

# OPTIMIZACIÓN DE NIXTAMALIZACIÓN DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) Y DESARROLLO DE UN NUEVO PRODUCTO ALIMENTICIO

## BEANS (*Phaseolus vulgaris* L.) NIXTAMALIZATION OPTIMIZATION AND DEVELOPMENT OF NEW FOOD PRODUCT

**Paula Téllez-Téllez<sup>1</sup>; Adriana Arellano San Vicente<sup>1</sup>; María Ofelia Buendía-González<sup>1\*</sup>; Juan Velázquez Mendoza<sup>2</sup>; Griselda Vázquez Carrillo<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco, km 38.5, Chapingo, Estado de México, C. P. 56230. MÉXICO.

<sup>2</sup>Colegio de Posgraduados. Carretera México-Texcoco, km 36.5, Montecillos, Estado de México, C. P. 56230. MÉXICO.

<sup>3</sup>Laboratorio de Calidad de Maíz, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Carretera México-Texcoco, km 38.5, Chapingo, Estado de México, C. P. 56230. MÉXICO.  
Correo- e: ofeliabg@hotmail.com (\* Autor responsable).

### RESUMEN

El propósito del presente estudio fue desarrollar una nueva alternativa de uso para frijol envejecido de testa clara, mediante la optimización del proceso de nixtamalización de frijol para la obtención de harina (HFN) que pueda ser utilizada como sustituto parcial del ingrediente principal en la elaboración de productos de alto consumo en México como la tortilla de mesa. Se nixtamalizaron dos variedades de frijol endurecido de testa clara (Bayomex y Flor de mayo). Se trabajó con 12 tratamientos de nixtamalización tradicional, combinando tiempo de cocción (35, 40, 45 y 50 min), tiempo de reposo (12, 13, 14 y 15 h) y concentración de cal (0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 %). Las condiciones óptimas para obtener harinas de frijol nixtamalizado fueron 35 min de cocción, 12 h de reposo y concentración de 2 % de cal. El contenido de proteína, de calcio y de fibra varió entre ambas variedades en los rangos de 17.02-25.5, 0.80-0.51 y 7.8-8.3 %, respectivamente. Las tortillas hechas con HFN y harina de maíz nixtamalizado en proporción porcentual de 10-90 y 20-80, respectivamente, fueron de buena calidad nutricional y sensorial.

**Palabras clave adicionales:** cocción, concentración, reposo, óptimo, harina.

### ABSTRACT

The purpose of this study was to develop a new alternative for the use of aged beans with clear pericarp by optimizing its nixtamalization process to obtain a flower (NBF) that could be used as a partial substitute of the main ingredient in the elaboration of highly consumed products in Mexico, such as tortillas. Two varieties of bean (Bayomex and Flor de mayo) were nixtamalized. Twelve traditional nixtamalization treatments were used, which were obtained from the combination of four cooking times (35, 40, 45 and 50 min), four resting times (12, 13, 14 and 15 h), and four lime concentrations (0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 %). Results showed that the optimal conditions to obtain flower from nixtamalized bean were 35 min of cooking, 12 h of rest, and 2 % of lime concentration. The protein, lime and fiber contents varied between both varieties within the ranges of 17.02 - 25.5, 0.80 - 0.51 and 7.8 - 8.3 %, respectively. Tortillas made with HBF and nixtamalized corn flower in porcentual proportion of 10-90 and 20-80, respectively, had good nutritional and sensorial quality.

**Additional key words:** cooking, concentration, rest, optimal, flower.

## INTRODUCCIÓN

El frijol constituye una buena fuente de carbohidratos y proteína vegetal, siendo esta última de dos a tres veces mayor que en los cereales. También, contiene cantidades significativas de vitaminas como tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina (B3) y ácido fólico; minerales como hierro, cobre, zinc, fósforo, potasio, magnesio, y calcio y fibra dietética, entre otros compuestos. El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es originario de México por lo que es costumbre consumirlo a nivel nacional. Es un cultivo de gran importancia por la superficie sembrada, que asciende a 1.85 millones de hectáreas con un volumen de producción de 1.31 millones de toneladas (SIACON, 2003). A pesar de la superficie sembrada, los volúmenes de producción no han sido suficientes para cubrir la demanda nacional, desde la década de los años ochenta del siglo pasado, por lo que aproximadamente el 23 % de su consumo se importa. Aunado a esto aproximadamente el 10 % de la producción acopiada se pierde por las condiciones deficientes de almacenamiento, ocasionado por la incidencia de plagas, de hongos y por endurecimiento del grano, entre otros factores (Acosta y Pérez, 2003). Un problema más es la comercialización del producto y la falta de competitividad del frijol mexicano. La aceptación comercial del frijol se basa principalmente en su apariencia y en los tiempos de cocimiento. El frijol con largo tiempo de almacenamiento se endurece, demeritando su calidad comercial y nutricional y trae como consecuencia problemas prácticos y económicos haciendo difícil su comercialización.

