

Optimización de las propiedades físicas, nutritivas y sensoriales del pan elaborado con harina de espárrago, kiwicha y trigo

Olga R. Zumarán Alayo¹, Lucy A. Yglesias Alva²

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad San Pedro de Chimbote-Perú; rzumaran1@hotmail.com

² Escuela de Ingeniería Estadística, Universidad Nacional de Trujillo-Perú; lya_unt@yahoo.com

Recibido: 02-01-13

Aceptado: 22-08-13

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se ha evaluado las propiedades nutritivas, físicas y sensoriales de un pan funcional elaborado mezclando harina de kiwicha, harina de peladilla de espárrago y harina de trigo. Para el diseño de mezclas, se aplicó la metodología estadística del diseño experimental secuencial de mezclas de vértices en los extremos. Se estableció en nueve, el número de mezclas. Para evaluar la aceptación de las mezclas se utilizó el análisis sensorial, y para optimizar las propiedades nutritivas del pan, se utilizó la función de deseabilidad para cada una de las variables respuesta. Se utilizó el soporte del paquete estadístico MINITAB VS. 14.2 para calcular el efecto de los 3 componentes de las mezclas sobre las propiedades nutricionales del pan. La elaboración del pan y las mediciones experimentales de sus propiedades nutricionales, se llevaron a cabo utilizando las normas técnica NTP 206.003, 2011:5, "Food and Drug Administration, Dietary Reference Intakes", R.M. Nro. 1020-20107 MINSa (2011:13), Dendy y Dobraszczyk (2001: 225). Se encontró que: 1) las propiedades físicas, y sensoriales de sabor, aroma y textura de las nueve formulaciones realizadas cumplieron con las normas y fueron aceptadas, 2) la formulación óptima de la harina compuesta para la elaboración del pan fue la que estuvo conformado por 72.9 % de harina de trigo, 16.6% de harina de kiwicha y 10.4% de harina de peladilla de espárrago, 3) el producto presentó las propiedades nutricionales: 12,5% de proteínas, 56.0 % de carbohidratos, 7.0% de lípidos, 2.8 % de fibra total y 21.2% de humedad.

Palabras clave: Pan funcional, diseño experimental de mezclas, análisis sensorial del pan, función de deseabilidad.

ABSTRACT

In this research work it has been evaluated the nutritional, physical and sensory properties of a functional bread made by mixing flour of amaranth, asparagus and wheat. For the mixing design it was applied the vertices at the ends sequential mixtures experimental design methodology. There were nine mixtures. To evaluate the acceptability of mixtures sensory analysis was used and to optimize the nutritional properties of bread the desirability function for each of the response variables was applied. We used the statistical package MINITAB support VS. 14.0 to calculate the effect of the three components of the mixture on the nutritional properties of bread. The preparation of the bread and the experimental measurements of nutritional properties were conducted by using the technical standards NTP 206 003, 2011:5, Food and Drug Administration Food, Dietary Reference Intakes, RM No. 1020-20107), MINSa (2011:13), Dendy and Dobraszczyk (2001: 225). We found that: 1) The physical and sensory properties of flavor, aroma and texture of the nine formulations met the standards and had good acceptance, 2) the optimal design of composite flour for bread making was what was made up of 72.9% of wheat, 16.6% of maranth, 10.4% of asparagus peladilla, 3) the product showed the nutritional properties: 12.5% protein, 56.0% carbohydrate, 7.0% fat, 2.8% total fiber and 21.2% moisture.

Keywords: functional bread, mixtures experimental design, bread sensory analysis, desirability function.

I. INTRODUCCIÓN

La fabricación del pan es uno de los descubrimientos más importantes de la humanidad; ha representado un papel esencial en el desarrollo del género humano, es una de las principales fuentes de la alimentación de conveniencia variada y constituye un componente dietético saludable (Rabines, 2009: 10). El pan se suele preparar mediante el horneado de una masa elaborada fundamentalmente con harina de cereales, sal y agua. La mezcla en algunas ocasiones suele contener levaduras para que fermente la masa y sea más esponjosa y tierna. El cereal más utilizado para la elaboración del pan es la harina de trigo (Henao y Aristizábal, 2009: 40).

