

## **DETERMINACIÓN DEL EFECTO CAUSADO A TRAVÉS DEL PROCESAMIENTO DE PANIFICACIÓN DE LA HARINA DE TRIGO EN LA CONCENTRACIÓN DE VITAMINAS Y MINERALES\***

### **DETERMINATION OF THE EFFECT CAUSED BY BAKING PROCESSING OF WHEAT FLOUR IN THE VITAMIN AND MINERAL CONCENTRATION**

Jairo Montoya López\*\*  
Germán Antonio Giraldo Giraldo\*\*\*  
Carlos Andrés Cárdenas Valencia\*\*\*\*

Montoya, J., Giraldo, G., & Cárdenas, C. (2012). Determinación del efecto del procesamiento de panificación de la harina de trigo en la concentración de vitaminas y minerales. *Sinapsis* 4 (4): 228-240.

Recepción: 25 de junio de 2012  
Aceptación: 13 de septiembre de 2012

#### **RESUMEN**

Muestras de harina de trigo, masa panaria y un producto elaborado fueron objetos de caracterización fisicoquímica, cuantificación de vitaminas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> y B<sub>3</sub> y medición de nivel de ácido fólico mediante cromatografía líquida de alta presión; además, con la utilización de la técnica de absorción atómica se determinó sus contenidos de hierro y calcio. Los resultados obtenidos mostraron que en la transformación de la harina de trigo en pan se pierde el 87.2%, el 56.44% y el 74.04% de las vitaminas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> y B<sub>3</sub> en cada uno de los materiales antes mencionado respectivamente, y que la masa panaria es la más estable en sus componentes de acuerdo con un análisis multivariado de los datos obtenidos.

**Palabras clave:** harina de trigo, vitaminas, minerales, ácido fólico, masa panaria, producto elaborado, hierro, calcio.

#### **ABSTRACT**

The physicochemical characterization, quantification of vitamins B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> and folic acid using the high pressure liquid chromatography and the calcium and iron by atomic absorption technique were measured for samples of wheat flour dough Panaria and a processed product. The results showed that in the transformation of wheat flour in bread is lost 87.2%, 56.44% and 74.04% of vitamins B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> and B<sub>3</sub> respectively and Panaria mass and is more stable in its components according with a multivariate analysis of the data.

---

\* Artículo resultado de la investigación: “Determinación del efecto causado a través del procesamiento de panificación de la harina de trigo en la concentración de vitaminas y minerales” del Laboratorio Diseño de nuevos productos, Programa de Maestría en Química, Universidad del Quindío.

\*\* Magíster en Química. Docente del Programa de Química, Universidad del Quindío. Contacto: jmontoya@uniquindio.edu.co, Colombia.

\*\*\* Doctor en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Docente del Programa de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Quindío. Contacto: ggiraldo@uniquindio.edu.co. Colombia.

\*\*\*\* Magíster en Ciencias de los Materiales. Docente del Programa de Tecnología en Electrónica, Universidad del Quindío. Contacto: carlosac@uniquindio.edu.co, Colombia.

**Key words:** wheat flour, vitamins, minerals, folic acid, Panaria mass, finished product, iron, high.

## Introducción

La harina de trigo, al ser tratada con proporciones determinadas de agua, posee constituyentes que permiten la formación de masa consistente y moldeable. La masa obtenida teniendo como la base la harina de trigo exhibe propiedades de ligazón entre las partículas, resistencia a la presión de los gases originados en la fermentación, elasticidad y capacidad de mantener las formas de las piezas que se elaboran con ella.

La *Association of Official Analytical Chemist* (AOAC, 1990) recomienda la determinación de vitaminas del complejo B mediante métodos microbiológicos, espectrofotométricos y fluorométricos. La cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) ha sido la principal técnica de análisis de las mezclas de vitaminas (Kwok, 1981, Gennaro, 1991) y más recientemente se ha utilizado la electroforesis capilar para separar dichas mezclas (Fujiwara, 1988; Buskov, Müller, Sorensen, et al, 1998).