El objetivo del presente estudio fue desarrollar alternativas de uso para este tipo de frijol a través de la optimización de su proceso de nixtamalización para la obtención de harina (HFN), que pueda almacenarse sin que pierda sus características y pueda ser utilizada en la elaboración de productos de alto consumo nacional. Para ello, se planteó optimizar el proceso de nixtamalización de frijol (Flor de Mayo y Bayomex) endurecido para obtener harinas de frijol nixtamalizado y elaborar tortilla de mesa mezclando 10, 20 y 30 % de harina de frijol nixtamalizado con 90, 80 y 70 % de harina comercial de maíz nixtamalizado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material vegetal

Se utilizaron 10 kg de frijol endurecido de testa clara de dos variedades (Bayomex y Flor de mayo). La primera fue proporcionada por el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. La segunda la proporcionó la empresa Maíz Industrializado S.A. (MINSA) ubicada en Guadalajara, Jalisco con siete meses de almacenamiento.

### Análisis físicos y químicos del grano crudo

Se realizaron análisis proximales al grano de frijol [% humedad (AACC International, 2000), % proteína (AACC International, 2000) y % fibra cruda (Jacinto, 1992)], color (luminosidad, Hue y Croma con un colorímetro Hunter-Lab.),

tiempo de cocción (NMX-FF-038-SCFI-2002) y % calcio (aparato de absorción atómica).

### Nixtamalización tradicional

Para la optimización del proceso de nixtamalización se utilizó la matriz San Cristóbal (Rojas, 1962). De acuerdo a Bressani y Scrimshaw (1958) al combinar los factores de variación concentración de cal, tiempo de reposo y tiempo de cocción (Cuadro 1), resultaron 12 tratamientos de nixtamalización, de los cuales ninguno se repitió (Cuadro 2). Después de haber cumplido el tiempo de reposo establecido, se midió el volumen del agua de cocimiento o “nejayote” con una probeta de 1000 mL. El nejayote se agitó durante 5 min y se midió el pH con un potenciómetro previamente calibrado en una solución buffer de pH 7.

### Harina de frijol nixtamalizado

El frijol nixtamalizado, después de su reposo y escurrimiento, se molió en forma gruesa en un molino doméstico marca Nixtamatic®. La pasta obtenida se secó en una estufa con circulación de aire forzado a 60 °C durante 3 h. Una vez seco se molió por segunda vez en un molino Willey® con malla 0.5 mm. La harina obtenida se colocó en bolsas de plástico y se guardó a temperatura ambiente.

Cuadro 1. Factores de variación para la nixtamalización tradicional.

Tratamientos	Factores		
	% Cal	Tiempo de cocimiento	Tiempo de reposo
Niveles			
0	0.5	35	12
1	1.0	40	13
2	1.5	45	15
3	2.0	50	16

Cuadro 2. Tratamientos de nixtamalización.

Tratamientos	% cal	Tiempo de cocimiento	Tiempo de reposo
1	0.5	35	12
2	1.5	35	12
3	0.5	45	12
4	1.5	45	12
5	0.5	35	15
6	1.5	35	15
7	0.5	45	15
8	1.5	45	15
9	1.0	40	13
10	2.0	40	13
11	1.0	50	13
12	1.0	40	16

### Análisis físicos y químicos a la harina de frijol nixtamalizado

A la harina obtenida se le hizo un análisis de: % humedad, color (L, a y b), % proteína, calcio (absorción atómica) y % de fibra cruda; con la mismas metodologías seguidas para el grano.

### Elaboración de tortillas

Se realizaron mezclas de harina HFN con harina de maíz nixtamalizado (Cuadro 3). Cada mezcla se hidrató con agua utilizando el 150 % del peso de la mezcla. Se amasó y formaron “testales” de 30 g de masa, a los cuales se les dio la forma con una prensa manual y se les cocinó en un comal. A las tortillas se les determinó: diámetro, peso de tortillas y rolabilidad.

### Evaluación sensorial de las tortillas

Se realizó una prueba afectiva de grado de aceptabilidad con una escala hedónica de siete puntos donde 1 fue “me disgusta extremadamente” y 7 “me gusta extremadamente” (Anzaldúa, 1994), donde participaron 100 panelistas (47 mujeres y 53 hombres).

