ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION
Organo Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición

Vol. 47 N° 4, 1997

Evaluación de la calidad nixtamalera-tortillera de mezclas maíz-frijol endurecido (*Zea mays-Phaseolus vulgaris*)[1]

C. García-Osorio[2], *y M.G. Vázquez Carrillo*[2]

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), Chapingo, México

RESUMEN. En México, algunas variedades de frijol se endurecen durante el almacenamiento requiriendo mucho tiempo para su cocción, frijoles que necesitan más de 4 horas para su cocimiento son declarados por la agencia de Gobierno CONASUPO, inadecuados para el consumo humano. Sin embargo, su valor nutritivo permanece inalterado. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad nixtamalera-tortillera de mezclas maíz-frijol endurecido, proteína, evaluación sensorial y vida de anaquel de las tortillas. Estas fueron hechas con 5 y 10% de frijol endurecido sin testa y comparadas con un testigo 100% maíz. Las mezclas y el testigo se nixtamalizaron durante 20, 30 y 40 minutos y 1% de óxido de calcio (CaO). La viscosidad máxima de las masas fue estadísticamente igual al del testigo. La mezcla con 10% frijol, 90% maíz y 30 min de nixtamalización proporcionó tortillas con 26.3% más de proteína que el testigo. La textura evaluada en el Instron mostró que las tortillas con 10% de frijol son más duras que el testigo, sin embargo, en la evaluación sensorial, los jueces calificaron a las tortillas con 30 min de nixtamalización y recién hechas como las mejores, sin encontrar diferencias significativas entre el testigo y las mezclas con frijol endurecido. El análisis de hongos, levaduras y bacterias a temperatura ambiente y refrigeración (4 °C), mostró que el crecimiento de microorganismos fue directamente proporcional al porcentaje de frijol adicionado y al tiempo de almacenamiento. El mayor número de microorganismos se encontró a temperatura ambiente con 48 h de almacenamiento.
Palabras clave: Tortillas, maíz-frijol, nixtamalización.

SUMMARY. Evaluation of the nixtamal-tortilla-making quality of mixtures of maize (*Zea mays*) and hard beans (*Phaseolus vulgaris*). In Mexico, some varieties of beans become hard during storage, and requiere a longer time for cooking. Beans which need more than four hours to cook are deemed unsuitable for human consumption by the government agency CONASUPO even though their nutritional value is unaltered. The objective of this study was to evaluate the nixtamal-tortilla-making quality of mixtures of maize and hard beans, protein, sensory evaluation, and shelf life of the tortillas. The tortillas were made from mixtures of maize with 5% and 10% hard beans without the seed coat and compared with tortillas made with 100% maize. The mixtures and the control were nixtamalized for 20, 30 and 40 minutes with 1% lime (CaO). The maximum viscosity of the masas were statistically equal to that of the control. The mixture with 10% beans, 90% maize, and 30 min of nixtamalization produced tortillas with 26.3% more protein than the control. The texture evaluated in the Instron showed that the tortillas with 10% beans were harder than the control; however, in the sensory evaluation, the recently-made tortillas with 30 min nixtamalization were judged the best, with no significant differences between the control and the mixtures of maize with hard beans. The analysis of fungi, yeasts, and bacteria at room temperature and with refrigeration (4 °C), showed that the growth of microorganisms was directly proportional to the percentage of beans added and the duration of storage. The largest number of microorganisms was found at room temperature after 48 h of storage.
Key words: Tortillas, corn-beans, nixtamalization.

INTRODUCCION

En México el maíz y el frijol constituyen la base de la alimentación de la mayoría de los mexicanos. El 67% del consumo total de maíz se destina a la fabricación de tortillas, alimento que se consume en forma masiva por los sectores más desprotegidos.

En frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), que es la principal fuente proteínica de los sectores consumidores de tortillas, se ha informado que el 10% de la producción almacenada, se pierde por endurecimiento (1); fenómeno que provoca tiempos prolongados de cocción y sabores indeseables, esto limita su comercialización y lo ubica como «fuera de norma» con lo que se reduce su precio hasta en un 80% de su valor original. Existen dos vías que dan origen al endurecimiento, la primera se refiere a la semilla (partes anatómicas y origen genético) y la segunda se refiere a las condiciones de almacenamiento, que inducen cambios físicos en la microestructura de la semilla (2).

El efecto de cualquiera de las dos vías es el de resistir la

1. Resumen de la tesis profesional para obtener el título de Ingeniero Agroindustrial, D.I.A., UACH.
2. Ingeniero Agroindustrial, UACH.
3. *Investigador Titular del Laboratorio de Tecnología de Alimentos*, INIFAP, Chapingo, México.

absorción de agua. También se ha señalado que la humedad del grano, temperatura, humedad relativa del ambiente y el tiempo de almacenamiento son los factores que más influyen en el endurecimiento del frijol (1,2).

Con respecto al proceso de nixtamalización, no se sabe con certeza cuando fue que los antiguos mexicanos comenzaron a dar al maíz el tratamiento alcalino; sin embargo, la importancia de éste ha sido ponderado en múltiples estudios; se sabe que la hidratación, suavización del endospermo y germen, así como la gelatinización parcial del almidón y la desintegración del pericarpio son los mayores cambios ocurridos durante la nixtamalización (3). Por otra parte, a pesar de las pérdidas de nutrimentos en la etapa de nixtamalización se mejora la calidad nutricional de las tortillas, pues se aumenta el valor biológico del grano original (4,5).

Los beneficios de la ingesta de calcio vía tortillas han sido ampliamente demostrados (6). Se sabe que el valor nutricional del frijol endurecido es bueno (7), por lo que se busca que éste se aproveche en la alimentación humana, vía nixtamalización junto con el maíz, para elaborar tortillas cuya calidad comercial y nutricional sean de preferencia superiores al de las tortillas que actualmente se consumen. El objetivo fue, evaluar la calidad nixtamalera-tortillera de la mezcla maíz-frijol endurecido, proteína, evaluación sensorial (aceptación) y vida de anaquel de las tortillas.

MATERIALES Y METODOS

El frijol utilizado fue de tipo azufrado (café claro). Previo a la nixtamalización se le eliminó la testa siguiendo la metodología descrita por Mendoza (8) El maíz empleado fue del tipo Tuxpeño, de la cosecha 1989. Los tratamientos estudiados fueron: el testigo 100% maíz; la mezcla 95% maíz y 5% frijol y 90% maíz con 10% frijol. Cada uno de estos tratamientos se evaluaron con 20, 30 y 40 min de cocción (nixtamalización), esta última consistió en colocar sobre las parrillas del equipo para extracción de fibra, vasos de precipitados de 600 ml con 200 ml de agua más 100 g de la mezcla de maíz-frijol, con el 1% de óxido de calcio (CaO). Las semillas cocidas «nixtamal» se dejaron reposar durante 17 h, separándose después el agua de cocimiento («nejayote»), el nixtamal se lavó con 200 ml de agua para eliminar el exceso de cal y el pericarpio desprendido. En el nejayote y en el agua de lavado se evaporó el líquido, para evaluar los sólidos desprendidos. El nixtamal se molió en un molino de piedras, a la masa obtenida se le adicionó agua y amasó manualmente hasta obtener una humedad de entre 55 y 58%, posteriormente se elaboraron las tortillas en una tortilladora manual, de manera paralela se evaluó viscosidad en el viscoamilógrafo Brabender (9). El cocimiento de las tortillas se hizo en una plancha metálica (comal) a 180 °C, cociéndose primeramente por un lado (14 seg), después por el otro lado 30 seg y por último voltearla y dejarla por 15 seg más. Una vez cocidas y frías se empacaron en bolsas de polietileno, almacenándose a temperatura ambiente (aproximadamente 23 °C) y a 4 °C. En tortillas se determinó: peso de tortillas frías, color evaluado en equipo Hunter-Lab, humedad, proteína, cenizas, fibra cruda y extracto etéreo con métodos oficiales de la AOAC (9), así como textura, evaluada en el equipo Instron Universal (8), empleando una celda de compresión de 1 kg y el aditamento punta de estrella, la velocidad de la celda fue de 20 cm/min. Los resultados se analizaron como un Diseño Completamente al Azar, con tres repeticiones. El análisis sensorial de tortillas (los nueve tratamientos más una tortilla comercial) fue evaluado por un panel de 16 jueces semientrenados, calificándose los parámetros de sabor, textura, color, olor, facilidad al enrollado y masosidad, con una escala del 1 a 7, a las 24, 48 y 72 h de almacenamiento, éste último sólo se evaluó en las tortillas almacenadas a 4 °C, los resultados se analizaron por medio de la prueba de Quade (10). De manera paralela se realizó el análisis microbiológico, evaluándose como cuenta total en placa de bacterias, hongos y levaduras por siembra en difusión (9).