Los detectores fluorométricos y espectrofotométricos acoplados a HPLC han sido empleados para el análisis de las vitaminas B1, B2, B6, B12 y la nicotinamida, tanto en preparaciones farmacéuticas como en fuentes naturales.

La cromatografía de fase reversa, por su parte, ha sido utilizada principalmente en el estudio de estos compuestos (Rizzolo y Polesello, 1992); y para mejorar los resultados del análisis cromatográfico se ha incorporado la utilización de pares iónicos (Lam, Molcomb y Fusaki, 1984),<sup>7</sup> (González, et al, 1987)<sup>8</sup>.

La determinación simultánea de vitaminas constituye una vía muy favorable para el análisis y es aplicable a diferentes fuentes naturales. La complejidad de las sustancias naturales hace necesario el empleo de procedimientos de purificación seguidos de lavados exhaustivos para garantizar una adecuada recuperación de las vitaminas (Augustin, Klein, Becker y Venuggopal, 1985; Dalbacke y Dahlquist, 1991). A este respecto, se encuentran reportes en los cuales se aplica el intercambio iónico, así como tratamientos químicos y enzimáticos unidos a extracción en fase sólida para llevar a cabo la preparación de las muestras.

La harina de trigo es un alimento rico en carbohidratos y aunque sus aportes nutricionales son importantes, cabe destacar que tiene las siguientes concentraciones de vitaminas y minerales, por gramo: 1 mg. de hierro, 17 mg. de calcio, 0,11 mg. de vitamina B1, 0,03 mg. de vitamina B2, 2,33 mg. de vitamina B3, 0,40 µg y 16 µg. de vitamina ácido fólico; debido a estos contenidos tan bajos en micronutrientes y al alto consumo de los productos elaborados a base de ella, la harina comercial debe fortificarse con vitamina B1, vitamina B2, vitamina B3, ácido fólico, hierro y calcio<sup>11</sup> (Tester y Debon, 2000), de acuerdo con lo estipulado en el Decreto 1944 de 1996.

La fortificación es una de las estrategias más importantes para aumentar la ingesta de las vitaminas y los minerales de importancia para la salud pública, y así mejorar el estado de nutrición de las personas, de forma continua y autosostenida (SunnyKim, 2005).

Debido a que la harina de trigo es el vehículo más utilizado para esta fortificación y que, como materia prima para la elaboración de productos de panadería, requiere temperaturas superiores a 100°C, es muy factible la transformación de sus componentes nutricionales: la degradación de las vitaminas por su carácter termolábil e hidrosoluble, además, el refinado elimina muchas vitaminas, fibras y buena parte de los minerales. Por ejemplo, la harina integral refinada pierde el total de vitamina A; también la cocción destruye una buena parte de vitaminas, bioflavonoides y altera la estructura proteica.

La vitamina B<sub>2</sub> es estable ante el calor y al contacto con el aire (oxidación). Sin embargo, es sensible a la luz, factor primario para su destrucción. La vitamina B<sub>1</sub>, o tiamina, es altamente inestable, por ello se pierde ante la cocción, de acuerdo con la temperatura y la acidez del medio (Wang y White, 1994).

En el presente trabajo se estudian las vitaminas B1, B2, B3, el ácido fólico, el calcio y el hierro presentes en la harina de trigo, la masa y productos de panadería, con el objetivo de evaluar la efectividad de la fortificación como fuente de suministro de estos nutrimentos, partiendo de estudios desarrollados en otros países con semejantes propósitos. (Molloy, 1990).

## **Materiales y métodos**

### **Materia prima**

Se utilizó una muestra de harina de trigo comercial a la cual se le aplicó la técnica del cuarteo, se seleccionó una cantidad superior a la necesaria para los ensayos (200 g); la muestra de masa se extrajo de un trozo de la masa original (500 g), para el pan se seleccionó una muestra al azar (equivalente a 250 g) de la producción total. Las muestras se secaron en estufa a 60°C durante 48 horas, luego se molieron y tamizaron a 60µm; las harinas resultantes se almacenaron en bolsas plásticas selladas para análisis posteriores (Mestres C P Colonna, 1988).