### Análisis de datos

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial y se aplicó regresión múltiple para obtener superficies de respuesta. El análisis estadístico se realizó con un  $P = 0.05$  y para la comparación de medias se empleó la prueba de Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la norma NMX-FF-038- SCFI 2002 ambas muestras de frijol, Bayomex y Flor de mayo, tuvieron una humedad apropiada para su almacenamiento (12.4 y 9.6 %, respectivamente). Además, su luminosidad fue parecida (50.8 y 49.1), aunque Bayomex tuvo un color más claro que Flor de mayo. El primero se aproximó a un color amarillo, mientras Flor de mayo presentó un color amarillo tendiendo a rosa. Ambas variedades se clasifican como colores claros y se encontraron fuera de norma al ser materiales endurecidos con altos tiempos de cocimiento. Al respecto, Bayomex requirió 150 min de cocción y Flor de mayo 120 min, en tanto que la norma recomienda tiempos menores a 55 min. En el Cuadro 4 se presentan los resultados del análisis proximal para el grano de frijol crudo. Bernal (1988), menciona que cuando el frijol pierde sus características de cocimiento, el calcio se vuelve insoluble y se cumple que a mayor

Cuadro 3. Tratamientos aplicados para la elaboración de tortillas.

Tratamiento	Harina de frijol nixtamalizado (%)	Harina de maíz nixtamalizado (%)
1	0	100
2	10	90
3	20	80
4	30	70

Cuadro 4. Composición química del frijol Bayomex y Flor de mayo (endurecido).

Frijol crudo ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	Proteína (%)	Calcio (%)	Fibra cruda (%)
Frijol normal*	22.10	0.13	3.8
Bayomex	22.00	0.11	5.29
Flor de mayo	16.96	0.16	5.81

\*(FAO, 1982)

endurecimiento menor contenido de calcio. Se encontró que esta situación aplicó a Bayomex pero no a Flor de mayo pues éste presentó más calcio que el frijol normal.

El frijol Flor de mayo presentó mayor contenido de fibra cruda que el frijol Bayomex y el frijol normal. Peña y Ortega (1986) encontraron que la mayor cantidad de fibra cruda se encuentra principalmente en la testa del grano (50 %), por lo que el contenido de este componente está relacionado con el porcentaje de testa, tamaño del grano y, muy posiblemente, con el grado de endurecimiento. La proteína de Flor de mayo fue inferior a Bayomex y a lo reportado por la FAO (1982). Por ello se cree que el porcentaje de proteína varía de acuerdo a la variedad y manejo de cultivo. Desde este punto de vista el frijol Bayomex sería el más adecuado para la elaboración de harinas a nivel industrial.

Después de la nixtamalización los resultados del volumen, pH y % de sólidos del caldo de cocimiento o “nejayote de frijol” (Cuadro 5) mostraron que los doce tratamientos del frijol Bayomex variaron menos que los tratamientos de Flor de mayo. Se observó que a medida que se incrementó la concentración de cal, también lo hizo el pH del nejayote de frijol, así como el porcentaje de sólidos, el cual resultó muy por debajo a lo reportado por Bedolla y Rooney (1984). Esto sugirió que a pesar de que la nixtamalización se desarrolló en condiciones extremas (2 % de cal, 50 min de cocción y 16 h de reposo) el frijol no perdió muchos sólidos.

### Análisis físicos y químicos en la harina de frijol nixtamalizado

El contenido promedio de humedad fue de 4.6 para la HFN Bayomex y de 4.4 para la HFN de Flor de mayo, contenido adecuado para su almacenamiento. La luminosidad tendió a disminuir al incrementar la concentración de cal, en ambas harinas. Estos resultados se debieron posiblemente a que durante la nixtamalización el pH alcalino del agua de cocimiento provocó cambios en la estructura de los pigmentos, formándose nuevos compuestos oxidados y entre ambos materiales las harinas con menor valor de luminosidad fueron para las de Bayomex. Los valores de ángulo de tono y croma mostraron una tendencia de color amarillo a rosa siendo más acentuado el color rosa en las harinas del frijol Flor de mayo (Cuadro 6).