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se observa que el frijol investigado se encuentra dentro de la clasificación de endurecido, por el largo tiempo que requiere para su cocimiento, además de presentar características físicas y de cocción superiores a las especificadas para un frijol fresco. El frijol estudiado es de semilla grande, con alta proporción de testa, cuyo espesor es de 0,134 mm que supera en un 15% a las variedades, Bayomex y Negro Puebla (12) que son frijoles de amplio consumo en México.

TABLA 1
Comparación de características físicas y de cocción de semillas de frijol endurecido y fresco

Concepto	Resultados (frijol endurecido)	Valor de referencia* (frijol fresco)
Peso del grano	0.35 g	>0.247 g frijol grande
Cáscara	10.5%	> 10.0% alto contenido
Absorción de agua	86.7%	>81.0% cáscara suave
Grosor de testa	0.134 mm	———
Tiempo de cocción	540.0 min+	> 150.0 min frijoles duros
Espesor del caldo	1.3%	<9.0% caldo ralo

* (11)
(+) previo remojo de 18 h

Por su elevado tiempo de cocción (2.5 veces más que un frijol fresco), CONASUPO, dependencia Gubernamental, responsable del abasto de productos básicos en México, la clasifica como un producto fuera de norma. En la Figura 1, se observa que con el 1.5% de CaO, el tiempo de cocción del frijol entero (con testa) se reduce en un 59%. Lo anterior pudiera explicarse, como un fenómeno similar a lo ocurrido con el maíz, donde el CaO, rompe las estructuras de celulosa y

hemicelulosa que conforman el pericarpio del grano, permitiendo una rápida penetración del agua al endospermo del maíz.

En la nixtamalización se encontraron diferencias estadísticas en el volumen de nejayote, siendo inferior en las mezclas que tienen frijol, lo cual se confirma por la mayor humedad en el nixtamal y masa (Tabla 2). En los sólidos de las aguas de cocción las mezclas perdieron más sólidos que el testigo, lo cual pudiera deberse a que los cotiledones se nixtamalizaron sin testa. No obstante, los rendimientos fueron estadísticamente iguales, debido principalmente a que las tortillas con frijol son más húmedas. Las tortillas con 10% de frijol, presentan colores más obscuros, que los testigos de 100% maíz (Tabla 2). En la evaluación de textura con el equipo Instron, se encontraron diferencias significativas (α= 0.05) entre los tratamientos. Las tortillas obtenidas con 30 min de cocción y 10% de frijol endurecido fueron las más duras (Tabla 2).

