

Fortificación de Alimentos

Harina de Trigo

Fundamento

El trigo es el cereal producido en forma más extensa en el mundo. La mayor parte del trigo se destina a consumo humano; por lo tanto, su aporte a la ingesta calórica es significativo, particularmente en las Américas y el Medio Oriente (Cuadro 1).

El procesamiento del trigo entero a harina de trigo generalmente se concentra en unos pocos molinos grandes. La harina producida se usa para fabricar pan, galletas, pastas y otros productos. Debido a su amplia distribución geográfica, aceptación, estabilidad y versatilidad, la harina de trigo es un vehículo apropiado para suministrar micronutrientes a la humanidad.

Contenido de Micronutrientes del Trigo y la Harina de Trigo

En su estado natural, el trigo es una buena fuente de vitaminas B₁ (tiamina), B₂ (riboflavina), niacina, B₆ (piridoxina), E, hierro y zinc.

Sin embargo, debido a que la mayoría de estos nutrientes se concentran en las capas externas del grano de trigo (Figura 1), se pierde una proporción significativa durante el proceso de molienda. Para tasas de extracción más bajas de harina (harinas más refinadas), la pérdida de vitaminas y minerales es mayor (Figura 2).

Nutrientes que Comúnmente se Agregan a la Harina de Trigo

En los países desarrollados, la harina de trigo generalmente es fortificada con vitaminas B₁, B₂, niacina y hierro. En algunos países se agrega también calcio y folato. Las vitaminas A y D también se pueden agregar a la harina.

Los niveles de vitamina B₁, niacina y hierro que se agregan a la harina de trigo con frecuencia son equivalentes a la cantidad que se pierde durante la molienda. Es decir, se restituyen estos micronutrientes por lo que la harina es enriquecida. En el caso de otros micronutrientes tales como la vitamina B₂, la cantidad que se agrega es superior a la cantidad perdida durante la molienda, por lo tanto, la harina es fortificada.

La fortificación en lugar del enriquecimiento se realiza cuando la dieta global es deficiente en algún micronutriente en particular y el restablecimiento de los micronutrientes perdidos no suplen ese déficit.

Cuadro 1
Consumo Per Cápita de Trigo en Países Seleccionados

País	Consumo (g/persona/día)	% de Ingesta Calórica Diaria
Pakistán	318	45
Turquía	484	44
Siria	490	44
Chile	372	42
Egipto	397	35
Grecia	371	28
Argentina	344	28
Uruguay	269	26
Bolivia	159	20
Sudáfrica	191	18
Perú	136	17

Figura 1
Diagrama Esquemático del Grano de Trigo

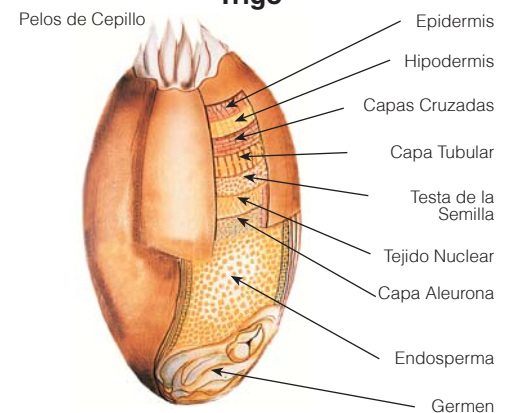
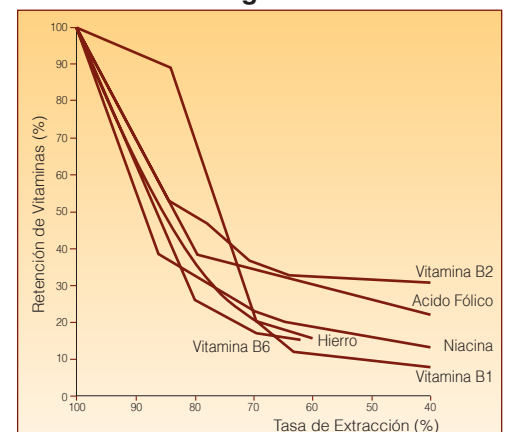


Figura 2
Cambios en el Contenido de Micronutrientes del Grano de Trigo con la Molienda



Adaptado de FAO. 1970. Wheat in Human Nutrition y Thomas B. 1968. Nutritional - physiological views in processing cereal products. Vegetables. 15:360.