En el Perú la demanda de harina de trigo es bastante alta, llegando a las 1,680.000 toneladas anuales, siendo el pan una de las formas de mayor consumo; se utiliza trigo importado hasta un 88%, porque la producción nacional de este cereal en la actualidad es insuficiente, satisfaciendo solo el 12% de la demanda local y las proyecciones a futuro indican que es difícil que esta deficiencia se supere (Rabines, 2009:12). En vista de esta problemática, en países donde las condiciones climáticas no son apropiadas para este cultivo o dependen de la importación de trigo para la fabricación del pan, se ha generado nuevas estrategias con la finalidad de descubrir sustitutos adecuados del trigo, sean totales o parciales como nuevas alternativas en productos de panadería (Torres y Pacheco, 2007: 133).

Actualmente se están realizando diversos estudios relacionados a la elaboración o producción de harinas compuestas. Harina compuesta se refiere a cualquier mezcla de dos o más harinas de cereales, leguminosas, tubérculos con diferentes fines. Entre los productos desarrollados con harinas compuestas, destacan los horneados (Cárdenas, 1991: 50; Aguado, 2002: 31); en especial el pan, donde la función de la panificación es presentar la harina de trigo en una forma atractiva, palatable y digerible (Aguado, 2002: 33).

En nuestro país se viene estudiando el uso de harinas sucedáneas desde 1970, y se han propuesto harinas procedentes de diferentes materias primas con la finalidad de incorporarlas en la harina de trigo. Dentro de este contexto se están realizando estudios en una gran variedad de cultivos, destacando los granos andinos como la quinua, kañihua y principalmente la kiwicha, los cuales pueden ser empleados como materia prima para la producción de harinas compuestas. La kiwicha posee un contenido de proteína mayor que la del trigo; 100 g de trigo contiene aproximadamente 11.7 g de proteína, mientras que, la kiwicha contiene entre 16.8 g (Delgado,1990:20). Por lo que se le podría considerar como una opción para sustituir en parte al trigo en la elaboración del pan.

La tendencia actual de utilizar los productos de panificación como el pan, para enriquecerlo en su composición hace que se le considere como un potencial de producto nutritivo, esto es según se le incluya algún ingrediente o componente especial en su elaboración, incluyendo fuentes que brinden principalmente proteínas como la que se hizo mención anteriormente y también fibras pues se ha confirmado que tienen efectos positivos importantes en la salud en virtud de sus propiedades biológicas (Abdul y Luan, 2000: 16; Alija y Col, 2008: 320). La fuente de fibras se obtiene de los cereales; sin embargo, en la actualidad se emplean fibras procedentes de frutas o verduras como las hortalizas, pero en estos últimos años se está proponiendo el empleo de fuentes no convencionales como cladodios (cactus), nopal, o subproductos agroindustriales como la peladilla de espárrago (Ang, 2005: 35).

Es importante acotar que el éxito de las investigaciones en este ámbito, permitiría mejorar el valor nutritivo del pan, ahorro de divisas por menor importación de trigo y dar impulso a la agricultura local por la generación de una demanda cada vez mayor de productos nativos, previos estudios preliminares relacionados a la respectiva viabilidad económica.

Por otro lado en la medida en que la gama de productos panificados se haya ampliado y el mercado ha demandado nuevas variantes, junto a los productos panificados estándar crece la demanda de mezclas y harinas compuestas, que permiten fabricar este tipo de productos también en condiciones simples. De esta manera se consideraría una importante contribución a nuevos conocimientos científicos en la nutrición para un gran número de fabricantes de productos panificados que puedan ofrecer a los consumidores.

En la presente investigación, el objetivo principal fue evaluar el efecto de la incorporación de harinas de kiwicha y peladilla de espárrago en harina de trigo sobre las propiedades nutritivas, físicas y sensoriales del pan, así como determinar la formulación óptima de la harina compuesta que permita la obtención de un producto con alto valor físico, nutritivo y sensorial.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio de la investigación estuvo constituido por los panes que se elaboraron utilizando mezclas de la siguiente materia prima: harina de kiwicha, harina de peladilla de espárrago y harina de trigo. Las probetas elaboradas se sometieron a evaluación de las propiedades nutritivas, físicas y sensoriales, que son las características que determinan su calidad.

Para la preparación de la materia prima se obtuvo por separado cada uno de los componentes. Se utilizó harina de trigo comercial (harina "Nicolini" S.A.) del tipo "enriquecida" de un mismo lote de fabricación.

La harina de kiwicha se obtuvo a partir de la molienda de estas semillas.