Las HFN de ambas muestras de frijol, presentaron alto contenido proteínico comparado con el frijol crudo (Cuadro 7). La literatura reporta que las harinas comerciales de maíz

**Cuadro 5. Análisis del nejayote para los distintos tratamientos de la nixtamalización.**

Tratamientos	Frijol Bayomex			Frijol Flor de mayo		
	Vol. (mL)	pH	Sólidos (%)	Vol. (ml)	pH	Sólidos (%)
1	233.33 b	7.48 gf	0.63	323.33 ebd	7.69 f	0.76
2	233.33 b	9.35 bc	1.05	556.66 bac	10.05 ba	0.99
3	163.33 b	7.23 gf	1.04	346.66 ebac	7.58 f	0.55
4	276.67 b	9.77 ba	1.00	593.33 ba	9.54 bc	1.03
5	596.67 a	7.67 gf	1.11	606.66 a	7.98 ef	0.66
6	273.33 b	9.07 c	1.14	483.33 bdac	9.72 bac	1.01
7	100.00 b	7.45 gf	1.03	263.33 ed	7.51 f	0.74
8	333.33 ba	9.24 bc	0.90	263.33 ed	9.67 bc	1.39
9	193.33 b	8.45 d	0.98	460.00 bdac	9.14 dc	1.05
10	361.67 ba	10.15 a	1.18	490.00 bdac	10.45 a	1.70
11	190.00 b	7.83 ef	1.00	150.00 e	8.56 ed	0.91
12	240.00 b	8.31 ed	1.00	313.33 edc	8.65 ed	0.73

Medias con diferente letra son altamente significativas ( $\alpha = 0.01$ ).**Cuadro 6. Resultados del análisis físicos en harinas de frijol nixtamalizado.**

Trat.	Flor de Mayo				Bayomex			
	L	Hue	Croma	H (%)	L	Hue	Croma	H (%)
HFC	83.14	1.26	11.21		80.06	1.45	11.4	
1	59.04 a	1.09 ba	09.24 fe	4.65	74.38 a	1.29 ba	11.38 bdac	4
2	51.57 ed	0.87 dc	10.81 bdac	4.56	72.04 a	1.21 c	10.75 dc	4.4
3	57.98 ba	1.08 ba	09.60 fde	4.35	54.04 a	1.31 a	11.96 bac	4.2
4	50.36 e	0.88 dc	11.09 bac	4.35	73.40 a	1.22 cb	11.40 bdac	4.84
5	60.21 a	1.09 ba	08.65 f	4.51	78.06 a	1.28 bac	10.51 d	4.22
6	53.27 edc	0.90 c	10.51 bdec	4.30	70.61 a	1.23 cb	11.02 bdc	4.8
7	59.77 a	1.12 a	09.24 fe	4.50	73.49 a	1.24 bac	12.56 a	4.3
8	50.76 ed	0.86 dc	11.33 ba	4.91	60.07 a	1.25 bac	11.68 bdac	4.78
9	56.56 bac	1.03 b	10.28 bdec	4.95	71.06 a	1.25 bac	12.38 a	4.21
10	46.34 f	0.80 d	12.09 a	4.58	64.92 a	1.06 d	12.06 ba	4.41
11	54.31 bdc	1.07 ba	10.13 bdec	4.33	71.78 a	1.26 bac	12.42 a	4.72
12	56.82 bac	1.06 ba	09.87 fdec	4.76	71.79 a	1.27 bac	11.52 bdac	4.12

Medias con diferente letra son altamente significativas ( $P = 0.01$ ), HFC = Harina de frijol crudo, Trat. = Tratamiento, H = Humedad.**Cuadro 7. Resultados de proteína, calcio y fibra en harinas de frijol nixtamalizado.**

Tratamiento	Flor de mayo			Bayomex		
	Proteína (%)	Calcio (%)	Fibra (%)	Proteína (%)	Calcio (%)	Fibra (%)
1	17.11 bac	0.45 d		24.54 cb	0.31 b	
2	17.11 bac	0.97 ba		25 cb	0.59 ba	8.37 a
3	15.76 c	0.41 d		24.24 cb	0.3 b	
4	17.64 a	0.85 bdac	7.67 a	21.92 d	0.63 ba	
5	17.41 ba	0.49 dc		23.94 c	0.33 b	
6	15.66 c	0.83 bdac		21.99 d	0.63 ba	
7	17.41 ba	0.44 d		24.39 cb	0.42 b	
8	18.16 a	0.96 bac	7.89 a	25.3 b	0.52 ba	8.32 a
9	15.99 c	0.72 bdc		23.94 c	0.57 ba	
10	17.56 a	1.21 a		30.48 a	0.79 a	8.13 a
11	18.01 a	0.75 bdac	7.35 a	22.74 d	0.48 ba	
12	17.19 bac	0.76 bdac		22.07 d	0.52ba	

