

Efecto de la sustitución de grasa de panificación por aceite con omega 3 y 6 en las propiedades físicas y sensoriales del pan dulce

Effect of the replacement of fat for oil with omega 3 and 6 in breadmaking and the physical and sensory properties of sweet bread

Roa Camargo, B.* , Hernández O. Mariela

*Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Departamento de Alimentos, Tecnología de Alimentos IV.
Universidad de Pamplona, Pamplona, Norte de Santander, Colombia.*

Recibido 11 de Septiembre 2009; aceptado 5 de Diciembre 2009

RESUMEN

Actualmente se observa en los consumidores una creciente tendencia a elegir los alimentos que se asocian con su salud y bienestar, por ende, surgió la necesidad de sustituir parcialmente la grasa del pan dulce por aceite de canola con omega 3,6, con el fin de mejorar las características funcionales del pan de dulce, ya que es un producto de consumo masivo en todo el mundo. En la elaboración del pan de dulce con omega 3,6 se utilizaron 3 formulaciones; en la primera se utilizó grasa comercial, en la segunda se sustituyó parcialmente la grasa por 50% de aceite, y en la tercera se sustituyó la grasa por aceite en un 100%, seguidamente se realizaron las operaciones unitarias como pesado, mezclado-amasado, cortado, fermentado y horneado, controlando en cada una de ellas sus variables de operación. Con el fin de obtener un producto de calidad, se realizaron análisis de pesaje y toma de dimensiones del producto en un tiempo de 0 y 3 días con el fin de determinar el volumen específico del mismo. Se realizaron pruebas sensoriales para determinar el efecto del aceite en las características organolépticas propias del pan dulce, posteriormente se realizaron pruebas físicas para determinar la capacidad de absorción de agua de la miga,

*Autor a quien debe dirigirse la correspondencia.
E-mail: brainer_04@hotmail.com

desmoronamiento del producto y pérdida de peso y volumen en un tiempo de almacenamiento de 3 días, obteniendo con mejores características sensoriales y físicas del producto que al que se le sustituyó parcialmente la grasa de panadería en 50% con aceite de canola con omega 3,6.

Palabras clave: *pan, evaluación sensorial, aceite, propiedades físicas.*

ABSTRACT

Currently, it is observed in the consumers a growing tendency to choose foods that are associated with their health and wellbeing therefore it became necessary to partially replace the fat of the sweet bread for canola oil with omega 3.6, in order to improve the functional characteristics of sweet bread since it is a product of mass consumption worldwide. In the preparation of sweet bread with the omega 3.6, three formulations were used: in the first one commercial grease was used, in the second one the fat was partially replaced by 50% of oil, and in the third one fat was replaced by 100% of oil: then unit operations were performed such as: weighing, mixing-kneading, cutting, fermented and baked, controlling on each of them their operating variables, in order to obtain a quality product, weighing analyzes and measuring dimensions were performed on the product in 0 and 3 days in order to determine the specific volume of it. Sensory tests were conducted to determine the effect of oil on the own organoleptic characteristics of the fresh bread, then physical tests were conducted to determine the water absorption capacity of the crumb, crumbling of the product and loss of weight and storage volume for 3 days, obtaining better physical and sensory characteristics of the product that partially replaced the fat for 50% of canola oil with omega3.6.