La peladilla de espárrago se obtuvo de la empresa Yossimar. Este material previamente se procedió a realizar el secado antes de proceder a su molienda

2.2 EQUIPOS, MATERIALES Y CONSUMIBLES

Se utilizaron los siguientes equipos, instrumentos, materiales y consumibles:

- Molino de rodillos para molienda y trituración.
- Balanza analítica, con sensibilidad de 0,1 mg.
- Baños termostáticos: (a) a ebullición y (b) ajustable a 60 °C con agitación directa en el interior de cada matraz de digestión para dar un movimiento constante al matraz de digestión durante la hidrólisis enzimática.
- Bomba de vacío.
- Crisol con placa porosa, porosidad N° 2 o equivalente de 40 - 60 mm.
- Desecador con silicagel o similar.
- Estufa de vacío a 70 °C
- Mufla a 525 °C.
- Tamiz de 0,3 - 0,5 mm.
- Vasos de precipitados altos de 400 a 600 ml.
- PHmetro.
- Homogenizador.
- Pie de rey o vernier.
- Horno semindustrial para cocción de muestras
- Amasadora comercial "Nova"
- Material usual de laboratorio: beakers, balones aforados, pipetas, fioles, bureta y piseta.

Reactivos

- Etanol al 95 %, p.a.
- Etanol al 78 %.

2.3 MÉTODOS Y TÉCNICAS

La evaluación de la incorporación de harinas no convencionales como harina de kiwicha y de peladilla de espárrago en harina de trigo para la elaboración de pan, con sustituciones parciales en una base de 65% a 80% de harina de trigo (considerando rangos porcentuales que oscilaron entre 5% a 20% de harina de kiwicha y entre 5% a 15% de harina de peladilla de espárrago), se realizó mediante el "diseño experimental de mezclas de vértices en los extremos", obtenido a partir de la teoría denominada "Diseño de Mezclas". Esto permitió estudiar la influencia de la variación

cuantitativa de los componentes de la mezcla (harina de peladilla de espárrago, kiwicha, y trigo), y poder evaluar las propiedades físicas, nutritivas y sensoriales del pan.

El **diseño de las mezclas** de los componentes de harina de peladilla de espárrago, Kiwicha, y trigo, se realizó con el *diseño experimental de vértices en los extremos* (Montgomery, 2006) con el soporte del paquete estadístico MINITAB versión 14.2, para esto se analizó el efecto de incorporación de las harinas de: peladilla de espárrago (X1), kiwicha (X2) y trigo (X3), sobre las propiedades nutritivas, físicas y sensoriales del pan funcional, para determinar la formulación óptima de la harina compuesta. Se establecieron 9 mezclas experimentales diferentes, variando las proporciones de cada una de las componentes.

Las proporciones usadas de cada una de las componentes, estuvieron dentro de los rangos:

$$5.0 \leq X1 \leq 15.0$$

$$5.0 \leq X2 \leq 20.0$$

$$65.0 \leq X3 \leq 80.0$$

El análisis estadístico de los datos se realizó adoptando el supuesto de normalidad y homogeneidad de varianza de los residuales, como requerimientos del análisis de varianza del modelo de regresión.

El diseño de mezclas permitió especificar la proporción a usar en la mezcla de cada una de las componentes en cada uno de nueve experimentos establecidos, constituidos por cuatro puntos axiales, cuatro puntos vértices y un punto central. La ejecución de las corridas experimentales se realizó de manera secuencial; En primer lugar, se llevaron a cabo las corridas correspondientes a los puntos vértices que estuvieron constituidas por cuatro experimentos elementales, ejecutados de manera aleatoria. Luego, se procedió a ejecutar aleatoriamente las corridas en los puntos axiales y finalmente la correspondiente al centroide.

Procedimiento para la elaboración del pan

Una vez establecidas las nueve mezclas experimentales a partir del uso del Diseño Experimental de Mezclas, se procedió a la elaboración de panes a partir de la fórmula básica (M0), en la que se substituyó parte de la harina de trigo con la de kiwicha y peladilla de espárrago.

En primer lugar se pesaron los ingredientes por separado y se mezclaron todos con excepción de la sal, que se agregó una vez que los otros ingredientes se encontraban homogeneizados. Luego se mezclaron los ingredientes, por 2 minutos aproximadamente en la batidora a velocidad 1, y se dejó fermentar la masa a 35°C durante 45 minutos; adicionando luego la harina de kiwicha y de peladilla de espárrago, procediendo en seguida a mezclar la masa a velocidad 2, hasta formar la red de gluten.