### **Elaboración de masa y pan**

Para la elaboración de la masa se deben mezclar 12500 g de harina con 250 g de sal, 1250 g de azúcar en un recipiente y levadura, luego se incorporan 5000 g de agua y se mezclan por 5 minutos en primera y 10 minutos en segunda velocidad, hasta conseguir una masa firme, esponjosa y elástica. Posteriormente se forma una bola y se coloca en un recipiente tapado que permita la aireación de la masa, se deja reposar aproximadamente por 30 minutos (dependiendo de la humedad y la temperatura), hasta que la masa doble su volumen, se arman los panes, se brillan con una mezcla de agua y huevo y se hornean durante 20 min a 190°C.

## **Análisis físicos y químicos**

Las muestras de harina de trigo, masa y pan se analizaron en función de su composición química usando los siguientes métodos:

El contenido de humedad se determinó por secado según el método NTC 282, contenido de minerales por carbonización de la muestra según el método NTC 282; contenido de proteína por digestión y destilación según el método NTC 282; contenido de grasa por extracción tipo Twisselman, Butt, Soxhlet o Gold-Fish según el método NTC 668; contenido de fibra por digestión según el método NTC 668; el contenido de carbohidratos se realizó por diferencia y el valor calórico por cálculo, de acuerdo al siguiente aporte nutricional por gramo.

Carbohidratos	4 Kcal/g
Grasas	9 Kcal/g
Proteínas	4 Kcal/g

Fuente: los autores

La determinación de color se realizó en un medidor de color marca *Minolta*, determinando los valores L, a, b, c y h y la determinación de actividad de agua utilizando un equipo de medición del contenido de agua por punto de rocío marca *Aqualab*.

## **Determinación de vitaminas por HPLC**

### **Reactivos**

En el estudio se utilizó tiamina, riboflavina, niacina y ácido fólico estándares USP. Se emplearon como reactivos: ácido ortofosfórico (Fluka, Buchs, Suiza), metanol grado HPLC (Merck, Darmstadt, Alemania), hexanosulfonato de sodio y cianuro de sodio (BDH, Poole, UK).

El agua fue purificada en un sistema Milli-Q (Millipore, Milford, MA, USES). Se empleó como solución de extracción para la tiamina y la niacina solución de ácido acético a pH 4.5 y para la rivo flavina y ácido fólico solución de extracción hidróxido de sodio con un 9.0 de pH.

### **Sistema cromatográfico**

El sistema HPLC consistió en un Cromatógrafo líquido marca perkinelmer series 200, inyector manual equipado con reguladores de volumen de 20 y 100  $\mu$ L, columna C18, así como un Detector UV-VIS, programado a una longitud de onda de 271 nm. Se utilizó como fase móvil Buffer fosfato 0.02M : acetonitrilo y un tiempo de corrida de 25 minutos. Para la tiamina y la niacina se utilizó una solución de extracción de ácido acético a pH 4.5 y para la riboflavina y el ácido fólico una solución de extracción de hidróxido de sodio a pH 9.0. Para todas las vitaminas el volumen de inyección fue de 20  $\mu$ L y la detección se realizó a 271 nm. Para el análisis cualitativo se procedió a comparar los tiempos de retención de las

señales obtenidas en las muestras de vitamina máxima frente a patrones de cada una de las vitaminas ensayadas. También se realizó la adición de patrones a las muestras para medir el aumento de la señal cromatográfica, empleando para ello el programa integrador del equipo. Para la confirmación, se realizó el análisis espectral de cada señal de cromatografía. Para la cuantificación de todos los factores vitamínicos se empleó el método de curva de calibrado.