Keywords: *Bread, sensory evaluation, oil, physical properties.*

INTRODUCCIÓN

El pan es un alimento básico que, en sus múltiples presentaciones, es uno de los productos más ampliamente consumidos por la humanidad y se considera como uno de los alimentos procesados más antiguos. La abundancia de variedades de pan deriva de las propiedades únicas que presenta la harina de trigo para formar gluten en presencia de agua, dando como resultado una masa gomosa de excelentes cualidades reológicas de crucial importancia en la producción de pan y otros productos fermentados (P. Cauvain *et. al* 2002). La utilización de grasas panarias se ha visto cuestionada en cuanto a su aporte funcional al pan dulce; para contrarrestar la utilización de este tipo de grasa se ha optado por la utilización de aceites con ácidos grasos poliinsaturados, esenciales para el ser humano, especialmente aquellos que tienen dobles enlaces en las posiciones omega-6 y omega-3 (FAO 1994, Lutz 1998). La utilización de aceites con omega 3, 6 son de gran importancia para la salud de los consumidores, ya que están constituidos por ácidos grasos poliinsaturados esenciales, es decir aquellos que el hombre no puede sintetizar como el ácido linolénico (C18:2 n-6) y el alfa-linolénico (C18:3 n-3) que juegan un papel especial en ciertas estructuras, principalmente el sistema nervioso y cardiovascular. Industrialmente los aceites se utilizan como vehículos de muchos de los componentes de los alimentos que le confieren sabor, olor y textura, contribuyendo a la palatabilidad de productos de panificación y, por tanto, aceptación del mismo por parte de los consumidores (Kelloggs. 2008). Los ácidos omega 3, 6 tienen limitada su utilización en productos alimenticios, pues son susceptibles a procesos oxidativos y, por ende, se ven afectadas las características organolépticas y nutritivas que presentan este tipo de ácidos grasos.

La producción de pan dulce con adición de omega 3,6 surgió de la necesidad de ofrecer a los consumidores un alimento funcional, sin que se vieran alteradas las características sensoriales propias de este producto. Este tipo de inclusiones ya se han realizado en bebidas lácteas, en la que evalúan el efecto de la adición de aceite de hígado de tiburón microencapsulado en dos porcentajes 6,25%, utilizando aromas y sabores para enmascarar el sabor residual del aceite, obteniendo como resultado una bebida láctea con gran aporte de omega 3,6 y buenas cualidades sensoriales (Rodríguez *et al.* 2010). También se han realizado estudios para la inclusión de este tipo de aceites a través de una mezcla de estearina de palma y aceite de canola, analizando el efecto en las características reológicas de la masa de trigo y las características sensoriales del pan a través de métodos instrumentales utilizando una serie de formulaciones: 100% grasa comercial, 50% estearina, 50% aceite de canola y 100% estearina de palma, obteniéndose mejores resultados con la mezcla de estearina de palma y aceite de canola 50:50, presentando propiedades físicas que la hacen adecuada para su uso en algunos productos de panificación. La mezcla estearina-canola proporcionó propiedades reológicas a la masa similares a las de la masa elaborada con manteca comercial, confiriéndole una estabilidad adecuada al mezclado y una reducción a la fuerza de deformación. Por lo tanto, dicha mezcla representa una alternativa viable para la elaboración de productos de panificación (Pavlovich *et al.* 2009).

Una de las dificultades presentadas por la incorporación de ácidos grasos altamente insaturados como el EPA Y el DHA, en productos de panificación, se presenta debido a

que estos ácidos grasos son compuestos muy reactivos al oxígeno, por lo que se oxidan fácilmente, perdiendo sus propiedades saludables, al mismo tiempo que modifican sus propiedades organolépticas. Esta situación representa un desafío para la industria, que busca alternativas para lograr la conservación de las materias grasas. Una forma de sobrepasar esta dificultad es a través de microcapsulas de gelatina blanda que contengan el aceite rico en ácidos grasos, pero teniendo como desventaja un sabor residual en el producto (Davidov-Pardo y otros 2008).

El método de microencapsulación está ampliamente difundido para una amplia gama

de productos de panadería, ya que permite la adición de compuestos funcionales como ácidos grasos con omega 3,6 en alimentos como galletas, pastas, harinas, frutas en barra, jugos y fórmulas infantiles. (Castro 2002).