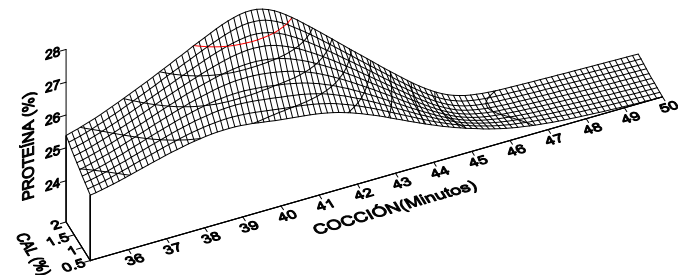
Medias con diferentes letras en la columna, son diferentes ( $P < 0.05$ ).

nixtamalizado contienen en promedio 7.7 % de proteína, considerándose como un valor bajo (Bressani *et al.*, 2001). Al comparar las HFN de las muestra del estudio se encontró las harinas de Flor de mayo fueron muy superiores a las de Bayomex. Los resultados de calcio mostraron una correlación positiva entre el contenido de cal y la concentración de calcio en las harinas. Así, a mayor concentración de cal se tuvo mayor contenido de calcio, incrementando su valor en un 400 % a una concentración de 0.5 % de oxido de calcio y 750 % a la máxima concentración utilizada que fue de 2 % en Flor de mayo, mientras que en frijol Bayomex hubo un aumento de 300 y 700 % con un 0.5 y 2 % de cal, respectivamente, respecto al frijol crudo. Lo anterior concordó con lo que ocurre en la nixtamalización del maíz, el cual aumenta 400 % en relación al maíz crudo (Fernández *et al.*, 2004). En fibra cruda se tomaron en consideración únicamente los tratamientos que presentaron el porcentaje más alto de proteína y calcio, dentro de los cuales estuvieron los tratamientos 4, 8 y 11 para el frijol Flor de mayo y 2, 8 y 10 para el frijol Bayomex sin que hubiera diferencia significativa entre ellos (Cuadro 7). Bressani *et al.*, (2001), reportaron que el promedio de fibra cruda en harinas comerciales de maíz nixtamalizado fue de 10.2 %, siendo mayor al obtenido en las harinas de frijol nixtamalizado.

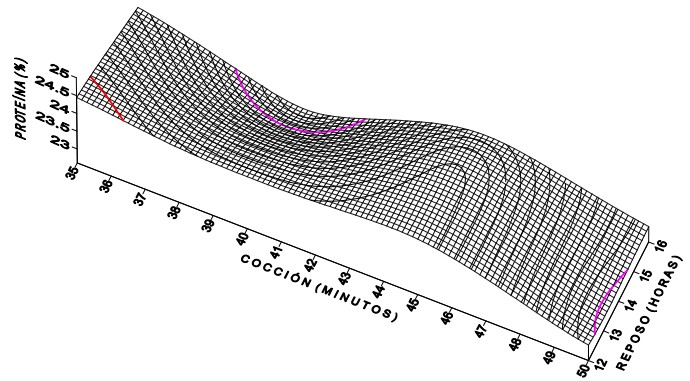
**Optimización de nixtamalización de frijol Bayomex y Flor de mayo**

**Frijol Bayomex.** Al incrementar la concentración de cal el valor de la proteína se incrementó durante la nixtamalización (Figura 1). El máximo de proteína (27.6 %) ocurrió a 2 % de cal y 39.8 min de cocción. A su vez, el valor más bajo (22.7 %) se localizó a 50 min de cocción con 0.5 % de cal. La diferencia entre el valor máximo y mínimo de proteína fue de 5.0 %.

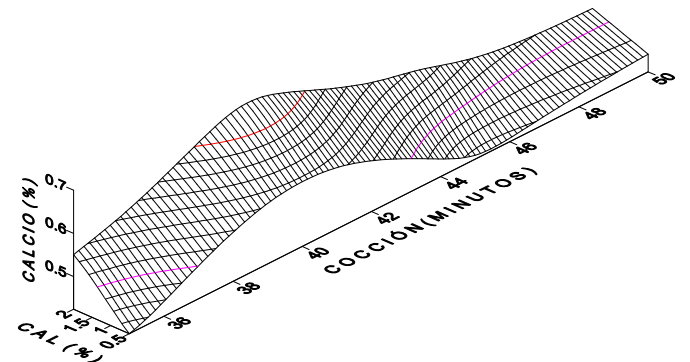
El tiempo de cocción influyó en el contenido de proteína en forma inversa (Figura 2). A un tiempo de 35 min con 12 horas de reposo se presentó el máximo valor de proteína (24.4 %). Por otro lado, el contenido de calcio aumentó en las harinas cuando se incrementó el porcentaje de cal, al igual que al aumentar el tiempo de reposo. Sin embargo, el máximo de calcio se obtuvo a un tiempo de 40 min con 2 % de cal y 13 h de reposo (Figura 3 y 4). Con base en esto se dedujo que con 2 % de cal, 35 min de cocción y 12 h de reposo se obtiene un valor óptimo de proteína.



