

TEMPEH DE MAÍZ Y SOYA

Elizabeth Mejías, Adolfo Rutz, Reinaldo Delgado, Minardo Ochoa, Irma Silveira,
Xiomara Padrón, Dayana Lafargue y Bárbara Benítez
Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia
Carretera al Guatao, km 3 1/2, La Habana, Cuba, CP 19 200.
E-mail: elizabeth@iiaa.edu.cu*

RESUMEN

Se definieron las proporciones de maíz y de soya que permitieron obtener un tempeh con características aceptables desde el punto de vista sensorial y fermentativo. Se emplearon frijol de soya descascarado y picado, así como maíz amarillo 3 descascarado y fracturado, los cuales se lavaron, se sometieron al proceso de cocción y escurrimiento por separado, con remojo previo del maíz por 3 h y se inocularon con la cepa de *Rhizopus oligosporus*. Se estudiaron cinco combinaciones de maíz y de soya en las que se variaron las concentraciones de ambos sustratos. Se realizó la evaluación sensorial para los atributos olor, sabor y textura de las muestras fritas y se caracterizó el tempeh según los parámetros de calidad correspondientes. Es posible obtener tempeh de maíz y soya con 75 % de maíz y 25 % de soya, así como con 50 % de maíz y 50 % de soya, con pH entre 5,8 y 6,2; un contenido de humedad entre 61 y 70 %, inoculados con una suspensión de esporas de *Rhizopus oligosporus* e incubados a 30 °C durante 19 h. Los tempehs obtenidos presentaron un conteo total de 102 UFC/g y no presencia de *E. coli*, así como características típicas de un tempeh de buena calidad.

Palabras clave: tempeh, maíz, soya, fermentación de maíz y soya, calidad.

ABSTRACT

Maize and soy tempeh

Proportions of maize and soy bean to obtain tempeh with good sensorial and fermentative characteristics were defined. Tempeh was prepared at laboratory scale from picked and peeled soy bean and yellow maize, previously washed, boiled and inoculated with a *Rhizopus oligosporus* strain. Five relations of maize and soybean changing the concentration of both substrates, were studied. Sensory evaluation of those samples was carried out, considering odor, taste and texture of the fried products. Tempeh with 75% of maize and 25% of soy and other one with 50% of maize and 50% of soy were obtained under the following fermentation conditions: pH 5.8 to 6.2; moisture 61 to 70%, and inoculated with a spore suspension of *Rhizopus oligosporus*, incubated at 30°C for 19 h. *E. coli* was absent and total count was 102 UFC/g in all tempeh samples. In all cases good quality tempeh with typical properties was obtained and the sensory evaluations for boths tempehs varied between very good and excellent.

Key words: tempeh, maize, soy bean, maize-soy fermentation, quality.

INTRODUCCIÓN

Estudios recientes han indicado que además de su valor nutricional, la soya tiene diversos efectos beneficiosos para la salud (1-3).

Entre los derivados de la soya que poseen estas cualidades se encuentra el tempeh (2, 4), alimento natural e integral que se obtiene por fermentación del frijol de soya cocido, con el empleo del hongo *Rhizopus oligosporus* (4, 5). En su estado natural se presenta en forma de torta compacta, con los frijoles cubiertos y unidos por una densa capa de micelio blanco algodonoso (5-7) que produce el hongo en su crecimiento.

**Elizabeth Mejías Taquechel: Ingeniera Química (CUJAE, 1972). Máster en Ciencia y Tecnología de los Alimentos (IFAL, 2000). Investigadora Agregada del Departamento de Biotecnología perteneciente a la Vicedirección de Bebidas. Labora en el desarrollo de tecnologías para la obtención de enzimas, levaduras y tempeh.*

El tempeh contiene todos los aminoácidos esenciales, carece de colesterol y su contenido en grasas saturadas es bajo. El aporte de fibra y de agentes antioxidantes es apreciable, pero lo más importante radica en que contiene vitamina B12 y otras del complejo B (1, 5, 8, 9). Estas características lo hacen conveniente para la dieta del vegetariano y para complementar la alimentación en países en vías de desarrollo, así como para ampliar las ofertas al turismo, por lo que se definió una tecnología (10) a partir de la cual se ha elaborado tempeh de soya con 90 % de aceptación en pruebas poblacionales realizadas en restaurantes.