Cuadro 2
Ejemplo de la Composición de la Premezcla

Nutriente	Nivel (mg/kg de harina)	Forma del Producto	Premezcla g/kg
Vitamina B ₁	4.45	Mononitrato de Tiamina	61.80
Vitamina B ₂	2.65	Riboflavina	36.90
Niacina	35.62	Nicotinamida	494.70
Hierro	30.20	Hierro Reducido	406.60

Dosis: 72 g/ton de harina

Tecnología

La tecnología para fortificar la harina es simple. Primero se necesita una premezcla de los micronutrientes que se desean agregar (Cuadro 2). La ventaja de utilizar una premezcla en lugar de agregar los micronutrientes de a uno es que existen mayores posibilidades de asegurar:

- La concentración adecuada de micronutrientes
- Una distribución uniforme de micronutrientes

Más aún, la logística de agregar micronutrientes a la harina será más simple y existirán mayores probabilidades de que el sistema de aseguramiento de la calidad sea eficaz.

El proceso de fortificación en sí se logra agregando micronutrientes a través de un alimentador volumétrico (Figura 3) ubicado hacia el final del proceso de molienda.

El alimentador que se usa con mayor frecuencia está formado por un tornillo alimentador giratorio que es operado por un motor de velocidad variable. El tornillo gira dentro de una cámara que contiene la premezcla e impulsa esta premezcla a través de una descarga.

La cantidad de premezcla que se agrega a la harina se puede modificar variando la velocidad del motor. La concentración de la premezcla que se agrega a la harina se puede calcular pesando la cantidad de premezcla depositada por el alimentador en un minuto, dividido por el volumen del flujo que pasa por debajo durante el mismo período de tiempo. La premezcla puede ser alimentada directamente a la harina por *gravedad* o por convección de aire usando un sistema *neumático*. La homogeneidad de los micronutrientes en la harina fortificada depende en gran medida de la ubicación del alimentador. Es muy importante que los micronutrientes se mezclen bien con la harina. En el sistema que opera por gravedad, la experiencia ha demostrado que el lugar más apropiado para agregar los micronutrientes es alrededor del punto medio del transportador de tornillo sin fin que recoge la harina de todos los pasos del molino, justo antes del almacenamiento a granel o ensacado (Figura 4). Si el alimentador se coloca más hacia el principio del tornillo sin fin, la cantidad de harina en el transportador será muy pequeña. Por otra parte, si se coloca el alimentador hacia el final del transportador de tornillo sin fin, no se logrará la homogeneización necesaria.

En el sistema neumático, los alimentadores se pueden colocar en una ubicación centralizada remota.

El costo del alimentador fluctúa entre US\$2000 y US\$5000, dependiendo de si se instala un sistema de gravedad o uno neumático y la calidad del dispositivo.

Estabilidad de los Micronutrientes

En los alimentos, la estabilidad de las vitaminas es más precaria que la de los minerales porque las vitaminas son más sensibles al calor, la oxidación y los agentes

