando los cuatros atributos evaluados: *apariencia, dureza, masticabilidad y sabor.*

Tabla 3: Resultados del análisis sensorial de panes provenientes de masas almacenadas congeladas a diferentes tiempos: fresco, 7,14, 21 y 28 días.

Parámetros fresco		Tiempo de almacenamiento				
		7 días	14 días	21 días	28 días	
Apariencia	compacto	0	8	6	7	4
	esponjoso	15	7	9	8	11
Dureza	duro	0	4	7	4	2
	firme	6	8	4	10	8
	blando	9	3	4	1	5
Masticabilidad	alta	5	1	0	1	2
	regular	8	6	6	10	9
	baja	2	8	9	4	4
Sabor	me gusta mucho	3	0	0	0	0
	me gusta	8	7	4	6	8
	no me gusta ni me desagrada	4	5	10	9	7
	me desagrada	0	3	1	0	0
	me desagrada mucho	0	0	0	0	0

Con respecto a los frescos se obtuvo 100% de aceptación en la *apariencia*, *dureza y sabor* y 80% para la *masticabilidad.* En cuanto a los congelados, se observó una variación de los porcentajes en los días 7, 14 y 21 para los distintos atributos exceptuando *masticabilidad.* Se consideró como representativo el día 28, máximo tiempo de almacenamiento analizado en este trabajo, donde se obtuvo un alto porcentaje de aceptación, ya que en *apariencia* y

masticabilidad fue 73%, *dureza* 87% y *sabor* 100%. El *sabor*, parámetro que en interacción con el aroma compone el flavor, es el que más influencia tiene a la hora de elegir el producto, según Annett y col [25].

Cabe destacar que la firmeza se relaciona directamente con la dureza del pan, mientras que la elasticidad se asocia con la masticabilidad; lo que indica la importancia de los resultados que se obtienen en la evaluación sensorial ya que los consumidores son los que determinan la aceptación o no del producto. En la Figura 3 se observa la correlación obtenida entre la firmeza (instrumental) y *dureza* (sensorial) ponderando un único valor de dureza en una escala del 1 al 10, para cada tiempo, dándole un valor numérico arbitrario a cada nivel (duro = 10; firme = 6; blando = 3).

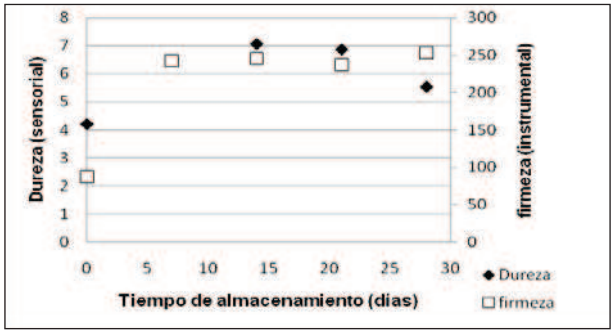

Figura 3: Correlación entre dureza (sensorial) y firmeza (instrumental) de panes frescos y provenientes de masas almacenadas congeladas durante 7, 14, 21 y 28 días.

Los resultados obtenidos para panes frescos son similares a otros panes libres de gluten cuya formulación incluyen harinas de arroz y aditivos sintéticos [2]; [26]. En el caso de los congelados, para los atributos de *apariencia*, *dureza* y *sabor*, la variación en los porcentajes de aceptación puede deberse a distintos factores, por una parte el tipo de harina y su interacción con los demás ingredientes y por otro lado el tipo de fermentación y de levadura utilizada [27]. Por último también el proceso de producción ejerce una influencia importante, según Gale y col [28]. *H*ay que destacar la *masticabilidad* de los panes ya que se mantiene prácticamente sin variaciones, a diferencia de otros con formulaciones a base de trigo [29].

Conclusión

Al evaluar los resultados obtenidos de los productos finales provenientes de masas congeladas libres de gluten, *elaboradas con fécula de mandioca y harina de maíz, utilizando levadura fresca con textura de pasta comprimida,* se comprobó que la mayoría de los parámetros físicos y mecánicos que definen la calidad del pan solo se vieron influenciados por el proceso de congelación, no así por el tiempo de almacenamiento congelado, con una elevada aceptación incluso luego de 28 días de almacenamiento.