Este tempeh de soya puede ser mejorado aún más con la incorporación de otros sustratos. Algunos autores (6, 11) refieren que el empleo de garbanzo, cebada, trigo y maíz, mezclados con el frijol en diferentes proporciones, realzan el aroma y el sabor del tempeh, así como también lo enriquecen en su contenido de aminoácidos. El empleo de maíz y de soya unidos como medio de cultivo para la obtención de tempeh mejora su aroma y sabor, aumenta el contenido de lisina y de metionina en el producto fermentado (4), así como la concentración de niacina, riboflavina y tiamina, lo que eleva su valor nutricional (12). También se produce un aumento en la absorción de hierro al ingerir este producto (4, 12). Anteriormente se determinaron las mejores condiciones de fermentación al emplear los cotiledones de maíz como medio de cultivo para la elaboración del inóculo del tempeh, en las cuales el *Rhizopus oligosporus* presentó un buen crecimiento para obtener el producto (13).

Con el propósito de contar con una nueva variante de tempeh que pueda ser ofertada a los futuros consumidores de este producto, fue objetivo de esta tarea definir las proporciones de maíz y de soya que permitieran obtener un producto con características aceptables desde el punto de vista sensorial y fermentativo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleó frijol de soya descascarado y picado y maíz amarillo 3 para consumo humano descascarado y fracturado (14). La soya y el maíz se caracterizaron en cuanto a pH (15), humedad medida en un determinador rápido de humedad marca CENCO y conteo total expresado en UFC/g (16).

El trabajo se realizó a escala de laboratorio, para lo cual la soya se lavó con agua potable y con adición de agua (6, 10), se sometió a cocción con vapor directo a 202,65 kPa, a temperatura de ebullición durante 70 min, con adición de vinagre 10 min antes de finalizar este proceso (10). La soya cocida se escurrió y se dejó refrescar hasta 35 ± 2 °C.

El maíz descascarado y fracturado se lavó con agua potable y en una proporción de 1 kg de maíz seco/3 L de agua, se dejó en remojo por un período de 3 h (13), al final del cual se sometió al proceso de cocción a temperatura de ebullición durante 45 min. Concluida esta operación, el maíz cocido se escurrió y dejó refrescar hasta 35 ± 2 °C.

A los sustratos tratados se les determinó igualmente pH, contenido de humedad y conteo total.

Para realizar el proceso de fermentación se contemplaron cinco combinaciones de la proporción soya-maíz: A- 0 % soya - 100 % maíz (13); B- 25 % soya - 75 % maíz; C- 50 % soya - 50 % maíz (6, 12); D- 75 % soya - 25 % maíz (11); E- 100 % soya, considerado como referencia (7, 10).

Con las mezclas maíz-soya correspondientes, se realizaron fermentaciones en bandejas de poliestireno de 26 x 6,5 x 4 cm (10), las que se inocularon con una suspensión de 107 esporas/mL de la cepa *Rhizopus oligosporus* del Banco de cepas del IIIA, con un volumen de 4 mL/240 g de sustrato (17) y se incubaron a 30 ± 1 °C (6, 13).

Concluida la fermentación, a los productos correspondientes se les determinó el pH (15), la humedad expresada en porcentaje, conteo total (16) y conteo de *E. coli* (18). También se caracterizaron según su aspecto, olor, textura, contemplando en los mismos, grado de compactación, lasqueabilidad y corrimiento del micelio (7). Posteriormente se sometieron al proceso de estabilización a una temperatura de 100 ± 3 °C por 30 min, se refrescaron y se almacenaron debidamente protegidos, a 4 °C durante 24 h (6, 19) para proceder a su evaluación sensorial.

Como variable de respuesta se consideró el tiempo de fermentación del *R. oligosporus* en el sustrato soya-maíz para obtener un tempeh de buena calidad que se

catalogó como aquel que es compacto, aromático y está cubierto totalmente por el micelio blanco algodonoso (6, 7).

Se empleó un diseño completamente aleatorizado con 10 repeticiones por tratamiento y los resultados se procesaron mediante análisis de varianza de clasificación simple y prueba de *Duncan* para $\alpha \leq 0,01$. Se determinaron además, los estadígrafos simples a las variables de caracterización.

La evaluación sensorial se realizó con un panel de 15 jueces semiadestrados, utilizando una escala lineal continua estructurada (20) de 10 cm con intensidad creciente de la calidad del producto de izquierda a derecha a intervalos de 2 cm. Las muestras se evaluaron fritas según una impresión general de calidad de los atributos olor y sabor por separado, analizando en cada caso la escala desde excelente hasta pésimo y considerando los calificativos de malo, regular, bueno y muy bueno. En esta evaluación se tuvieron en cuenta para dichos atributos, los criterios siguientes (6, 7):

Olor: - típico del producto que recuerda algo frito (excelente, bueno, muy bueno).