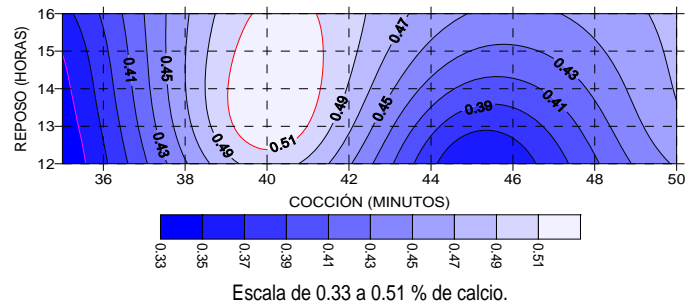
**Figura 1. Superficie de respuesta de proteína, al modificar el porcentaje de cal y el tiempo de cocción, en frijol Bayomex.**



**Figura 2 Superficie de respuesta de proteína al modificar el tiempo de reposo y cocción en frijol Bayomex.**



**Figura 3. Superficie de respuesta de calcio al modificar el porcentaje de cal y el tiempo de cocción en frijol Bayomex.**



**Figura 4. Superficie de respuesta de calcio al modificar el tiempo de reposo en frijol Bayomex.**

**Frijol Flor de mayo.** La Figura 5 muestra que el incremento en proteína fue proporcional a la concentración de cal, sin embargo, en cuanto al tiempo de cocción fue que a partir de los 42 min la proteína aumentó. Por otro lado, el punto máximo (18.0 %) se alcanzó a los 50 min con una concentración del 2 %, en tanto que el mínimo (16.4 %) se obtuvo con 0.5 % de cal y un tiempo de cocción de 40.4 min.

La Figura 6 presenta el comportamiento de la proteína con respecto a la concentración de cal y horas de reposo en donde



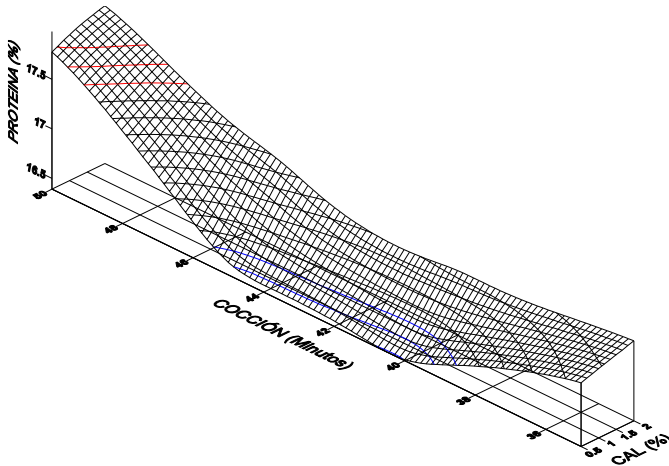


Figura 5. Superficie de respuesta de proteína (%) en función a la concentración de cal y tiempo de cocción de frijol Flor de mayo.

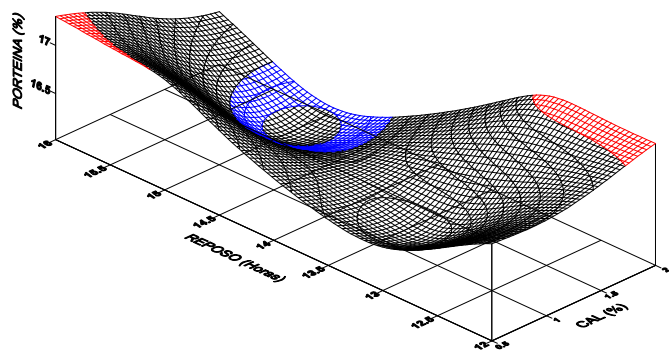


Figura 6. Superficie de respuesta de proteína (%) en función a la concentración de cal y tiempo de reposo en frijol Flor de mayo.

se reflejan dos puntos óptimos de proteína. El primero (17.3 %) se alcanzó durante las primeras 12 h de reposo con 2 % de cal y posteriormente (17.3 %) a las 16 h con 0.5 % de cal, presentándose el más bajo (16.0) a las 14.9 h de reposo, con una concentración de 1.6 % de cal. Finalmente, se encontró que puede obtenerse casi la misma cantidad de proteína en 12 y 16 h (17.28 y 17.3 %), variando sólo la concentración de cal, aunque lo recomendable sería tomar las 12 h ya que se ahorraría tiempo.