FIGURA 1
Efecto de concentración de CaO en el tiempo de cocción de frijol endurecido

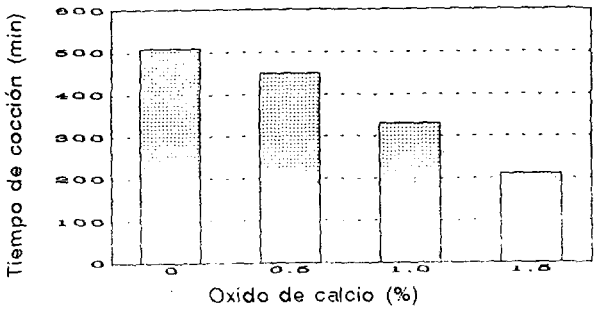


TABLA 2
Evaluación de nixtamal y tortillas hechas con mezclas maíz-frijol endurecido con 30 min de cocción

Mezcla	Nejay* (ml)	HNixt• (%)	HMa& (%)	Solid$ (%)	Colorγ (E)	Humβ (%)	RendΛ	Textχ g-f	Protδ (%)	Ceniza (%)	Fibra (%)
100 Maíz	112a+	44.6c	55.9bc	3.2bc	64.4a	43.0c	1.4a	230c	8.7c	1.5b	1.8a
5% Frijol	98b	46.4b	56.2ab	3.5ab	62.4b	62.4a	1.5a	302b	10.0b	1.5b	1.9a
10% Frijol	94c	54.4a	57.3a	3.8a	59.5c	59.5ab	1.5a	410a	11.8a	1.7a	1.9a

*= Volumen de nejayote
•= Humedad del nixtamal
χ= Textura de tortillas
$= Sólidos totales
&= Humedad de la masa
β= Humedad en tortillas
γ= Color de las tortillas, E= $(L^2 + b^2 + c^2)^{1/2}$, donde el estándar blanco=97.3
Λ= *Rendimiento = Peso total de tortillas (de 100 g de maíz) entre 100.*
δ= Proteína (N x 6.25)
Proteína, ceniza y fibra= informados en base seca
+ = Letras iguales no hay diferencia estadística
α= 0.05

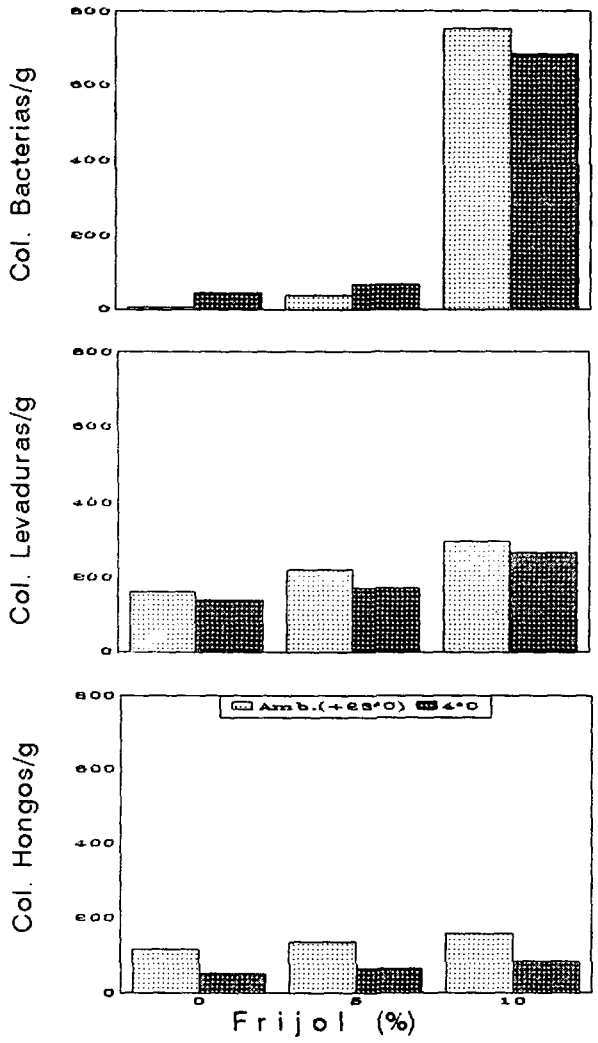
En la evaluación de la viscosidad de las masas se encontró que el tiempo de nixtamalización y la adición de frijol afecta significativamente la temperatura incial de gelatinización, mientras que las viscosidades máxima y final fueron estadísticamente iguales (Tabla 3). En este estudio las masas fueron de fácil manejo y buena cohesividad, facilitándose la elaboración de las tortillas, esto coincide con lo señalado por otros autores (13,14) quienes han informado que el pico de viscosidad máxima se relaciona con la plasticidad de la masa. Numéricamente en el tratamiento de 20 min, la viscosidad máxima y final y fueron superiores a las del tratamiento de 40 min, indicando que tiempos cortos de cocción gelatinizan menos almidón que tiempos más largos. Con 20 min de cocción, también se observa una tendencia hacia la disminución de las viscosidades conforme se incrementa el porcentaje de frijol, lo cual pudiera deberse a un mayor grado de gelatinización de los almidones de frijol durante la nixtamalización ya que estos estaban sin testa. Con 30 y 40 min de nixtamalización no se observa un comportamiento claro del efecto en estos parámetros.