-atípico del producto, olor a amoníaco, a pútrido, con mayor o menor intensidad (regular, malo, pésimo).

Sabor: - típico del producto, a frito, recuerda el chicharrón o ligeramente un producto cárnico (excelente, bueno, muy bueno).

-atípico del producto, ligero a intenso sabor a algo descompuesto (regular, malo, pésimo).

Las evaluaciones se realizaron según un diseño de bloques balanceados con tres réplicas en sesiones diferentes (21). El rango de aceptación de calidad del producto en la escala estructurada se consideró entre bueno y excelente. Por debajo de estos valores el producto se desecha. Los resultados se procesaron según análisis de varianza de clasificación simple y prueba de *Duncan* para $\alpha \leq 0,01$.

Para las pruebas el tempeh se cortó en dados de 2 x 2 cm y se frió en aceite bien caliente, aproximadamente entre 170 y 180 °C, hasta dorarse, al término de lo cual se

colocó en un recipiente para refrescar. Para la degustación los jueces recibieron en un platillo, dos dados de tempeh frito de las variantes correspondientes acompañado con agua.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra que los valores de pH y humedad de la soya cruda y del maíz sin tratar utilizados como materia prima, se encuentran en el rango de los informados recientemente (6, 11, 13). En el caso de la soya, el conteo total es inferior al detectado en Cuba para este tipo de producto (22), de 106 y 107 UFC/g y supera los valores referidos para este material (6, 11). Para el maíz no se tienen referencias sobre este parámetro, pero la carga microbiana es elevada debido al proceso de descascarado mecánico que comprende operaciones no acépticas (14). Se aprecia también, el efecto positivo del tratamiento de ambas materias primas en su preparación como sustrato, debido a que el mismo redujo la carga microbiana a valores aceptables, inferiores a 103 UFC/g, además de alcanzarse otras condiciones necesarias para el crecimiento del hongo (6, 19).

Los valores de pH para la soya y el maíz, así como sus contenidos de humedad son similares a los informados (6, 13, 23): pH entre 5,8 y 6,0 para la soya y de 6,0 a 6,5 para el maíz, así como humedades de 61 a 70 %, referidos como buenos para la mezcla de ambos sustratos (12, 13).

La Tabla 2 refleja que existen diferencias significativas entre los tiempos de fermentación de los tempehs obtenidos con distintas proporciones de maíz y soya, siendo el de la variante C, 50 % de maíz y 50 % de soya, el que presentó el tiempo más bajo; 17,8 h, valor que se encuentra en el entorno de lo alcanzado en Cuba, de 17 a 20 h, para el tempeh de soya completamente cubierto por el micelio blanco del hongo (23, 19).

Los tempehs obtenidos con las variantes B, C, y E (Tabla 2) no presentaron diferencias entre sí en el período de incubación y sus valores oscilaron en el rango referido para este producto, (10, 19, 22, 23) lo que se corrobora con el resultado de la variante E, tempeh con 100 % de soya, considerado como referencia.

Tabla 1. Caracterización de la soya y el maíz empleados

Materia Prima	pH		Humedad (%)		Conteo total (UFC/g)		Conteo <i>E. coli</i> (UFC/g)
	X	S	X	S	X	S*	
Soya tratada	5,8	0,1	62,2	0,2	$3,3 \times 10^2$	0,4	negativo
Maíz tratado	6,2	0,4	69,8	1,3	2×10^2	0,4	negativo

*Calculada de la expresión logarítmica

Tabla 2. Tiempo de fermentación del tempeh de maíz y soya (horas)

Variantes	A	B	C	D	E
X	22,4 a	18,8 bc	17,8 c	19,6 b	19,2 bc
S	1,5	0,4	1,1	0,5	0,8

A- 100 % maíz C- 50 % maíz: 50 % soya E- 100 % soya (ref.)

B- 75 % maíz: 25 % soya D- 25 % maíz: 75 % soya

n = 10 ES: 0,41

Letras diferentes indican diferencia significativa a $\alpha \leq 0,05$

El tempeh elaborado con 100 % de maíz (A), alcanzó un tiempo de fermentación de 22,4 h (Tabla 2), diferente al resto de las variantes, también algo elevado con respecto a la referencia de tempeh de soya en Cuba (10, 19) y semejante al comportamiento del *Rhizopus* en granos de maíz obtenido en trabajo previo (13), con 23 a 24 h de fermentación. Aunque se emplearon las condiciones de cultivo (Tabla 1) semejantes a las recomendadas (12, 13).