Una vez elaborada la masa, se pesaron porciones de aproximadamente 50 g. usando tres porciones de masa (en total 150g), las que se estiraron y trenzaron, para luego ser colocadas en moldes previamente engrasados. En seguida se procedió a hornear a una temperatura de 190°C durante 10 minutos, dejando enfriar por 2 horas, para realizar el análisis sensorial y físico. Luego las muestras fueron guardadas en refrigeración por 10 h, para su posterior análisis nutricional.

En la elaboración de las muestras de panificación se utilizó una amasadora comercial, con una capacidad de 50 kg. Elaborando en primer lugar fórmula básica para el pan del grupo testigo, en la que se utilizó como ingredientes 5 kg de harina, 50 g de levadura, 125 g de sal, 0,05 g de azúcar, 100 g de manteca y 0,025 g de mejorante comercial. Además de 2,6 Kg de agua.

Análisis de Propiedades Físicas:

Se determinó el diámetro (cm) y el grosor (cm) de las muestras de los diferentes grupos experimentales empleando el pie de rey o vernier.

Para determinar el volumen específico de las muestras se empleó el método de desplazamiento. A continuación se muestra la ecuación o fórmula para determinar este parámetro:

METODO DE DESPLAZAMIENTO: Volumen específico

$$V = \pi \times r^2 \times D$$

V= Volumen de pan (cm³)

R = radio del cilindro (cm)

D = Distancia desplazada desde la marca (cm)

Análisis de Propiedades Nutritivas

Los análisis se realizaron según AOAC (2000) para proteína (N×6,25), carbohidratos, grasas y fibra dietética total y humedad. Todos los análisis se realizaron en tres réplicas.

Análisis de Propiedades Sensoriales

La evaluación sensorial se realizó sobre: sabor, aroma, textura y aceptabilidad general, mediante una encuesta de degustación (ver Anexo A), realizando las pruebas de degustación para evaluar el nivel de agrado o desagrado, en un panel no entrenado de 20 personas (10 mujeres y 10 hombres) entre 19 y 55 años de edad; donde a cada participante se le presentó las nueve muestras de pan individualizadas y se les solicitó que las califiquen de acuerdo con la siguiente escala hedónica: 1: Me gusta muchísimo, 2: Me gusta mucho, 3: Me gusta moderadamente, 4: Me gusta poco, 5: Ni me gusta ni me disgusta, 6: Me disgusta poco, 7: Me disgusta moderadamente, 8: Me disgusta mucho, 9: Me disgusta muchísimo. Esta Prueba consistió en pedirle a los panelistas que den su informe sobre el grado de satisfacción que tienen de un producto, al presentársele una escala hedónica o de satisfacción, pueden ser verbales o gráficas, la escala verbal va desde Me gusta muchísimo hasta Me disgusta muchísimo, las escalas pueden ser impares con un punto intermedio de ni me gusta ni me disgusta (Hernández, 2005: 85).

III. RESULTADOS Y DISCUSION

En los experimentos de mezclas, los factores son los componentes o ingredientes de una mezcla, por lo que sus niveles o cantidades no son independientes; deben satisfacer restricciones que limitan el empleo de los diseños experimentales con factores independientes, obligando a recurrir a estos diseños especiales para mezclas (Vatsala; 2001: 407).

Una vez realizadas las corridas experimentales, se procedió a evaluar las propiedades nutritivas, físicas y sensoriales del pan, cuyos resultados que se presentan en la tabla 1 y Fig. 1.

Tabla 1. Resultados del diseño experimental de mezclas de los componentes de harinas de trigo, kiwicha y peladilla de espárrago para la elaboración de pan

Mezcla Experimental	Componentes		
	Harina de trigo (%)	Harina de kiwicha (%)	Harina de peladilla de espárrago (%)
M0	100.0	0.0	0.0
M1	65.0	20.0	15.0
M2	80.0	15.0	5.0
M3	75.0	15.0	10.0
M4	70.0	17.5	12.5
M5	80.0	5.0	15.0
M6	75.0	17.5	7.5
M7	75.0	20.0	5.0
M8	77.5	15.0	7.5
M9	77.5	10.0	12.5