TABLA 3
Efecto del tiempo de cocción y frijol endurecido en la viscosidad de masas nixtamalizadas

Tratamiento	Tiempo cocción (min)	Temperatura incial de gelatinización (°C)	Viscosidad Máxima (UB)	Viscosidad final (UB)
100% Maíz	20	73.0 b&	302.5 a	490.0 a
5% Frijol	20	121.0 a	275.0 a	420.0 a
10% Frijol	20	118.0 a	265.0 a	441.0 a
100% Maíz	30	71.5 b	225.0 a	392.5 a
5% Frijol	30	120.0 a	215.0 a	387.5 a
10% Frijol	30	121.0 a	272.0 a	430.0 a
100% Maíz	40	72.0 b	200.0 a	384.5 a
5% Frijol	40	128.0 a	227.5 a	387.5 a
10% Frijol	40	124.0 a	195.0 a	335.0 a

UB= Unidades Brabender
&= Letras iguales no hay diferencia estadística
α = 0.05

FIGURA 2
Cuenta microbiana en tortillas con 48 horas de almacenamiento



En los tres tiempos de cocción estudiados los contenidos de proteína, cenizas y fibra de tortillas fueron semejantes, y a mayor porcentaje de frijol en la mezcla, el contenido de proteína se incrementan de manera directa (Tabla 2). Esto concuerda con lo obtenido por Mendoza (8), quien señaló que a pesar de las pérdidas de sólidos, el frijol mejora las proteínas de la tortilla. El tratamiento con 10% de frijol y 30 min de nixtamilización tuvo 11.8% de proteína, siendo superior en un 26.3% en relación con el testigo (8.7%) (Tabla 2) y 42.5% con respecto a un testigo comercial (6.2%) (15).

El análisis sensorial mostró que las tortillas con 30 min de cocción y recién hechas fueron las de mayor aceptación, encontrándose diferencias estadísticas únicamente con respecto al testigo comercial (Tabla 4). Estas mismas tortillas después de 24 y 48 horas tanto a temperatura ambiente como en refrigeración (4 °C), tuvieron calificaciones semejantes entre ellas, pero inferiores con respecto a las recién hechas. Las tortillas de los tratamientos con 40 min de cocción fueron calificadas como productos con sabor a cal.

En las pruebas microbiológicas se encontró que la cantidad de bacterias y levaduras en las tortillas, aumentó conforme se incrementó el porcentaje de frijol endurecido. En hongos se observaron diferencias significativas (α=0.05) entre ambientes pero no entre tratamientos almacenados bajo la misma condición.