La Tabla 3 muestra que el tempeh obtenido con esta variante no presentó las características organolépticas típicas de este tipo de producto, lo que impidió su empleo para la evaluación sensorial por presentar cotiledones sueltos. También se notó un olor algo cetónico que no permitió evaluarlo, por lo que se desechó dicha variante.

Las características del tempeh obtenido con 75 % maíz y 25 % de soya (B); 50 % de maíz y 50 % de soya (C); 25 % de maíz y 75 % de soya (D), así como con 100 % de soya (E), están en el entorno de las de un tempeh de buena calidad (7), pues el pH y la humedad de los mismos permanecieron constantes, en el entorno de 6,0 y 62 % respectivamente, a excepción del de 100 % de soya, cuya humedad fue menor, aunque dichos valores son similares a los obtenidos por diferentes autores (6, 13, 17).

El tempeh fresco (Tabla 3) no manifestó contaminación por *E. coli* y el conteo total presentado se mantuvo en el orden de 10^2 y 10^3 UFC/g, lo que pudo deberse a la propia manipulación que se realiza durante su proceso de obtención (10). Estos valores se consideran bajos y son inferiores a los referidos (22) para tempeh de soya fresco obtenido con la misma tecnología (10).

El producto correspondiente a las variantes estudiadas B, C, D y E (Tabla 3) presentó en cada caso características sensoriales típicas como se refiere en la ficha descriptiva (7), donde la superficie y centro cubiertos totalmente por el micelio blanco adherido a los granos de maíz y de soya, el aroma característico del maíz cocido y de pan fresco, así como su buena compactación, lo hacen apto para su consumo.

La Tabla 4 refleja que en la evaluación sensorial realizada al tempeh los jueces detectaron diferencias significativas entre las variantes en cuanto a su olor y sabor para un valor de $\alpha \leq 0,01$. En estos dos atributos de calidad los panelistas le otorgaron la mayor calificación, entre muy bueno y excelente con 9,0 cm, al tempeh con 50 % de maíz y 50 % de soya (C), que se consideró tan bueno en el olor como el tempeh tradicional de soya (E), con el que no presentó diferencia en su evaluación.

En el sabor, esta misma variante C no manifestó diferencia con la B, tempeh con 75 % de maíz y 25 % de soya, que fue calificado también de muy bueno a excelente con 8, 4 cm. Es de señalar que en esta última variante, los jueces consideraron el olor y el sabor tan buenos como el del tempeh con 100 % de soya (E), resultado que ratifica la calidad sensorial de los productos evaluados.

La variante D, con 25 % de maíz fue diferente del resto en el olor y el sabor, y aunque su calificación fue entre bueno y muy bueno; 6,9 y 7,3 cm respectivamente, resultó inferior a la B, la C y la E, pues esta combinación no les resultó agradable a 60 % de los panelistas

Tabla 3. Características del tempeh obtenido con las diferentes variantes de maíz y soya

	A		B		C		D		E	
	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S
pH	5,8	0,1	5,9	0,1	6,0	0,1	6,0	0,2	6,1	0,1
Humedad (%)	64,12	0,74	62,21	0,85	62,06	0,19	62,72	0,48	57,26	0,97
Conteo total (UFC/g)	3,4 x10 ³	0,2*	2,5 x10 ²	0,9*	2,3x10 ²	0,7*	1,5 x10 ²	0,7*	4,2x10 ³	0,7*
E. coli (UFC/g)	negativo		negativo		negativo		negativo		negativo	
Aspecto	Crecimiento del micelio blanco moteado no uniformemente distribuido sobre la superficie y fondo. No lasqueable en diversas zonas de la torta.		Crecimiento uniforme y abundante del micelio blanco algodonoso sobre toda la superficie y fondo. Lasqueable.		Crecimiento uniforme y abundante del micelio blanco algodonoso sobre toda la superficie y fondo. Lasqueable.		Crecimiento Uniforme del micelio blanco algodonoso sobre toda la superficie y fondo. Lasqueable.		Buen crecimiento del micelio blanco algodonoso, uniforme sobre toda la superficie y fondo. Lasqueable.	
Olor	Característico del maíz, aunque ligeramente cetónico pero no desagradable.		Aromático y similar al del maíz cocido		Aromático, similar al del maíz cocido.		Agradable, con olor ligero a masa de pan fresco y algo similar al del maíz cocido.		Agradable, aroma de pan fresco y/o fúngico.	
Textura	No muy compacto con el micelio adherido a los granos en el centro, pero no en bordes externos cotiledones sueltos.		Compactación completa de los cotiledones por el micelio en el centro y en los bordes.		Compactación completa de los cotiledones por el micelio en el centro y en los bordes		Compacto, con el micelio adherido a los cotiledones de maíz y de soya en el centro y bordes.		Compactación completa de los cotiledones por el micelio en el centro y en los bordes.	