El límite de detección y cuantificación, la precisión y la exactitud del método se determinaron a partir de la recta de calibrado para cada vitamina (Quattrocchi, Abelaira y Laba, 1992). Los cromatogramas obtenidos fueron evaluados, determinándose en cada caso los valores de área bajo la curva correspondientes, empleando las rectas de calibrado para hallar el valor de concentración para cada una de las vitaminas. Para el cálculo del contenido de tiamina, niacina, riboflavina y ácido fólico se empleó la siguiente ecuación:

$$A = 450Ciny$$

Donde: *A* son los mg de vitamina en 100 g de muestra y *Ciny*: la concentración de la muestra inyectada.

## Determinación de calcio y hierro por absorción atómica

### Reactivos

- Acido nítrico (HNO<sub>3</sub>) 1M, preparado a partir del reactivo concentrado al 65% Sigma Aldrich.
- Ácido clorhídrico fumante (HCl) concentrado al 37 % de Merck.
- Solución Estándar certificado AA de 1000 ppm de hierro y calcio, marca panreac.
- Cloruro de potasio al 20 % preparado a partir de la droga sólida de Biopack.

### Equipos

Las masas de las muestras se obtuvieron con una balanza analítica Sartorius, referencia Denver Instrument con una precisión de  $\pm 0.1$  mg. Se utilizó un Espectrómetro GBC Referencia SensAA.

Los parámetros y condiciones instrumentales empleados se enumeran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Condiciones instrumentales

Parámetros	calcio	Hierro
Principio	Absorción	Absorción
Corriente de lámpara	10 mA	7mA
Longitud de onda (nm)	422.7	372
Ancho de rendija (nm)	0.5	0.2
Tipo de llama	Oxido nitroso-acetileno	Aire-acetileno

Fuente: Los autores

## **Preparación de las soluciones**

Para la determinación de calcio se utilizó una curva de trabajo compuesta por 4 estándares preparados a partir de la solución patrón de 1000 mg/L: 1, 2, 3, 4 mg/L, con una concentración final de 0.2 % de cloruro de potasio (anti interferente).

Para la determinación de hierro, la curva de trabajo preparada a partir del patrón 1000 mg/L fue: 5, 20, 30, 40 mg/L.

## **Análisis estadístico**

Los datos fueron organizados utilizando el sistema STATGRAPHICS PLUS 5.1 versión DEMO con el fin de evaluar el efecto sobre las diferentes características para las muestras.

El análisis estadístico comprende las medidas de tendencia central, de variabilidad, y de forma; siendo de particular interés los coeficientes de asimetría y curtosis, los que son utilizados para determinar si las muestras poseen homogeneidad al interior de las mismas y si poseen la tendencia a provenir de una distribución normal de los datos.

Por otro lado, se llevaron a cabo análisis correlacionales de Pearson, con el fin de determinar el grado de relación entre variables para las muestras bajo estudio; teniéndose en cuenta que dichas correlaciones oscilan entre -1 (correlación negativa fuerte, relación inversa) y +1 (correlación positiva fuerte, relación directa).

Además de los análisis anteriores, se aplicó un diseño experimental completamente aleatorizado, cuyo modelo es:

$$y_i = \mu + T_i + \varepsilon_i$$

Donde:

$y_i$ : Variable Respuesta, para el presente estudio aw y Color

$T_i$ : Efecto del i-ésimo tratamiento, para este caso la harina, masa y pan, respectivamente.

$\varepsilon_i$ : Error experimental atribuido al i-ésimo tratamiento

## **Resultados y discusión**

### **Análisis Químicos**

En la tabla No.2 se presentan los resultados de la caracterización química de la harina de trigo, masa y productos elaborados.

**Tabla 2.** Caracterización química de la harina de trigo, masa y productos elaborados

ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADOS		
		HARINA DE TRIGO	MASA	PAN
HUMEDAD	NTC 282	12,60%	40,87%	29,95%
MINERALES	NTC 282	1,06%	1,51%	1,32%
PROTEÍNA	NTC 282	12,61%	8,00%	9,34%
GRASA	NTC 668	0,50%	6,91%	7,29%
FIBRA	NTC 668	0,46%	0,40%	0,39%
ACTIVIDAD DE AGUA aW	MEDIDOR AQUALAB	0.651	0.97	0.9357
COLOR	MEDIDOR MINOLTA	0,0	5,41908	12,7314
CARBOHIDRATOS	CÁLCULO	65,41%	42,31%	51,66%
VALOR CALÓRICO	CÁLCULO	311 (Kcal/100 g)	263(Kcal/100 g)	309 (Kcal/100 g)