En esta investigación se tiene como finalidad evaluar las características sensoriales y físicas como el volumen, la capacidad de absorción de agua y el desmoronamiento que presenta el pan dulce al que se le ha sustituido parcial y totalmente la grasa comercial de panificación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó harina de trigo comercial obtenida por la molienda de trigos duros, con un alto contenido de proteínas característico de harinas de panificación; para la inclusión del omega 3,6 se utilizó un aceite de concentración de canola al 100% comercial libre de grasas trans y colesterol, como sustituto de la materia grasa común del pan de dulce. Como otra de las principales materias primas tenemos la levadura granulada activa seca (*saccharomyces cerevisiae*) de vital importancia en el proceso fermentativo, desarrollo de aromas, sabores, aumento de volumen en el pan; la materia grasa también fue de gran importancia en la manufacturación de pan dulce, se utilizó margarina comercial de gran funcionalidad a la hora de conferir al producto suavidad e impedir la salida de los gases producidos durante la fermentación, mejorando la estructura de la miga y la firmeza de la corteza. Para el proceso de elaboración del pan se siguieron 3 formulaciones. En la primera formulación se utiliza grasa común de

panadería, tomándose ésta como la muestra control; a la segunda formulación se le sustituirá la grasa en un 50% por aceite de canola con omega 3 y 6; en la tercera formulación se sustituirá la grasa en un 100% por aceite de canola con omega 3 y 6 con el fin de determinar los atributos sensoriales y propiedades físicas, que le da al pan dulce la adición de aceite con omega 3,6. En las tablas 1, 2, 3 se describen las cantidades y porcentajes de materias primas.

Tabla 1
Formulación 100% grasa comercial

Materia prima	Porcentaje (%)	Peso(gr)
Harina de trigo comercial	100	500
Levadura granulada activada	6	30
Grasa comercial	7	35
azúcar	15	75
sal	0.5	2.5
Leche líquida	37	185
huevo	10	50
agua	3	15

Tabla 2
Formulación 50:50 grasa comercial y aceite con omega 3,6

Materia prima	Porcentaje (%)	Peso(gr)
Harina de trigo comercial	100	500
Levadura granulada activada	6	30
Grasa comercial	3.5	17.5
Aceite de canola con omega 3,6	3.5	17.5
azúcar	15	75
Sal	0.5	2.5
Leche líquida	37	185
huevo	10	50
agua	3	15

Tabla 3
Formulación 100 % aceite de canola omega 3,6

Materia prima	Porcentaje (%)	Peso(gr)
Harina de trigo comercial	100	500
Levadura granulada activada	6	30
Aceite de canola con omega 3,6	7	35 ml
azúcar	15	75
sal	0.5	2.5
Leche líquida	37	185
huevo	10	50
agua	3	15

Descripción de procesos

La producción de pan dulce se realizó en los laboratorios de tecnología de cereales de la Universidad de Pamplona. Como primera operación se realizó un pesaje de las materias primas en balanza gramera digital para cada una de las formulaciones; seguidamente se procedió a realizar el mezclado-amasado en una mezcladora-amasadora, marca CITALSA, con capacidad para 3 kilogramos de harina. En esta etapa se da la distribución de todos los componentes y desarrollo del gluten, con el fin de dar una masa elástica, consistente y homogénea, se midieron las variables de operación como el tiempo y la

temperatura interna de la masa, posteriormente se cubrió cada una de las masas con plástico de polietileno de baja densidad para evitar contaminación durante el reposo, operación que tiene como finalidad el desarrollo de las características reológicas. Se prosiguió con el cortado de cada una de las piezas en pesos y tamaños similares, consecutivamente se realizó la operación de boleado. Las porciones cortadas se hicieron como una bola compacta; se realizó manualmente presionando la palma de la mano en forma circularse ubicándolas en bandejas metálicas previamente enharinadas; terminada la etapa anterior se realizó la operación de pintado de cada una de las porciones para que estén dispuestas al proceso de fermentado, que consiste en ubicar las porciones en la cámara de fermentado a 32°C por 45 min con el fin de incrementar el volumen y la producción de compuestos volátiles, propios del pan dulce. Como últimas operaciones tenemos el horneo y posterior enfriamiento; la primera se realizó en un horno a gas a una temperatura 220°C por 10-15 min, y en la segunda se dispuso cada una de las bandejas en el carro de reposo a temperatura ambiente: posteriormente fue pesada cada unidad, correspondiente a cada formulación, y empacada en bolsas de polietileno, de baja densidad, para ser llevada a almacenamiento durante 3 días.