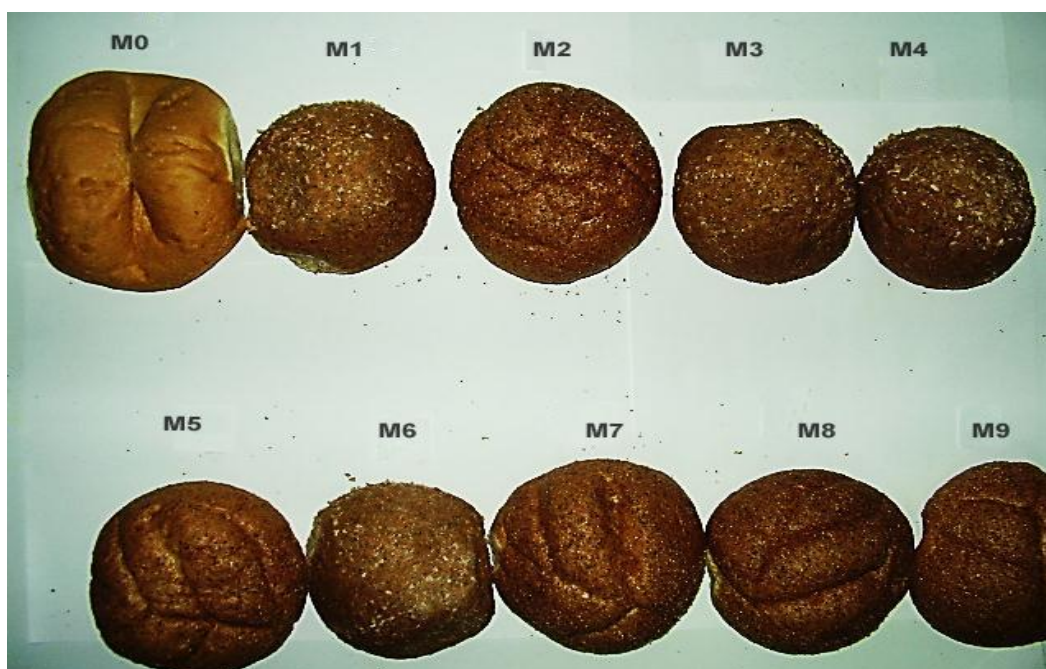


Fig.1. Muestras de pan de los nueve grupos experimentales.

El porcentaje de los componentes alternativos utilizados para substituir a la harina de trigo en la presente investigación, fueron semejantes a los empleados en otras investigaciones, tales como la realizada por Delgado (1990: 20), quién reemplazó la harina de trigo por harina de cebada hasta un 20 %; aunque no se obtuvo alto nivel proteico (9 %), pero si mejoró el contenido de minerales. Otro estudio, realizado por Escobedo (1995), utilizó la harina pre cocida de papa en panificación con un 16% de sustitución obteniendo un 8.5 % de proteínas, mientras que Cárdenas (1991: 50) llegó a sustituir hasta el 30% en el producto final de camote rallado crudo con cáscara en la elaboración del pan, mejorando el nivel proteico (15 %) y aceptabilidad general.

En tabla 2, se registraron los resultados del análisis nutricional realizado a las muestras de pan de los diferentes grupos experimentales, donde el grupo M1, en la que se utilizó un 65 % de la harina de trigo, 20% de harina de kiwicha y 15% de harina de peladilla de espárrago, (mezcla M1), fue la que presentó una mayor concentración de proteínas: 13,2 %, de lípidos 7,64 % y de fibra total 3,9 %; en contraste con los demás grupos experimentales incluido el grupo testigo (M0): En tanto que la mayor concentración de carbohidratos se dio en el grupo M2, cuyo valor fue 62.5%, siendo superado solamente por el grupo testigo (tabla 1 y 2). Con respecto al porcentaje de humedad el grupo testigo presentó el mayor valor; Sin embargo cabe resaltar que el nivel de proteína del pan elaborado con la mayoría de las mezclas propuestas (con excepción del grupo M0 y M2) reportaron alta concentración proteica, teniendo en cuenta la Norma Técnica Peruana (NTP 206.003, 2011: 5), la cual establece que un pan se le considera con una concentración óptima de proteínas cuando los niveles superan un 7,5 % en una ración de 100 g.

Con relación al parámetro humedad, las nueve mezclas experimentales se ajustan a los requisitos exigidos por la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería, R.M. N° 1020-2010 (MINSA, 2011: 13), en donde se establece una humedad máxima para cualquier tipo de pan común de 35 % (tabla 2).