Figura 3
Alimentador Volumétrico para Agregar la Premezcla de Micronutrientes

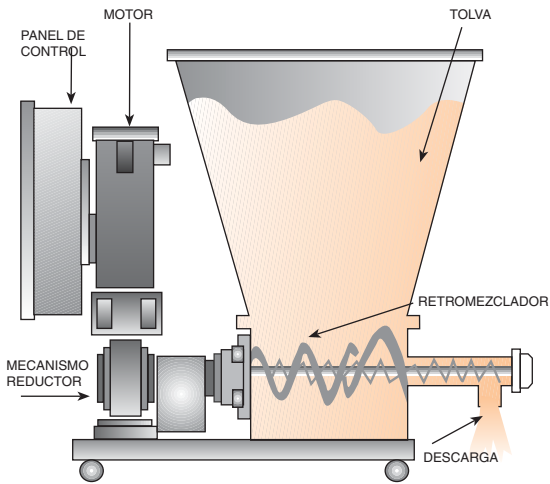
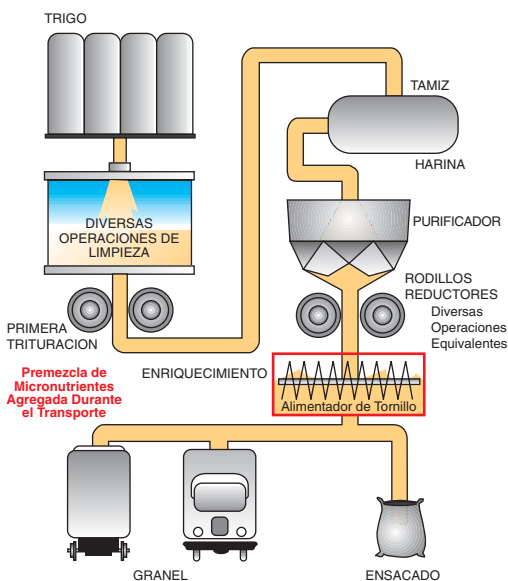


Figura 4
Diagrama de Producción Simplificado de la Molienda de Harina



reductores, la luz y otros tipos de estímulos físicos y químicos.

Las vitaminas son estables en la harina como tal, aún cuando la humedad y temperaturas altas, juntas, afectan adversamente la vitamina A. El uso de formas encapsuladas de vitamina A ayudará a superar el problema. Se ha comprobado que se produce la pérdida de cantidades menores de otras vitaminas durante el almacenamiento de la harina (Cuadros 3 y 4).

La mayor parte de las pérdidas de vitaminas se produce durante el horneado, que es el proceso más común para preparar los productos a base de harina de trigo. A pesar de que las temperaturas de horneado son altas (sobre 200°C), la temperatura en el interior del producto es significativamente más baja, y más del 70 por ciento de las vitaminas permanecen inalteradas (Cuadro 5). Similarmente, entre el 65 y 85 por ciento de las vitaminas permanecen intactas después de cocinar las pastas (Cuadro 6).

Cuadro 3
Retención de Nutrientes en la Harina con 9% de Humedad a Temperatura Ambiente

Nutriente	Declaración en la Etiqueta	Nivel por Kg			
		Inicial	2 meses	4 meses	6 meses
Vitamina A, IU	16,534	18,078	18,078	17,681	17,526
Vitamina B ₆ , mg	4.41	5.18	4.85	5.07	4.85
Vitamina E, IU	33.07	35.05	35.05	35.05	35.05
Acido Fólico, mg	0.66	0.82	0.66	0.77	0.66
Vitamina B ₁ , mg	6.39	7.50	NR	NR	7.50

Cuadro 4
Retención de Nutrientes en la Harina con 9% de Humedad a 45°

Nutriente	Declaración en la Etiqueta	Nivel por Kg			
		Inicial	1 mes	2 meses	3 meses
Vitamina A, IU	16,534	18,078	16,534	14,175	12,919
Vitamina B ₆ , mg	4.41	5.18	4.85	4.85	4.63
Vitamina E, IU	33.07	35.05	35.05	35.27	35.49
Acido Fólico, mg	0.66	0.82	0.66	0.57	0.75
Vitamina B ₁ , mg	6.39	7.50	NR	NR	NR

NR = No registrado

Cort, W.M., B. Borenstein, B., J.H. Harley, M. Osadca, y J. Scheiner, 1975, Nutrient Stability of Fortified Cereal Products. 35ava Reunión IFT, Chicago, Ill.