Evaluación Sensorial

Para la realización del análisis sensorial se utilizó un panel de 15 jueces semientrenados de la Universidad de Pamplona, sede Villa del Rosario; se aplicó a cada uno de los jueces un test de escala hedónica para evaluar los siguientes atributos : olor, sabor, color y algunas propiedades de textura como la adhesividad, masticabilidad y dureza; seguidamente se aplicó una prueba de aceptabilidad

para evaluar el gusto por cada uno de los productos, con el fin de identificar si existe diferencia o no, entre las formulaciones que tiene en sus materias primas aceite con omega 3 y 6 en porcentajes 50 y 100 % con respecto a la grasa de panadería (Anexo 1).

Análisis Físico

Se realizó el pesaje y toma de dimensiones de cada uno de los productos correspondientes a cada formulación después del horneado, con el fin de establecer la pérdida de peso utilizando una balanza gramera y dimensiones tales como el ancho y espesor, medidas con un calibrador pie de rey, en un periodo de almacenamiento de 3 días. Transcurrido el periodo de almacenamiento,

se realizaron las pruebas de hinchamiento y desmoronamiento; la primera consiste en medir la absorción de agua de la miga. Como primera medida se realiza el pesado de una unidad, seguidamente se separa la corteza de la miga, ésta se pesa en una balanza gramera, se disponen las migas en una probeta de 500 ml y se le adicionaron 400 ml de agua y se dejaron sedimentar por un tiempo de 30 min y se pesaron las migas y se determinó el volumen absorbido por cada una de las migas de las diferentes formulaciones. En la prueba de desmoronamiento se realizó el pesado de los panes, se dividió en 8 partes y se procedió a tamizar en un tamiz metálico durante 15 min; transcurrido el tiempo se pesaron y observaron los finos obtenidos de cada formulación (Hernández 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características sensoriales del pan dulce en cada una de las formulaciones se describen en las figuras 1, 2 y 3.

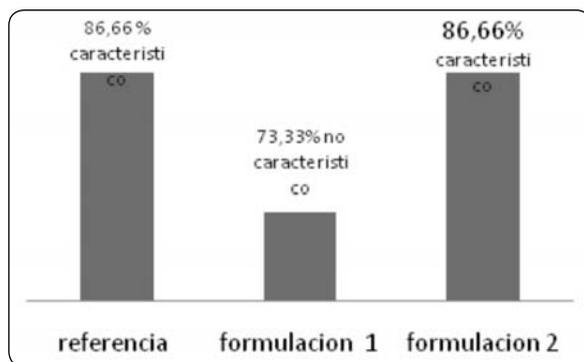


Figura 1. Percepción del olor en 3 formulaciones diferentes

En la evaluación sensorial de las características olfativas, de los diferentes tipos de formulación, podemos observar en la gráfica 1, que no hay preferencias significativas entre la formulación 2 (100% aceite canola con omega 3,6) y la muestra referencia; por lo

tanto, no presenta gran impacto en el olor del pan dulce debido a que el aceite proporciona una mayor cantidad de compuesto volátiles y, por tanto, más identificables por los jueces, por lo cual sería una alternativa para el mercado en cuanto a la calidad del aroma en el pan dulce.

Los olores en el pan dulce son originados por una serie de reacciones durante el amasado, fermentación de la masa panaria, en esta se originan componentes aromáticos fundamentalmente en la miga, mientras que el proceso de cocción influye fundamentalmente en el olor de la corteza. La oxidación de lípidos es una reacción muy importante, ya que el aceite utilizado presenta ácidos grasos poliinsaturados de alto poder oxidativos y en sus cadenas presentan un gran número de dobles enlaces, que al oxidarse cambian las características en los aromas y olores del pan (Cayot, 2007).