La Figura 7 muestra que el incremento del calcio en las harinas depende de la concentración de cal en forma directamente proporcional, pero hubo mayor concentración de calcio en los primeros (40 min) de cocción, que fue cuando el grano alcanzó la mayor concentración de calcio.

En cuanto al tiempo de reposo, se observó que no era necesario llegar al tiempo máximo para que alcanzara el valor más alto de calcio. Por último, el incremento de calcio en harinas también depende del tiempo de cocción y de reposo pero de una forma no lineal; ya que hay intervalos en los que se da una caída y posteriormente vuelve a incrementarse hasta llegar a 0.7 %, en un tiempo de cocción de 50 minutos y con 13 h de reposo que

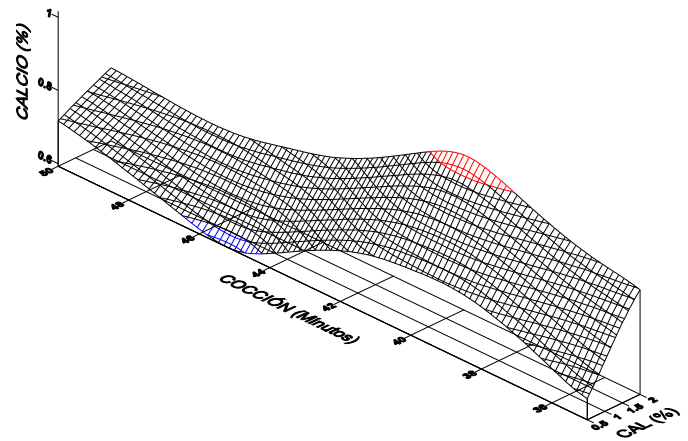


Figura 7. Superficie de respuesta de calcio (%) en función a la concentración de cal y tiempo de cocción en frijol Flor de mayo.

corresponde a la misma concentración que se logra en 40 min y con 15 h de reposo (Figura 8). Asimismo, con 12 h de reposo, 35 min de cocción y a una concentración del 2 % de hidróxido de calcio se obtiene 17.0 % de proteína. Comparando los resultados obtenidos de la optimización del frijol Bayomex con la variedad Flor de mayo se encontró que el punto óptimo para ambas variedades fue igual con 2 % de cal, 35 min de cocción y 12 h de reposo, sin embargo, el contenido de proteína (17.0 -25.5 %), calcio (0.8 -0.5 %) y fibra cruda (7.8 a 8.3 %) variaron entre las harinas de frijol Flor de mayo y Bayomex.

### Evaluación sensorial

En la prueba de aceptación para el frijol Bayomex se encontró que existe preferencia en sabor por uno de los tratamientos 1 (0 %), 2 (10 %), 3 (20 %) y 4 (30 %) de harina de frijol nixtamalizado, por lo que la tortilla que más aceptación tuvo en los consumidores fue el testigo con 0 % de harina de frijol nixtamalizado, seguido de la tortilla elaborada con un 20 % de harina de frijol y 80 % de harina de maíz nixtamalizado (Cuadro 8). En la variedad de frijol Flor de mayo no hubo preferencia de sabor de los consumidores por algún tratamiento, lo cual indicó que se aceptaron los cuatro tratamientos evaluados. Sin embargo, el análisis estadístico

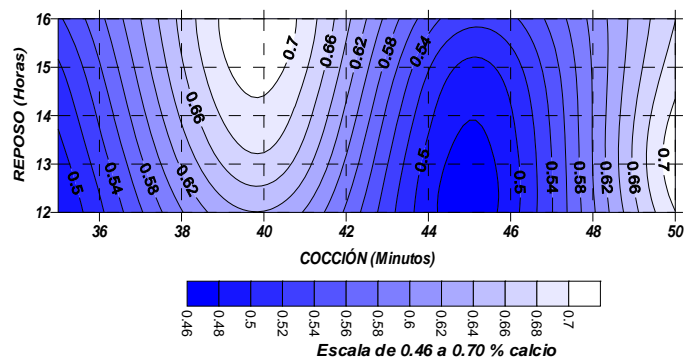


Figura 8. Superficie de respuesta en calcio (%) en función al tiempo de cocción y reposo en frijol Flor de mayo.