El alto contenido de lípidos, del pan elaborado con la mezcla M1, en comparación con los elaborados con las otras mezclas experimentales que tuvieron menor lípidos, se debe al mayor porcentaje de harina de kiwicha en la mezcla, que es un grano andino que posee un alto porcentaje de proteínas y de aceite vegetal (ácidos grasos), los cuales son compuestos beneficiosos para el ser

humano pues son nutrientes esenciales para el buen funcionamiento del organismo (Rabines, 2009: 15).

La mayor concentración de fibra total, registrada por la mezcla M1 (3.9%), se debería a que en su formulación se empleó un mayor porcentaje de harina de peladilla de espárrago, siendo ésta la que brindaría esta propiedad nutricional al pan. Teniendo en cuenta las consideraciones de la FDA (Food and Drug Administration), el tamaño de porción de pan tiene que ser de 50 gramos y para que sea considerado un pan alto en fibra tiene que tener por lo menos 10% de fibra del valor diario, que una persona puede comer al día, según la DRI ("Dietary Reference Intakes") y el valor diario de fibra total es de 38 gramos (Matos y Muñoz, 2010: 33). Por lo tanto, en una porción de 50 gramos de pan, 3.8 gramos deben de ser de fibra para ser considerado pan alto en fibra, analizando los resultados obtenidos, como se puede observar en la tabla 2, el resultado de fibra cruda del pan es de 3,9 g en una composición de 100 gramos, es decir 1.95 gramos de fibra en una porción de 50 gramos, esto indica que no puede ser considerado un producto con alto valor en fibra total; sin embargo se puede considerar como un nivel medio aceptable para el consumo.

Tabla 2. Resultados de contenidos nutricionales y humedad de las muestras de pan según diseño experimental de mezclas

MEZCLA EXPERIMENTAL	Contenidos Nutricionales (%)*				
	Proteínas	Carbohidratos	Lípidos	Fibra Total	Humedad
M0	6,1	64,4	2,1	0,2	24,5
M1	13,2	55,8	7,64	3,9	19,45
M2	6,2	62,5	5,7	1,7	23,6
M3	12,0	57,3	6,3	2,9	21,4
M4	13,0	55,2	7,1	3,4	19,9
M5	8,9	61,3	5,6	3,87	20,3
M6	11,3	57,1	6,82	2,6	22,1
M7	10,1	57,6	7,5	1,98	22,8
M8	11,0	58,7	6,0	2,54	21,6
M9	13,0	57,36	5,7	3,2	20,24

*g/100 g de muestra

En la tabla 3, se observa los datos obtenidos de los principales propiedades físicas registradas de las mediciones realizadas, donde el grupo testigo presentó los mayores valores en comparación con los grupos en los cuales se realizó las diferentes sustituciones de harina, notándose diferencias marcadas con respecto al volumen específico (figura 2), que presentaron el menor y mayor grosor y diámetro.

Con relación a la determinación de las propiedades físicas, las muestras de pan pertenecientes a las mezclas experimentales M1 a M9 (tabla 1) tuvieron valores inferiores en cuanto a todos los parámetros físicos evaluados en comparación con el grupo testigo. Estos resultados observados en la tabla 3, se atribuyen a que la harina de kiwicha y de peladilla no posee el gluten, un material polimérico altamente extensible cuando está en estado hidratado. Las proteínas del gluten son

consideradas responsables de la formación de la estructura que retiene el gas dióxido de carbono de la masa de pan producido por las levaduras durante la panificación lo que induce el aumento de tamaño y/o volumen del pan (Dendy y Dobraszczyk, 2001: 225); es por ello que a medida que se aumenta la sustitución de la harina de trigo se reducen los parámetros físicos tales como diámetro, grosor y volumen específico.

Tabla 3. Resultados experimentales de las propiedades físicas de las muestras de pan según diseño experimental de mezclas

MEZCLA EXPERIMENTAL	Propiedades Físicas		
	Diámetro (cm)	Grosor (cm)	Volúmen específico (cm ³)
M0	11.15	5.05	510.25
M1	6.31	3.12	384.65
M2	9.55	4.06	494.55
M3	7.20	3.64	314.0
M4	7.07	3.28	392.5
M5	9.47	4.14	471.0
M6	7.18	3.62	408.2
M7	7.23	3.65	306.15
M8	8.97	3.96	455.3
M9	8.54	3.9	408.2



Fig.2. Observación de las migas de pan del grupo testigo (M0), y de los grupos experimentales (M1) y (M2) que presentaron el menor y mayor grosor y diámetro, respectivamente.