Fuente: Los autores

Al comparar los resultados obtenidos por el análisis proximal para las muestras de harina de trigo, masa y pan, la harina de trigo presentó una humedad del 12,60%, que en comparación con los datos reportados para la misma (humedad 12.80%) no presenta una diferencia significativa. Los porcentajes de humedad para la masa y el pan se encuentran entre los rangos normales establecidos para este parámetro. Al comparar los resultados de minerales encontrados para las tres muestras, con los datos teóricos reportados, observamos que no presentan una diferencia significativa; la harina de trigo presentó un porcentaje de proteínas de 12.61% siendo mayor al de la masa y el pan.

El análisis del porcentaje de fibra permitió comprobar que el aporte de fibra es bajo en las tres muestras.

Los valores de la actividad de agua muestran la fracción del contenido de agua total de las muestras que está libre y, en consecuencia, disponible para el crecimiento de microorganismos y para que se puedan llevar a cabo diversas reacciones químicas que afectan su estabilidad. El análisis de los datos demostró que la muestra más vulnerable es la masa, obteniendo valores de 0.97, lo cual fue altamente significativo (P valor= 0.00001). Los valores de aw obtenidos están relacionados directamente con la textura de las muestras. Las muestras con una aw elevada como es el caso de la masa 0.97 y el pan 0.9357 tienen una textura más jugosa, tierna y masticable. En cambio, la harina con un valor de aw de 0.651 demuestra la textura propia de las harinas; si su aw aumenta, la textura cambia, produciéndose el reblandecimiento de la harina (P valor= 0.00001).

El color (Francis & Clydesdale, 1975) es un atributo importante tanto para la harina como los productos elaborados con ella. La apreciación de esta cualidad puede dar lugar a ideas preconcebidas acerca de otros factores de calidad como son el sabor y el aroma.

Los resultados obtenidos muestran el cambio de color de la masa y el pan respecto a la masa, que en este caso hace de blanco. Los valores obtenidos demuestran que la masa

adquirió un valor de color significativo ( $p$  valor=0.00001) diferente al de la harina, en el caso del pan el cambio es más representativo.

### Determinación de vitaminas por HPLC

Los cromatogramas procesados muestran una señal con tiempo de retención de 25 min similar al de los patrones; lo cual fue confirmado por la adición de patrones de cada una de las vitaminas con el consecuente aumento de las señales cromatográficas marcadas para cada caso. El análisis espectral de las señales mostró espectros similares al de los patrones de las correspondientes vitaminas, esto permitió confirmar la presencia de estos factores vitamínicos en las muestras.

Para la cuantificación de las vitaminas del complejo B, se empleó el método de curva de calibrado. En la evaluación de cada vitamina se comprobó la linealidad de la respuesta analítica. La precisión del sistema, expresada en términos de repetibilidad y reproducibilidad, muestra coeficientes de variabilidad menores al 2%.

También se evaluaron los límites de detección y cuantificación siendo de 0.3 y 0.6 en la B1, 0.015 y 0.025 en la B2, 0.08 y 0.1 en la B3, y de 0.035 y 0.05 para el ácido fólico.

Una vez evaluado el método, se determinó el contenido vitamínico de las muestras de harina de trigo, masa y pan (Tabla 3).

**Tabla 3.** Cuantificación de vitaminas en la harina de trigo, masa y pan

ANÁLISIS	MÉTODO	HARINA DE TRIGO	MASA	PAN
TIAMINA (VIT. B1) mg/100g	HPLC	5.78	6.50	0.74
RIBOFLAVINA (VIT. B2) mg/100g	HPLC	3.65	4.75	1.59
NIACINA (VIT. B3) mg/100g	HPLC	52.31	59.61	13.58
ÁCIDO FÓLICO $\mu$ g/100g	HPLC	1421	1568	637.67

Fuente: Los autores

Dichos resultados corroboran la diferencia significativa entre las concentraciones de vitaminas del complejo B adicionadas en la harina de trigo y las que realmente quedan en los productos elaborados; el aumento en las concentraciones para la masa se debe a la adición de diferentes ingredientes ricos en estas vitaminas.