TABLA 4
Evaluación sensorial de tortillas recién hechas y nixtamalizadas durante 30 min

Tratamientos	Olor*	Color*	Sabor*	Facilidad de enrollado*
100% maíz	5 a&	7 a	6 a	6 a
5% frijol	7 a	6 a	7 a	7 a
10% frijol	6 a	6 a	7 a	7 a
Testigo comercial	4 b	3 b	4 b	5 a

* Escala edónica: 1-Disgusta mucho. 2= Disgusta moderadamente. 3= Disgusta ligeramente.
4= Ni gusta ni disgusta. 5= Gusta ligeramente. 6= Gusta moderadamente. 7= Gusta mucho.
&= Comparación de medias mediante la prueba de Tukey, letras iguales significa que no hay diferencia estadística
α= 0.05

CONCLUSIONES

La nixtamalización de maíz-frijol endurecido puede hacerse simultáneamente, lográndose una mayor absorción de agua, masas de fácil manejo durante la elaboración manual de las tortillas y un ligero incremento en el rendimiento tortillero. Las tortillas con 90% de maíz y 10% de cotiledón de frijol (libre de testa) proporcionaron el mayor porcentaje de proteína (11.8%) siendo superior al testigo (8.7%) en un 26.3%.

En el análisis sensorial, las tortillas recién hechas, con 10% de frijol endurecido y 30 min de cocción fueron las de mejor sabor y facilidad al enrollado, a pesar de que en la evaluación instrumental fueron las tortillas más duras. El crecimiento de microorganismos fue directamente proporcional al porcentaje de frijol adicionado. Así las tortillas con 10% de frijol son las de más proteína pero también en las que más colonias de bacterias y levaduras se desarrollan, siendo mayor en las almacenadas a temperatura ambiente.

REFERENCIAS

1. Bernal I. Informe especial. Causas del endurecimiento del frijol. Agro-Síntesis. 1988; 19 (9):25-28.
2. Bressani R. El significado alimentario y nutricional del endurecimiento del frijol. En: Simposio sobre el problema del endure-

cimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris*). Arch Lat Nutr 1982;32:308-325.
3. Gómez HM, Rooney LW, Waniska RD & Pflugfelder LR. Dry corn masa flours tortilla and snack food. Cereal Food Word 1987; 32 (5):372-377.
4. Katz HS, Hediger ML & Valleroy LA. Traditional maize processing techniques in the new world. Science 1974; (184):765.
5. Trejo-González A, Feria-Morales A & Will-Altamirano Will. The role of lime in the alkaline treatment of corn for tortilla preparation. Adv. Chem Ser. 1982;198:245-263.
6. Serna-Saldivar SO, Rooney LW & Greene LW. Effects of lime treatment on the bioavailability of calcium in diets of tortillas and beans: bone and plasma composition in rats. Cereal Chem 1992; 69 (1):78-81.
7. Vásquez-Carrillo MG, Ortega-Delgado ML y Estrada Lugo E. Harina de frijol endurecido (*Phaseolus vulgaris* L.) en la preparación de pan. Arch Lat Nutr 1991; 41:620-630.
8. Mendoza RE. Uso del frijol endurecido en la elaboración de tortillas. Tesis de licenciatura. Dpto. de Industrias Agrícolas. UACh. Chapingo, México, 1989.
9. Association of Official Agricultural Chemists (AOAC), Official Methods of Analysis, 14a ed. Washington D.C., USA. 1984.
10. Conover WJ. Practical Nonparametric Statistics. 2nd Edition John Wilely and Sons. USA. 1980.
11. Elías G, García S y Bressani R. Métodos para establecer la calidad tecnológica y nutricional del frijol (*Phaseolus vulgaris*). Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Publicación L-33, 1986. .
12. Vásquez-Carrillo MG y Cárdenas F. Características físicas, tecnológicas y proteínicas de frijoles (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestres y cultivados. Arch Latinoamer Nutr 1992; 42 (2):201-209.
13. Salinas Y, Castillo J. Vásquez G. Aspectos reológicos y de textura en masa y tortilla de maíz (*Zea mays* L.). Alimentos 1995; 20:51-57.
14. Molina MR. Letona M & Bressani R. Drum drying for the improved production of instant tortilla flour. J Food Science 1977; 42:1432-1434.
15. Vásquez-Carrillo MG, Márquez AR y Márquez F. Características físicas y químicas del compuesto pepitilla de maíz. Revista Fitotecnia 1990; 13:117-128.

Recibido: 11-01-1996
Aceptado: 04-07-1997