En la Figura 2, se observa una diferencia entre el porcentaje de jueces que escogieron la referencia y la formulación 1, la que mejores cualidades de sabor percibían en comparación con la formulación 2, que presentaba 100% de aceite de canola con omega 3,6; esto se debe a que el aceite da una mayor palatabilidad a los productos cuando se mezclan con una grasa comercial y a su vez aumentando su valor nutricional sin perder las características propias del sabor del pan dulce. El sabor del pan procede de multitud de elementos intervinientes de forma conjunta en la masa, por ejemplo de la harina. El gluten no proporciona ni aroma ni sabor en sí mismo, mientras que el almidón junto con los lípidos proporciona el carácter de la harina misma. (Fierro, 2010).

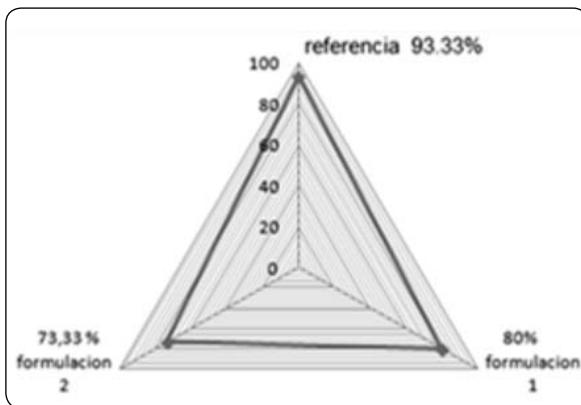


Figura 2. Percepción del sabor en 3 formulaciones diferentes.

En la figura 3, se muestra cómo la inclusión de aceite en la formulación de pan dulce, afecta las características visuales en cuanto al color, según el dictamen de los panelistas señalando entre marrón y marrón oscuro para los panes cuyas formulaciones eran 100% aceite y 50:50 aceite omega 3,6 y grasa comercial de panificación en comparación a la referencia indicando el 80% de ellos un color marrón claro para ésta. La adición de aceite afecta

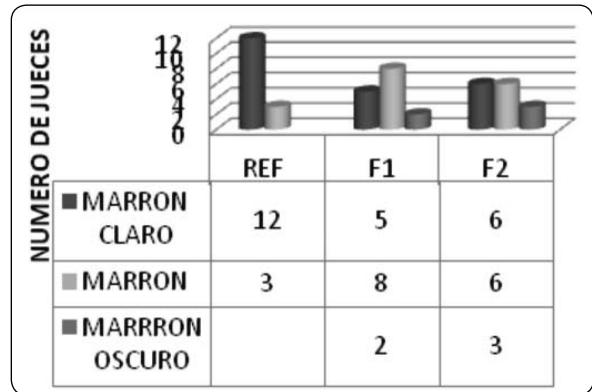


Figura 3. Percepción del color en 3 formulaciones diferentes

El color de la corteza desarrollado durante la etapa de la cocción del pan, colores oscuros asociados a las reacciones de Maillard y de caramelización, que producen compuestos que afectan al color y al flavor del pan.

De acuerdo a los resultados de las propiedades de textura (figura 4), no hay preferencias significativas por parte de los jueces en lo que corresponde a los atributos de dureza y masticabilidad entre la muestra de referencia (grasa comercial) y la formulación 1 (50:50 grasa comercial y aceite de canola con omega 3,6); por otra parte, en el atributo de adhesividad los panelistas calificaron las tres muestras con alta adhesividad, esto se debe a las propiedades que tienen los aceites de aumentar la retención de humedad y la suavidad del mismo.

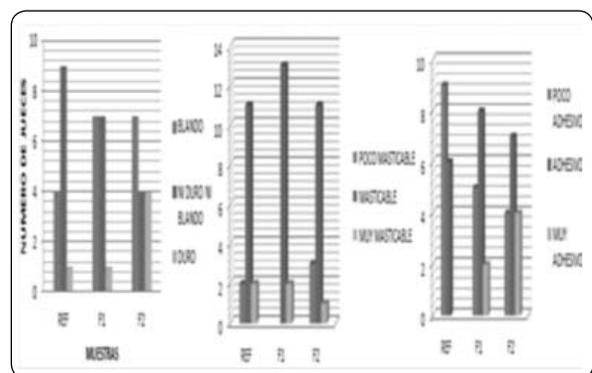


Figura 4. Propiedades de textura (dureza, masticabilidad, adhesividad) en 3 formulaciones diferentes.