### Contenido de calcio y hierro

En la tabla 4, se presenta el comportamiento del contenido de calcio y hierro en la harina de trigo, masa y los productos elaborados.

**Tabla 4.** Cuantificación de calcio y hierro en la harina de trigo, masa y pan

ANÁLISIS	MÉTODO	HARINA DE TRIGO	MASA	PAN
CALCIO mg/kg	A.A	316.20	238.80	293.32
HIERRO mg/kg	A.A	84.18	113.69	71.95

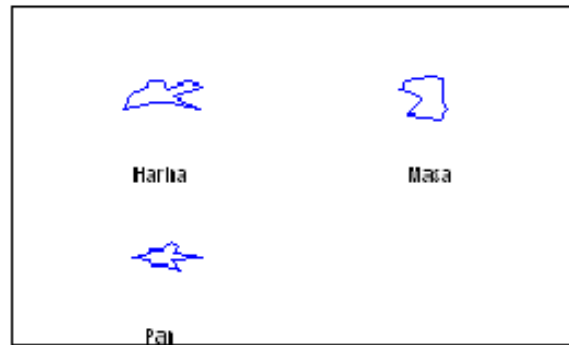


En la concentración de calcio y hierro se evidencia una disminución en la concentración en los productos elaborados comparados con la concentración en la harina de trigo, sin embargo estas no son significativas.

### Análisis correlacionales

En las figuras 1 y 2 se presentan el resultado de los análisis correlacionales en cuanto a aw, humedad, color, fibra, proteína, grasa, minerales, carbohidratos, valor calórico, calcio, hierro, vitamina B1, B2, B3 y ácido fólico de la harina de trigo, masa y pan.

**Figura 1.** Análisis correlacionales



Fuente: Los autores

Los análisis descriptivos para harina, masa y pan muestran valores estandarizados, y la asimetría se encuentran dentro del rango esperado; como se muestra en la figura 1, en la cual se puede apreciar que la masa es la muestra que presenta mayor estabilidad, u homogeneidad interna en las variables, en el caso de la harina y el pan se presentan unos picos que denotan cambios bruscos o dramáticos en las diferentes variables.

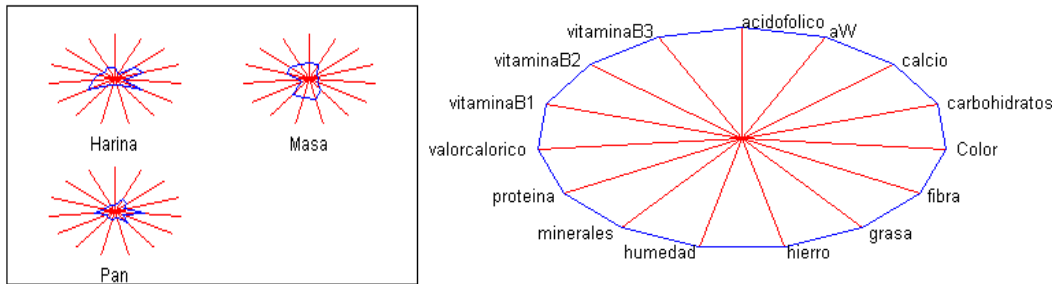
En el caso de las variables calcio, fibra y valor calórico son aquellas que presentan mayor estabilidad, en las pruebas su variabilidad es baja y está por debajo del 15% en el coeficiente de variación. Lo cual denota una homogeneidad en la respuesta obtenida en las pruebas realizadas.

Sin embargo, se aprecia que el color, la grasa, vitamina B1, B2, B3, humedad y ácido fólico presentan una alta variabilidad estadística, lo cual indica un cambio sustancial entre cada una de las muestras evaluadas y al interior de cada una de ellas; es decir, hay un alto cambio en su composición en cada una de las tres muestras.