Estos resultados permiten concluir que las masas analizadas son capaces de resistir un determinado período de almacenamiento congelado sin que se produzca un decrecimiento importante en la calidad del pan.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración técnica de Nuñez, Andrés Julio y Kachuk, Leonardo Lipe encargados del manejo del texturómetro del Laboratorio Central, a la Mgter. Hase, Sandra, a cargo del texturómetro y al Dr. Schmalko, Miguel Eduardo, a cargo del Laboratorio de Yerba Mate, donde se realizó el análisis de color, de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales (FCEQyN) de la Universidad Nacional de Misiones (UNaM).

Referencias

1. **Gómez, J.; Selvaggio, G.; Viola, M.; Pizarro, B.; La Motta, G.; de Barrios, S.; Catelleto, M.; Echeverria, R.; Sugai, E.; Vázquez, H.; Maurino, E.; Bay, J.** *Prevalence of celiac disease in Argentina: Sceening of adult population in the La Plata area.* Journal American Gastroenterology, 96(9), p. 2700-2704, 2001.
2. **Gallagher, E.; Gormley, T.R.; Arendt. E.K.,** *Crust and crumb characteristics of gluten free breads, Journal of Food Engineering*, 56(2), p. 153-161, 2003.
3. **Gutkoski, L. C.; Brehm, C. M.; Dos santos, E.; Mezzomo, N.** *Efeito de ingredientes na qualidade da massa de pão de forma congelada não fermentada durante o armazenament, Ciência e Tecnologia de los Alimentos*, 25(3), p. 460-467, 2005.
4. **Milde L.; Ramallo L.; Puppo M.** *Gluten Free Bread based on Tapioca Flour: Texture and Sensorial Properties, Food and Bioprocess Technology*. 5(3), p. 888- 896, 2012.
5. **Marco, C.; Rosell, C. M.** *Breadmaking performance of protein enriched gluten free breads*, Cereal Group, Institute of Agrochemistry and Food Technology, 227(4), p. 1-28, 2009.
6. **Sánchez, H.D.; Osella, C.A.; de la Torre M.A.** *Use of Response Surface Methodology to optimize gluten-free bread fortified with soy flour and dry milk*, Science Technology Int.10 (1), p. 5-9, 2004.
7. **Ribotta, P.D.; Tadini, C.C.; Gularte, M.A.; Collar, C.** *Alternativas tecnológicas para la elaboración y la conservación de productos panificados*, Editorial Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2009.
8. **Carr, L.G.; Tadini. C.C.** *Influence of yeast and vegetable shortening on physical and textural parameters of frozen part baked French bread*, Food Science and Technology, 36(6), p. 609-614, 2003.
9. **Bárcenas, M. E.; Rosell, C. M.** *Effect of frozen storage time on the bread crumb and aging of par-baked bread*, Food Chemistry, 95(3), p. 438-445, 2006.