La mezcla grasa comercial-canola proporcionó propiedades reológicas a la masa, similares a las de la masa elaborada con manteca comercial, confiriéndole una estabilidad adecuada al mezclado y una reducción a la fuerza de deformación, por ende la calificación a la formulación 1 con las mejores propiedades de textura características de un pan dulce.

La textura de la miga del pan está relacionada con la cantidad de agua añadida a la masa y con el posible empleo de harinas especiales en el proceso, pero los factores más determinantes son la cantidad y la calidad de la proteína (Kihlberg, 2004).

Propiedades Físicas

En la tabla 4, se presenta la diferencia de pesos entre cada una de las formulaciones, transcurrido un tiempo de almacenamiento de 3 días, empacadas en bolsa de polietileno de baja densidad, en la que no se ve afectada la pérdida de peso por la adición de aceite, ya que este recubre la estructura del gluten impidiendo la pérdida de gas durante la fermentación y el proceso de cocción, sería una buena alternativa como remplazo de la grasa comercial ya que aumenta la retención de agua y a su vez da un aporte nutricional por la adición de omega 3,6 en la composición del pan dulce.

Tabla 4
Diferencia de peso en 3 días de almacenamiento

Formulaciones	Peso (gr) día 0	Peso (gr) día 3
Referencia (control)	23	23.135
Formulacion1 (50:50 grasa comercial aceite canola)	48.27	49.075
Formulación 2 (100% aceite de canola con omega 3,6)	47.41	47.5

En la tabla 5, se observan las diferencias de dimensiones estrechamente relacionadas con el volumen del pan dulce, obteniéndose como resultado una disminución del volumen en la muestra control; esto es debido al incremento de la firmeza y pérdida de elasticidad del producto, ocasionado por los procesos de gelificación y gelatinización del almidón de la harina.

En las muestras que en su formulación tienen aceite de canola se muestra que no hubo pérdida de las dimensiones, indicando que el aceite produce una mayor captación de las burbujas de aire durante la fermentación y cocción manteniendo así una prolongación del volumen y humedad característico del pan de dulce fresco.

Tabla 5
Diferencia de dimensiones en 3 días de almacenamiento

Formulación	Dimensiones día 0		Dimensiones día 3	
	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
Referencia (control)	52.1	37.8	43.25	33.25
Formulación 1 (50:50 grasa comercial aceite canola)	63.17	52.64	65	51
Formulación 2 (100% aceite de canola con omega 3,6)	66.41	54.05	68.5	52.5

Las diferencias que existen en la capacidad de absorción de agua (tabla 6), demuestra que la miga del pan de la formulación 2 (100%aceite de canola con omega 3,6), es la que mayor cantidad de agua absorbió debido al efecto que produce el aceite en la transformación y tamaño de los alveolos de la miga aumentando el poder de retención de agua.

Tabla 6.
Diferencia en la capacidad de absorción de agua

	Referencia	Formulación 1	Formulación 2
Pesaje(g)	22	54	42
Peso de migas(g)	12	33	32
Sedimentación (min)	30	40	35
Volumen inicial (ml)	414	430	415
Volumen final (ml)	370	350	320
Volumen absorbido (ml)	44	80	95

El índice de los procesos de retrogradación del pan, que se manifiestan por la firmeza del producto y la pérdida de la humedad del mismo, se muestran en la tabla 7. Se observa la diferencia de granulometría indicando un aumento considerable en la firmeza del pan que dentro de su formulación presenta grasa comercial, mientras que la firmeza en las dos formulaciones que incluían aceite en su elaboración presentan baja firmeza, ya que el aceite tiene la propiedad de retener las burbujas de aire producidas en la fermentación y cocción manteniendo la humedad estable, conservando la suavidad del pan en un periodo de almacenamiento.