En los datos de las correlaciones de Pearson se evidencia la correlación entre cada una de las variables. Estos coeficientes de correlación de rango entre -1 y +1 permitieron medir la fuerza de la relación lineal entre las variables.

Los picos más pronunciados (Gráfico izquierdo, figura 2) en las graficas de radiales están evidenciando más variabilidad de los componentes comparándolos con las otras muestras.

**Figura 2.** Correlaciones de Pearson



Fuente: Los autores

Cuando se analizaron las correlaciones de variables, se pudo apreciar correlación negativa entre el ácido fólico y el color, indicando que a medida que aumenta el color disminuye la concentración de ácido fólico; el aw tiene una correlación negativa con la concentración de calcio, carbohidratos y con la fibra, indicando que a medida que aumenta el aw disminuyen las concentraciones de los otros tres y tiene una correlación positiva fuerte con el color y con la grasa; el calcio se correlaciona positivamente con la concentración de carbohidratos, y negativamente con el porcentaje de grasa; los carbohidratos se correlacionan positivamente con la fibra y negativamente con la grasa; cuando aumenta el color hay una disminución en la composición de fibra y un aumento en la concentración de la grasa; a medida que aumenta la fibra disminuye la composición de grasa. Entre las otras variables se presentan correlaciones positivas entre el hierro y el ácido fólico, negativa entre el hierro y el calcio, la humedad se correlaciona positivamente con el aw y negativamente con el calcio, los carbohidratos y la fibra, pero positivo con la grasa; los minerales se correlacionan positivamente con aw, calcio, grasa, proteína y negativamente con carbohidratos y fibra; el valor calórico correlaciona positivamente con el calcio y los carbohidratos.

La vitamina B1 se relaciona positivamente con el ácido fólico y negativamente con el color; la Vitamina B2 se relaciona positivamente con el ácido fólico y negativamente con el color; la Vitamina B3 positivamente con ácido fólico y negativamente con el color; el ácido fólico se correlaciona positivamente con el hierro, vitamina B1, B2 y B3.

### Conclusiones

Para el caso de aw, se aprecia un efecto altamente significativo para la harina, el pan y la masa, bajo una confiabilidad del 99%, para esta variable, se evidencia un cambio significativo cuando se pasa de harina a masa y luego pan.

En la humedad se aprecia también un efecto altamente significativo por parte de las tres muestras, existe un cambio altamente significativo para la humedad de la harina la masa y el pan para esta variable. Sin embargo, se presenta un fenómeno similar al sucedido con el aw donde en la masa se presenta mayor promedio y disminuye para el caso del pan. Los valores obtenidos para la harina de trigo fueron de 12,60%, que, en comparación con los datos reportados para la misma (humedad 12.80%), no presenta una diferencia significativa. Los porcentajes de humedad para la masa y el pan se encuentran entre los rangos normales establecidos para este parámetro.

Cuando se evalúa la variable color también se aprecia un efecto altamente significativo, sin embargo el color cambia ostensiblemente de harina a masa y de masa a pan, donde el mayor promedio lo obtuvo el pan con un valor de 12.76, en la masa fue de 5.42, partiendo de 0 que fue el patrón de la harina.

Cuando se realizan los análisis multivariados de la harina manovas, se denota que hay un efecto altamente significativo de las tres variables, aw, color y humedad en función del tipo.

El análisis del porcentaje de fibra permitió comprobar que el aporte de fibra es bajo en las tres muestras.

El análisis muestra la proyección para todas y cada una de las variables, resaltando y ratificando la estabilidad interna que presenta la masa; se aprecia una alta inestabilidad en la fase harina, una buena estabilidad en la masa y aunque hay inestabilidad en el pan, esta es más estable que la harina.