10. **Rouillé, j.; Le Bail, A.; Courcoux, P.** *Influence of formulation and mixing conditions on breadmaking qualities of French frozen dough*, Journal of food engineering, 43(4), p. 197-203, 2000.
11. **Havet, M.; Mankai, M.; Le Bail, A.** *Influence of the freezing condition on the baking performances of French frozen dough*, Journal of Food Engineering, 45(3), p. 139-145, 2000.
12. **Phimolsiripol, Y.** *Shelf Life Determination of Frozen Bread Dough Stored under Fluctuating Temperature Conditions*, Kasetsart Journal (Natural Science), 43(1), p. 187-197, 2009.
13. **Toufeili, I.; Dagher, S.; Shadarevian, S.; Noureddine, A.; Sarakbi, M.; Farran, M.** *Formulation of gluten- free Pocket- type Flat Breads: Optimization of Methilcellulose*, Gum Arabic, Egg Albumen Levels by Response Surface Methodology. Cereal Chemistry, 71(6), p. 594-601, 1994.
14. **Osorio, S.H.** *Estudio Tecnológico de la utilización de harina de yuca en panificación*; Ingeniero Agro Industrial; Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Administración Ingeniería Agro Industrial, sede Palmira, 2004.
15. **Jiamyangyuen, S.; Srijesdaruk, V.; Harper, W.** *Extraction of rice bran protein concentrate and its application in bread*, Songklanakarin J. Sci. Technol. 27(1), p. 55-64, 2005.
16. **Da Mota Zanella, V.; Mireles Mendoza, C.; Camarena Aguilar E.; Bautista Justo, M.** *Efecto del uso de Masas Congeladas sobre las Características y Textura en pan Blanco*. Revista Salud Pública y Nutrición, 13, p. 456-465, 2005.
17. **Simmons, A, L.; Smith K. B.; Vodovotz Y.** *Soy ingredients stabilize bread dough during frozen storage*, Journal of Cereal Science, 56(2), p. 232-238, 2012. http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2012.05.007.
18. **Demirkesen, I.; Mert, B.; Sumnu, G.; Sahin, S.** *Rheological properties of gluten-free bread formulations*, Journal of food Engineering, 96(2), p. 295-303, 2010.
19. **Phimolsiripol,Y.; Siripatrawan, U.; Tulyathan, V.; Cleland, D.** *Effects of freezing and temperature fluctuations during frozen storage on frozen dough and bread quality*. Journal of Food Engineering, 84(1), p. 48-56, 2008.
20. **Mezaize, S.; Chevallier, S.; Le-Bail, A.; de Lamballerie, M.** *Gluten-free frozen dough: influence of freezing on dough rheological properties and bread quality*. Food Research International, 43(8), p. 2186-2192, 2010.
21. **Mazur, P.** *Mechanisms of injury in frozen-thawed cells cooled at suboptimal and supraoptimal rates*, Cryobiology, 13, p. 645, 1976.
22. **Majzoobi, M.; Farahnaky, A.; Agah, Sh.** *Properties and Shelf-life of Part-and Full-baked Flat Bread (Barbari) at Ambient and Frozen Storage*, Journal of Agricultural Science and Technology, 13, p. 1077-1090, 2011.
23. **Mandala, I.; Polaki, A.; Yanniotis, S.** *Influence of frozen storage on bread enriched with different ingredients,* Journal of Food Engineering, 92(2), p. 137-145, 2009.
24. **Leray, G.; Oliete, B.; Mezaize, S.; Chevallier, S.; Lamballerie, M.** *Effects of freezing and frozen storage conditions on the rheological properties of different formulations of non-yeasted wheat and gluten-free bread dough*, Journal of Food Engineering, 100(1), p. 70-76, 2010.
25. **Annet, L.E.; Muralidharan, V.; Boxall, P.C.; Cash S.B.; Wismer W.V.** *Influence of health and environmental information on hedonic evaluation of organic and conventional bread*, Journal of Food Science, 73(4), p. 50-55., 2008.
26. **Gallagher, E.; Kunkel, A.; Gormley, T.R.; Arendt, E.K.** *The effect of dairy and rice powder addition on loaf and crumb characteristics, and on shelf life (intermediate and long-term) of gluten-free breads stored in a modified atmosphere*, European Food Research and Technology, 218(1), p. 44-48, 2003.
27. **Chang, C.Y.; Seitz L.M.; Chambers, E.** *Volatile flavor components of breads made from red winter wheat and hard white winter bread,Cereal Chemistry*, 72 (3), p. 237-42, 1995.
28. **Gale, C.; Potus J.; Drapon, R.; Poiffait, A.; Bar, C.; Fischer J.; Giampaoli, P.** *La faveur de la míe du pain: influence de la varieté de blé et du mode de panification*. Science Alimentaire, 14(5), p. 643-53, 1994.
29. **Inoue, Y.; Bushuk, W.** *Studies on frozen doughs, Effects of frozen storage and freezing-thaw cycles on baking and rheological properties*, Cereal Chemistry, 68(6), p. 627-631, 1991.

Recibido: 07/02/2013
Aprobado: 28/05/2013