*Calculada de la expresión logarítmica N = 5

A- 100 % maíz B- 75 % maíz: 25 % soya C- 50 % maíz: 50 % soya D- 25 % maíz: 75 % soya

E- 100 % soya (ref.)

Tabla 4. Evaluación sensorial realizada al tempeh

Atributo	Variantes de tempeh			
	B	C	D	E
Olor	8,2 b	9,0 a	6,9 c	8,3 ab
Sabor	8,4 ab	9,0 a	7,3 c	8,2 b

N = 45 ES (olor): 0,184 ES (sabor): 0,174

Letras diferentes indican diferencia significativa a $\alpha \leq 0,05$

CONCLUSIONES

Es posible obtener tempeh de maíz y soya con 75 % de maíz y 25 % de soya, así como con 50 % de maíz y 50 % de soya, con pH entre 5,8 y 6,2; un contenido de humedad entre 61 y 70 %, inoculados con una suspensión de 107 esporas/mL del *R. oligosporus* e incubados a 30 °C por un período de 18 a 19 horas.

Los tempehs obtenidos presentaron un pH de 6,0 y un contenido de humedad de 62,21 y 62,06 % respectivamente, un conteo total de viables de 102 UFC/g y no

presencia de *E. coli*. Presentaron además, un crecimiento uniforme y abundante del micelio sobre toda la superficie y fondo; lasqueable, con aroma similar del maíz cocido, así como compacto completamente en el centro y en los bordes.

Las pruebas sensoriales realizadas mostraron la aceptación de calidad de estos productos en un rango de muy bueno a excelente.

REFERENCIAS

1. Ismail, M. La Alimentación Latinoamericana 230: 73-77, 1999.
2. Barreto, J.; Santana, S. Soya: Mitos, realidades y perspectivas. Ed. Centro de Documentación, Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, La Habana, 1999, pp.19, 22- 24.
3. Food and Drugs Administration. 21 CFR. Food Labeling: Health Claims, soy protein and coronary heart disease. Part 101. New York, 1998.
4. Wana, I. East Afr. Med. J. 22 (1): 18-20, 1992.
5. Steinkraus, K.y Hackler, J. Food Technol. 19: 63-67, 1965.
6. Shurtleff, W.; Akiko, Aoyogi. Tempeh Production. 2da Ed. California. Cap. 2, 4, 5, 7, 1986.
7. Mejías, E.y Morales, D. Evaluación integral de tempeh en Cuba. Congreso Longevidad Satisfactoria. AMECA. La Habana, 2004.
8. Mital, B. y Garh, S. Food Review International 6 (2): 213-215, 1990.
9. Suparmo, E. Dissertation Abstracts International. 49 (11): 4621-4623, 1989.
10. Morales, D.y Mejías, E. Producción de tempeh en la Planta Piloto de Biotecnología. VIII Congreso sobre Ciencia y Tecnología de de los Alimentos. La Habana, 2002.
11. Messina, M. Soybeans and your health. Avery Press. New York, 2001, pp. 27-29.
12. Mugula, J. International Journal of Food Science and Nutrition 43 (2): 113-115, 1992.
13. Mazas, N. Evaluación del comportamiento del *R. oligosporus* en cotiledones de maíz descascarado. V Taller de Colecciones de Cultivos Microbianos y otros Materiales Biológicos. La Habana, 2005.
14. AOAC. Oficial methods of analisis extraneous. Materials isolations. 15 ed. Washington DC, 1990.
15. NRIAL 123/95 Método de ensayo. Determinación del índice de pH, 1995.
16. NC. 76 04 01. Métodos de ensayos microbiológicos. Determinación de contaminantes, 1982.
17. Godínez, S.y Mejías, E. Cien. Technol. Alim. 16 (3): 26-28, 2005.
18. NC/ISO 4831:02. Métodos de ensayos microbiológicos. Determinación de microorganismos coniformes, 2002.
19. Mazas, N. y Silveira, I. Estudio de conservación de tempeh. VI Congreso sobre Ciencia y Tecnología de los Alimentos. La Habana, 1998.
20. Damasio, M. Rev. Agroq. Technol. Alim. 31 (2): 165-167, 1991.
21. Costell, E. Rev. Agroq. Technol. Alim. 21 (4): 454-456, 1981.
22. Pérez, M. y Mazas, N. Alimentaria (345): 129-132, 2003.
23. Mejías, E. Cienc. Technol. Alim. 16 (1): 33-35, 2006.