Control de Calidad

La determinación de micronutrientes en la harina se puede hacer mediante los métodos clásicos (ej. fluorimetría para la vitamina B₁ y B₂ y espectrofotometría para el hierro), o a través de métodos más rápidos que necesitan equipos más sofisticados (ej. HPLC para la vitamina A, ácido fólico y niacina y absorción atómica para el hierro).

Es importante establecer normas de control de calidad para las premezclas comerciales y la harina fortificada.

Legislación

La fortificación obligatoria de la harina está aumentando a nivel mundial. Actualmente la legislación o reglamentación de 14 países dictamina la fortificación de la harina de trigo

Cuadro 5
Pérdidas de Nutrientes Durante el Proceso Habitual de Horneado del Pan

Nutriente	% de Pérdida Durante el Horneado
Vitamina A	10 - 20
Vitamina B ₁	15 - 25
Vitamina B ₂	5 - 10
Niacina	0 - 5
Acido Fólico	20 - 30

F. Hoffmann - La Roche. Información no publicada. Basilea.

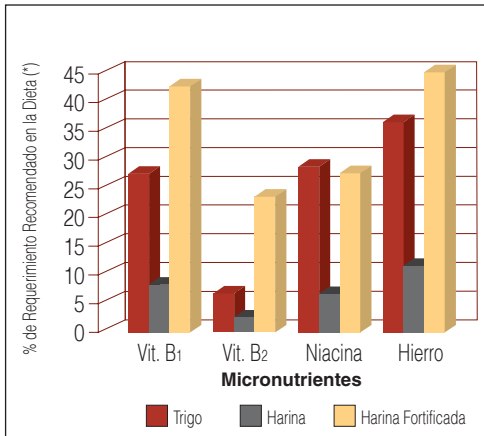
Cuadro 6
Pérdidas de Vitaminas en Pastas de Trigo Duro después de su Secado y Cocción

Nutriente	% de Pérdida Después de Secado (75°C)	% de Pérdida Después de Cocción
Vitamina A	13	17
Vitamina B ₁	0	32
Vitamina B ₆	5	35
Niacina	0	30

F. Hoffmann La Roche. 1990. Vitamins and Carotenoids in Pasta. Basilea.

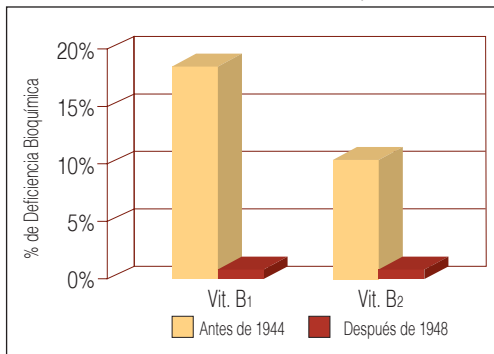


Figura 6
Aporte de Nutrientes por 100 g de Diferentes Productos de Trigo



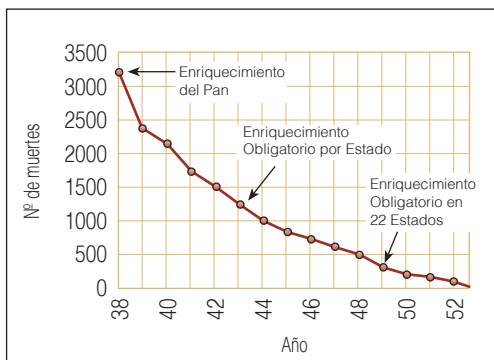
Code of Federal Regulations. 1973. Enrichment Levels of Baked Goods, Flour Farina, etc. Title 21, 15,525. Nutrient data: ESHA Research, Food Processor II NCR. 1989. Recommended Dietary Allowances.