La mezcla óptima (Tabla 4), según la función de Deseabilidad para Respuestas Múltiples en la Optimización de la mezcla, según software Minitab ver 14.2, fue la de 72.90% de harina de trigo 16.65% de harina de kiwicha y 10.45% de harina de peladilla de espárrago. Así mismo, dio como resultado estadístico en el análisis nutricional (Tabla 5) siendo 12.50% de proteínas, 56.05% de carbohidratos, 7.00% de lípidos, 2.8% de fibra total y 21.2% de humedad (propiedades aceptables según las Normas Técnicas Peruanas).

Por otro lado, el uso de la peladilla de espárrago amplía disponibilidad en nuestra región como materia prima, alternativa complementaria de la harina de trigo para la elaboración del pan funcional.

Tabla 4. Mezcla óptima obtenida mediante la optimización de la función de deseabilidad para respuestas múltiples

	Porcentaje de componente (%)			Total
	Trigo	Kiwicha	Peladilla de espárrago	
Mezcla óptima	72.90%	16.65%	10.45%	100.00%

Tabla 5. Estimaciones calculadas de los contenidos nutricionales y humedad en mezclas elaboradas con la mezcla óptima obtenida mediante la optimización de la función de deseabilidad para respuestas múltiples

Proteína	carbohidratos	Lípidos	Fibra total	Humedad
12.50%	56.05%	7.00%	2.80%	21.20%

Con respecto a los resultados obtenidos del análisis sensorial, mostrados en la tabla 6, presentaron de manera general una aceptación positiva, en los nueve grupos experimentales, donde propiedades sensoriales de sabor, aroma textura y aceptabilidad general oscilaron entre 2-3 según la calificación de la escala hedónica.

La evaluación sensorial (Tabla 6) reveló una gran aceptación de los panes elaborados en base a las mezclas experimentales, obteniendo una calificación según la escala hedónica: Me gusta mucho (valor 2) y Me gusta moderadamente (valor 3) tanto como para las características organolépticas de sabor, aroma, textura, y aceptabilidad general. Al parecer, los niveles o proporciones que se propusieron para conformación de la harina compuesta para la elaboración de pan fueron las adecuadas, pues los resultados fueron positivos, ya que si se empleaba una concentración no adecuada de peladilla de espárrago, el pan podría haber adquirido un sabor amargo, lo cual no es conveniente en un producto comercial como el pan.

Tabla 6. Resultados de la evaluación de las propiedades sensoriales de las muestras de pan elaborado en base a las mezclas experimentales, según los participantes en la **encuesta** de degustación

MEZCLA EXPERIMENTAL	PROPIEDADES SENSORIALES			
	Sabor	Aroma	Textura	Aceptabilidad General
M0	2.25	2	2.1	2.3
M1	2.4	2.1	2.8	2.2
M2	2.15	2	2.6	2.3
M3	2.4	2.6	2.77	2.6
M4	2.45	2.6	2.9	2.5
M5	2.70	2.8	2.70	2.8
M6	2.45	2.5	2.75	2.5
M7	2.4	2.4	2.85	2.3
M8	2.4	2.7	3	2.5
M9	2.4	2.7	2.9	2.5

IV. CONCLUSIONES

- La incorporación de harinas de kiwicha y peladilla de espárrago (de amplia disponibilidad en nuestra región) en harina de trigo presentó efectos positivos sobre las propiedades nutritivas y sensoriales del pan.
- La formulación óptima de la harina compuesta para la elaboración de un pan funcional fue la que estuvo conformado por 72.9 % de harina de trigo, 16.6% de harina de kiwicha y 10.4% de harina de peladilla de espárrago.
- Se encontró una disminución de las propiedades físicas del pan elaborado con la harina compuesta con las diferentes formulaciones planteadas; sin embargo, los nutrientes aumentaron en comparación al pan elaborado solamente con harina de trigo.
- Se logró una aceptación positiva del pan funcional elaborado con las nueve mezclas experimentales realizadas, donde las propiedades sensoriales de sabor, aroma textura y aceptabilidad general, oscilaron entre 2 a 3 puntos, valores considerados satisfactorios en la aceptación, según la escala hedónica.