**Cuadro 8. Análisis de varianza de tortillas mezcla (maíz-frijol) en evaluación sensorial.**

Tratamientos (% de harinas)	Bayomex		Flor de mayo	
	Sabor	Color	Sabor	Color
0 HFN-100 HMN	2.22 c	1.46 a	3.04 a	2.22 b
10HFN-90 HMN	3.62 a	3.20 b	3.12 a	2.62 ba
20HFN-80 HMN	2.94 b	3.20 b	3.26 a	2.66 ba
30 HFN-70 HMN	3.74 a	4.14 a	3.16 a	2.98 a

Medias con diferentes letras en la columna, son diferentes ( $P \leq 0.05$ ).

mostró que los tratamientos con 0 y 10 % de harina de frijol nixtamalizado fueron los más aceptados, seguidos del tratamiento con 30 % de harina de frijol nixtamalizado.

En relación al color, el tratamiento 1 fue el más preferido, y se cree que esto se debió a que no contenía harina de frijol nixtamalizado. La tortilla con 10 y 20 % de harina de frijol nixtamalizado presentó la misma preferencia en ambas variedades de frijol, lo que sugirió que los consumidores no encontraron diferencia en cuanto a color, entre esos dos porcentajes. La tortilla elaborada con 30 % de harina de frijol nixtamalizada fue la de menor preferencia (tratamiento 4).

### CONCLUSIONES

Las condiciones óptimas para obtener harinas de frijol nixtamalizado fueron 35 min de cocción con 12 h de reposo y concentración de cal de 2 %. Con la nixtamalización se incrementó el valor de calcio en harinas hasta 400 y 750 % con respecto al grano crudo, concentrándose la proteína en un 25.5 y 17.0 %, fibra cruda 8.30 % y 7.8 % en Bayomex y Flor de mayo, respectivamente. El contenido nutricional en harinas nixtamalizadas dependió de la variedad y la mejor fue Bayomex. Las tortillas elaboradas con las mezclas de 10 y 20 % de harina de frijol nixtamalizado de las dos variedades proporcionaron tortillas con un buen contenido de proteínas y calcio, sin embargo, no tuvieron una buena aceptación sensorial por parte de los consumidores.

### LITERATURA CITADA

- AACC International. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 10th Edition. Methods 44-16, 46-12, 32-10. The Association: St. Paul, MN. US.
- Acosta G.J.A.; Pérez H.P. 2003. La Situación del Cultivo del Frijol en México. Producción e Investigación. Programa de frijol del INIFAP. Chapingo, Estado de México. 9 p.
- Anzaldúa M.A. 1994. La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y Práctica. Ed. Acirbia S.A. España. 198 p.
- Bernal. 1988. Informe especial: causas del endurecimiento de frijol. *In*: Contreras N. Agrosíntesis 19(9): 25-28.
- Bedolla S.; Rooney L.W. 1984. Characteristics of U.S. and Mexican instant maize flours for tortilla and snack preparation. *Cereal Foods World* 29: 732-735.
- Bressani R.; Scrimshaw N.S. 1958. Chemical changes in corn during preparation of tortilla. *Agricultural and Food Chemistry* 6: 770-774.
- Bressani R.; Turcios J.C.; Reyes L.; Mérida R. 2001. Caracterización física y química de harinas industrializadas de maíz de consumo humano en América Central. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 41: 309-313.
- FAO. Alimentación y Nutrición. 1982. Las leguminosas en la nutrición humana. Núm. 20. Roma, Italia. 29-43.
- Fernández M.J.L.; Molina R.; Dávalos M.L.G.; Leal M.; Valtierra M.E.; Martínez E.S.M.; Rodríguez M.E. 2004. Study of calcium ion components of maize kernels during traditional nixtamalization process. *American Association of Cereal Chemists* 81: 65-69
- Jacinto H.C. 1992. Micro método para determinar fibra cruda en frijol y semilla de ejote. *Revista Fitotecnia* 15: 188-192.
- NMX-FF-038-SCFI-2002. Productos Alimenticios no Industrializados para Consumo Humano. Fabaceas frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. México.
- Peña V.C.B.; ORTEGA L.D. 1986. Partial chemical composition, free soluble sugars and unavailable carbohydrates in the embryonic axis and seed coat of *Phaseolus vulgaris* L. (Canario group). *Quality Plantarum Plant Food for Human Nutrition* 36: 27-35.
- Rojas B.A. 1962. The San Cristobal for fertilizer experiments. *Proceedings of the International Society of Sugarcane Technologists* 11: 197-203.
- SIACON. 2003. Sistema de Información Agropecuaria. Base de Datos de Información Estadística. SAGARPA. México.