Figura 7
Impacto Bioquímico del Enriquecimiento de la Harina en Terranova, Canadá



Aykroyd, WR. et al 1949. Medical Survey of Nutrition in Newfoundland 1948. The Canadian Med. Assoc. Journal. 60:4.

Figura 8
Muertes por Deficiencia de Niacina en EE.UU. Asociación con el Enriquecimiento de la Harina de Trigo



Miller, D.F. 1995. Enrichment Programs Helping Mother Nature Along. Food Prod. Dev. 12:4 30-38.

con diversos micronutrientes (Cuadro 7). Otros países también están contemplando esta alternativa. El bajo costo y la simplicidad de la tecnología usada ha convertido a la fortificación en uno de los métodos más socorridos para combatir la desnutrición por carencia de micronutrientes. La Figura 6, por ejemplo, indica el aporte de la harina fortificada con vitaminas B1, B2 y niacina, como también, hierro para satisfacer el Requerimiento Recomendado en la Dieta (RDA) para los hombres adultos en Estados Unidos.

Cuadro 7

Enriquecimiento Obligatorio de la Harina a Nivel Mundial

País	Vitamina B1 (mg/Kg)	Vitamina B2 (mg/Kg)	Niacina (mg/Kg)	Acido Fólico (mg/Kg)	Hierro (mg/Kg)
Canadá	4.4 - 7.7	2.7 - 4.8	35 - 64	(0.4 - 0.5)	29 - 43
Chile	6.30	1.30	13.00		30.00
Costa Rica	4.4 - 5.5	2.6 - 3.3	35.2 - 44.0		28.7 - 36.4
República Dominicana	4.45	2.65	35.62		29.29
Ecuador	4.45	7.48	83.58	0.59	58.65
El Salvador	4.41	2.65	35.30		55 - 65
Guatemala	4.0 - 6.0	2.5 - 3.5	35 - 40	0.35 - 0.45	55 - 65
Honduras	4.40	2.60	35.20		28.70
Nigeria	4.5 - 5.5	2.7 - 3.3	35.5 - 44.4		28.9 - 36.7
Panamá	4.40	2.60	35.20		28.70
Arabia Saudita	≥ 6.38	≥ 3.96	≥ 52.91		≥ 36.30
Reino Unido	≥ 2.4	≥ 16.0	≥ 16.0		≥ 16.5
EE.UU.	6.40	4.00	52.90		44.10
Venezuela	1.50	2.00	20.00		20.00

Nota: Las cifras entre paréntesis indican que el enriquecimiento es opcional
Raunhardt, O. y A. Bowley. 1996. Enriquecimiento Obligatorio de Alimentos. Nutriview 1.

Costos

El costo de fortificar la harina de trigo es mucho menor que lo que se reconoce generalmente. Por ejemplo, el costo total de agregar nutrientes obligatorios a la harina en EE.UU. (es decir, 6,4 mg/kg de Vitamina B1, 4,0 mg/kg de vitamina B2, 52,9 mg/kg de niacina y 44,1 mg/kg de hierro), es inferior a US\$1 por tonelada métrica de harina. Esto representa el 0,1 por ciento del costo de la harina en los locales comerciales.

Por otra parte, si el costo en EE.UU. se calcula sobre una base por persona por año y el consumo de trigo promedio es 205 g/persona/día, entonces el costo total de la fortificación es US\$0,07 por persona al año.

Además del costo recurrente de los micronutrientes, está el costo de capital de los alimentadores, el que no es muy alto, y el costo recurrente del control de calidad.

Impacto sobre la Salud Pública

Las Figuras 7 y 8 indican la asociación entre las iniciativas de introducción de fortificación y la reducción de las deficiencias de vitamina B1 y B2 en Canadá, y de la deficiencia de niacina en EE.UU., respectivamente.

La anemia ferropriva también ha disminuido en EE.UU., Gran Bretaña, Suecia y Chile, y gran parte de esta reducción se atribuye a la fortificación de alimentos, incluido el pan, con hierro.