La cuantificación de vitaminas del complejo B realizada por la técnica de HPLC, es satisfactoria y confiable. Pudiéndose determinar el contenido de vitaminas del grupo B presentes en la harina de trigo, masa y pan; mostrando que en la transformación de la harina de trigo en pan se pierde el 87.2% de la vitamina B1, 56.44% de la vitamina B2, 74.04% de la vitamina B3 y 55.13% del ácido fólico. En la determinación de minerales se pudo comprobar que también existen pérdidas significativas para el calcio y el hierro, obteniéndose valores de 7.23% para el calcio y 14.53% para el hierro.

### **Referencias bibliográficas**

- AOAC. (1990). Association of Official Analytical Chemist. Official Methods of Analysis. Washington D.C.
- Augustin J., Klein B. P., Becker D. & Venuggopal, P. (1985). Methods of vitamin assay. *Wiley Interscience, USA*. (497-502).
- Buskov, S., Müller, P., Sorensen, H., et al. (1998). Determination of vitamins in food based on supercritical fluid extraction prior to micellarelectrokinetic capillary chromatographic analyses of individual vitamins. *J. Chromatograph. A*. 802 (1), 233-241.

- Dalbacke, J. & Dahlquist, J. (1991). Determination of vitamin B12 in multivitamin-multimineral tablets by highperformance liquid chromatography after solid fase extraction. *J.Chromatogr.* (541), 383-392.
- Francis, F. & Clydesdale, F. (1975). Food colorimetry: Theory and applications, AVI Publishing Co.
- Fujiwara, S., Iwase, S. & Honda, S. (1988). Analysis of agua-soluble vitamins by micellarelectokinetic capillary chromatography. *J. Chromatogr.* 447(1), 133-140.
- Gennaro, M. (1991). Separation of agua-soluble vitamins by reversed-fase ion-interaction-reagent high performance liquid chromatography: application to multivitamin pharmaceuticals. *J. Chromatogr.* 29(9), 410-415.
- González, H. Arques, J., Font, G. & Mañes, J. (1987). Determinación de vitaminas del grupo B mediante cromatografía líquida de alta resolución. *An. Real Acad. Farm.* (53), 602-608.
- Kwok, P., Rose, W., Tabor, R. & Pattison, T. (1981). Simultaneous determination of vitamins B1, B2, B6, and niacinamide in multivitamin pharmaceutical preparations by paired-ion reversed-fase high pressure liquid chromatography. *J. Pharm. Sci.*, 70, 10-14.
- Lam, F., Molcomb, I. & Fusaki, S. (1984). Liquid chromatographic assay of ascorbic acid, niacinamide, piridoxina, tiamina and riboflavina in multivitamin-mineral preparations. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 67(5), 1007-1011.
- Mestres, C. & Colonna, A. (1988). Buleon Gelation and crystallisation of maize starch after pasting, drum-drying and extrusion cooking. *J cereal sci* (7), 123-134.
- Ministerio de Salud. “Decreto 1944 de octubre 28 de 1996”. “Por el cual se reglamenta la fortificación de la harina de trigo y se establecen las condiciones de comercialización, rotulado, vigilancia y control”. Bogotá: Ministerio de Salud.
- Molloy, F. (1990). Utilized and potentially utilizable seaweed on the Namibian coast: Biogeography and accessibility. *Hydrobiologia*, (204/205), 293-299.
- Quattrocchi, O.A., Abelaira, S. & Laba, F. (1992). Introducción a la HPLC. *Merck Argentina* (Buenos Aires), 40-63.
- Rizzolo, A. & Polesello, S. (1992). “Chromatographic determination of vitamins in foods”. *J. Chromatograph.*, (624), 103-152.

Sunny, K. (2005). OPS, “Código de prácticas para la fabricación de premezclas alimenticias”, Unidad de Nutrición, Área de Salud familiar y comunitaria, Washington D.C.

Tester, R. & Debon, S. (2000). Annealing of starch: a review. *International journal of biological macromolecules*, (27), 1-12.

Wang, L. & White, P. (1994). Structure and properties of amylose, amylopectin and Intermediate materials of oat starches. *Cereal Chemistry*, 71 (5), 263-268.