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento a los Señores de la Empresa Yossimar, por proporcionarnos la materia prima de Peladilla de Espárrago Blanco, a la Dra. Bióloga Priscilla Seijas Bernabé, por su apoyo para la elaboración y los análisis respectivos del pan en el Laboratorio de Alimentos ITCITEC (Instituto de Investigación en Ciencias e Innovación Tecnológica (Trujillo); al Área de Panadería del Centro Comercial Plaza Veá por su apoyo para la elaboración del pan y la degustación realizada con el público consumidor; quienes brindaron las facilidades para la ejecución de la presente investigación y apoyaron en los trabajos experimentales.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDUL, A, LUAN Y. 2000. **Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice brand.** Food chemistry; 68: 15-19.
- AGUADO, J. 2002. **Ingeniería de la Industria Alimentaria. Operaciones de Procesado de Alimentos.** Ed. Síntesis: 30-61.
- ALIJA, C., LEEALAVATCHICK, RAO U. 2008. **Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder.** *Journal of cereal science*; 48:319 -326.
- ANG, J. 2005. **Formulating Reduced-Calorie Foods with Powdered Cellulose.** *Food Technology*; 59(3): 35-38.
- AOAC. 2000. **Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis**, 17th ed., Gaithersburg, MD, USA.
- CARDENAS, H. 1991. **Evaluación química nutricional de cultivos nativos de camote *Ipomoea batata* (L.) Lam, para su utilización en la forma de rallado como sustituto de trigo en panificación.** Tesis Magister Science. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- DELGADO, A. 1990. **Determinación del nivel óptimo de sustitución de harina de trigo por cebada en panificación.** Universidad Nacional Agraria Programa Académico de Industrias Alimentarias. La Molina, Lima (Perú).
- DENDY, D., DOBRASZCYK, B. 2001. **Cereales y Productos derivados.** Editorial Acribia, S.A., Cap. 8, Pan: un alimento único: 223-278.
- ESCOBEDO, A. 1995. **Obtención de harina precocida de papa a nivel de planta piloto y su caracterización.** Universidad Nacional Agraria Facultad de Industrias Alimentarias. La Molina, Lima (Perú).
- HENAO, S., ARISTIZABAL, G. 2009. **Influencia de la variedad de yuca y nivel de sustitución de harinas compuestas sobre el comportamiento reológico en panificación.** *Ingeniería e Investigación*; 29 (1):39-46.
- HERNANDEZ, E. 2005. **Evaluación Sensorial.** Universidad Abierta a distancia UNAD- Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Bogotá. D.C. Primera Edición/ISBN. (<http://www.pymeslacteas.com.ar/userfiles/image/4902Evaluacion%20sensorial.PDF>, consultado el 18 de enero, 2013).
- MATOS, A., MUÑOZ, K. 2010. **Elaboración de Pan con Sustitución Parcial de Harina Pre Cocida de Ñaña (*Phaseolus vulgaris* L.) y Tarwi (*Lupinus mutabilis*).** Rev.Ciencia y Tecnología de Alimentos; 1(1):31-35.
- MINSA. MINISTERIO DE SALUD. 2011. Dirección General de Salud Ambiental. **Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería.**R.M. N° 1020-2010/MINSA.Lima-Perú.
- MONTGOMERY, D. 2006. **Diseños y Análisis de Experimentos.** Segunda Edición. Editorial Limusa. S. A. ISBN 13:978-968-18-6156-6. 427-472.
- NORMA TECNICA PERUANA. 2011. NTP 206.003. (1976). **Pan francés y pan tolete.** Requisitos.
- RABINES, J. 2009. **Estudio sobre la situación de importación de harina de trigo en el Perú. Dirección general de competitividad agraria.** Publicaciones gestión - N° 3.
- TORRES, E., PACHECO, E. 2007. **Evaluación nutricional, física y sensorial de panes de trigo, yuca y queso llanero.**RevChilNutr; 34 (2):133-141.
- VATSALA, C., SAXENA, C., RAO, P. 2001. **Optimization of ingredients and process conditions for the preparation of puri using response surface methodology.** International Journal Food Science & Technology, Vol. 36: 407- 414.

ANEXO

ENCUESTA DE DEGUSTACION

Producto: _____ Fecha: _____

Indique qué tanto le gustan o disgustan las muestras, según la siguiente escala

Escala	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Me gusta muchísimo										
Me gusta mucho										
Me gusta moderadamente										
Me gusta poco										
Ni me gusta ni me disgusta										
Me disgusta poco										
Me disgusta moderadamente										
Me disgusta mucho										
Me disgusta muchísimo										

Tarjeta de evaluación sensorial para las diferentes pruebas que se realizaron con muestras de pan francés de los diversos grupos experimentales.