Tabla 7
Índice de desmoronamiento al tercer día de almacenamiento

	Referencia	Formulación 1	Formulación 2
Peso del pan (g)	18	50	47
Peso del plato (g)	2.5027	2.5009	2.498
Tiempo tamizado (min)	15	15	15
Peso de finos	0.76956	2.4551	3.1227

Se realizó una comparación visual de las migas (figura 5) para determinar las características que le confiere el aceite de canola con omega 3,6, a concentraciones de 50%, y 100% a las características propias de la miga del pan dulce, encontrándose que la adición

de aceite en las propiedades características de la miga del pan dulce, obteniéndose migas de gran volumen gracias a una mejor retención de dióxido de carbono en la estructura de la miga. Las migas de las formulaciones 1 y 2 presentan una gran esponjosidad, de color característico y con una mayor suavidad, lo que indica el alargamiento de la vida útil del producto.



Figura 5. Aspectos de la miga de izquierda a derecha: control, formulación 1, formulación 2.

CONCLUSIONES

La mezcla grasa comercial y aceite de canola 50:50 presentó propiedades físicas que la hacen adecuada para su uso en la elaboración del pan dulce conservando las características organolépticas propias de este producto, y dando un gran aporte nutricional exhibiendo una concentración de ácidos grasos esenciales, omega 6 y omega 3, mayor que la manteca comercial.

El aumento de volumen en los productos de la formulación 1 y 2 es evidente en comparación con la referencia, ya que el aceite confiere características de suavidad que permiten la expansión de la masa durante los procesos de fermentación y cocción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- P. Cauvain, Stanley y S. Young, Linda. Fabricación de pan. Publicado por Editorial Acribia, S.A. Zaragoza (España), 2002. Páginas 1 - 4, 16 - 19, 294.
- FAO. Food Balance Sheets: applications and uses. www.fao.org/es/ess/es/fbslead.asp. Consultado 26/01/2009. <http://www.kelloggs.es/nutricion/abnutricion/capitulo6.html> (4 of 5) [20/02/2008 16:23:15].
- Rodriguez, Elisa., Gutierrez, Sarah., Nolasco, Héctor. Desarrollo de bebidas lácteas enriquecidas con ácidos grasos. 2009. en línea: http://www.alimentariaonline.com/media/MLC038_BEBI.pdf visitado: 11-02-2012 12:00pm
- Pavlovich, Alan., Salazar, María., Moroyoqui, Francisco., Gamez, Nohemí. Efectos de una mezcla de estearina de palma y aceite de canola sobre los parámetros reológicos de la masa de trigo y características del pan. Año 2009. En línea: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000800011&lang=es visitado: 11-02-2009 12:00pm
- Castro, María. Ácidos grasos Omega 3: Beneficios y Fuentes. *INCI*. [online]. mar. 2002, vol.27, no.3 [citado 07 Enero 2011], p.128-136. Disponible en la World Wide Web: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442002000300005&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0378-1844.
- Davidov-Pardo G, Rocía P, Salgado D, León AE, Pedroza-Islas R. (2008). Utilization of different wall materials to microencapsulate fish oil. Evaluation of its behavior in bread products. *Am J Food Technol*, 3: 384-393.
- Hernández, Mariela. (2009). Guía unificada de panadería, pastelería y bizcochería. Guía de lab. Universidad de pamplona.
- Cayot, N. (2007): Sensory quality of traditional foods. *Food Chemistry*, 101 (1), 154-162.
- Fierro, Henry., Jara, Jessica. Estudio de vida útil del pan de molde blanco. (2009). Escuela superior politécnica del litoral. Tesis de tecnología de alimentos.
- Junge RC, Hoseney RC. (1981). A mechanism by which shortening and certain surfactants improve loaf volume. *Cereal Chem.* 58: 408-412.
- Kihlberg, I., Johansson, L., Kohler, A. & Risvik, E. (2004): Sensory qualities of whole wheat pan bread influence of farming system, milling and baking technique. *Journal of Cereal Science*. 39, 67-84.