



Universidad Autónoma del Estado de México

*Doctorado en Ciencias Agropecuarias y
Recursos Naturales*

FACTORES FISICOQUÍMICOS QUE INFLUYEN EN LA ESTRUCTURA DE LAS MASAS DE MAÍZ NIXTAMALIZADO COCIDAS AL VAPOR

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTORA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES

P R E S E N T A :

M. en CARN. CELIA CRUZ VAZQUEZ



Campus Universitario "El Cerrillo" Toluca, Estado de
México. Febrero de 2021.



Universidad Autónoma del
Estado de México
*Doctorado en Ciencias Agropecuarias y
Recursos Naturales*

**FACTORES FISICOQUÍMICOS QUE
INFLUYEN EN LA ESTRUCTURA DE LAS
MASAS DE MAÍZ NIXTAMALIZADO
COCIDAS AL VAPOR**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTORA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES

P R E S E N T A :

M. en CARN. CELIA CRUZ VAZQUEZ

Comité de Tutores:

Dr. AURELIO DOMÍNGUEZ LÓPEZ (Tutor Académico)

DRA. ADRIANA VILLANUEVA CARVAJAL (Tutora Adjunta)

DR. GASPAR ESTRADA CAMPUZANO (Tutor Adjunto)



Campus Universitario "El Cerrillo" Toluca, Estado de
México. Febrero de 2021.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	v
Advertencia	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	4
2.1. Las masas cocidas al vapor	4
2.2. El maíz.....	5
2.2.1. Estructura del grano	5
2.2.2. Principales componentes del grano	6
2.2.3. Tipos de maíz	6
2.3. Nixtamalización	7
2.4. El tamal como una masa de maíz nixtamalizado cocida al vapor	8
2.4.1. Definición de tamal	9
2.5. Factores fisicoquímicos que determinan la estructura del tamal.....	10
2.5.1. Proceso de nixtamalización	10
2.5.2. Cantidad de proteína.....	10
2.5.3. Tipo de grano	11
2.5.4. Relación amilosa:amilopectina	11
2.5.5. Tamaño de partícula	12
2.5.6. Proceso de mezclado	12
2.5.7. Incorporación de grasa	13
2.5.8. Incorporación de leudante	13
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15

3.1. Justificación.....	15
3.2. Hipótesis.....	15
3.3. Objetivos	16
3.3.1. General	16
3.3.2. Específicos	16
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	17
V. RESULTADOS	18
5.1. Textura de los tamales en función del tipo de endospermo del maíz.....	18
5.2. Efecto del agente leudante como sustituto de la grasa de cerdo sobre la textura de los tamales mexicanos.....	19
VI. CONCLUSIONES GENERALES.....	22
VII. BIBLIOGRAFÍA	23

RESUMEN

Los tamales son porciones de masa de maíz nixtamalizado cocidas al vapor, aderezadas con manteca de cerdo y sal, frecuentemente rellenas de algunas salsas o guisos de carne y envueltas en las brácteas de la propia mazorca del maíz. En la actualidad, los tamales podrían considerarse como un plato imprescindible, y de alto consumo, para las cocinas tradicionales de casi toda Latinoamérica y del sur de Estados Unidos. El sabor de este alimento es simple y neutro ya que se pueden rellenar con diferentes salsas que le dan su típica riqueza organoléptica. Además, la textura firme, esponjosa y ligeramente elástica es una de sus cualidades típicas y distintivas que, en términos funcionales, permite que la masa retenga adecuadamente los rellenos. En este estudio se evaluaron los cambios en las propiedades de textura de los tamales en función, por un lado, del tipo de endospermo del maíz (duro, intermedio y blando) y por otro lado, de la reducción de la manteca de cerdo y su reemplazo por un agente leudante.

Los tamales con el mayor contenido de harina de maíz duro tuvieron la mayor adhesividad y la menor gomosidad. Por el contrario, los tamales más ricos en harina de maíz harinosa (blanda) tenían la mayor gomosidad y la menor adhesividad. Las mezclas de solamente dos tipos de grano producen valores cercanos al promedio, al igual que la harina de maíz dentado (intermedia) produce efectos intermedios. No hubo efecto sinérgico o antagonista causado por la mezcla de las razas de harina de maíz. Las variaciones en las propiedades de textura de los tamales están influenciadas por la dureza del grano, la dispersión del tamaño de las partículas de harina de maíz y su contenido de amilosa.

La disminución de la manteca de cerdo provoca un aumento significativo en la masticabilidad de los tamales. Sin embargo, el polvo de hornear evita el aumento de la masticabilidad causado por la disminución del contenido de grasa de los tamales afectando levemente su adhesividad. En el nivel más alto de manteca de cerdo, el polvo de hornear no causa cambios significativos en la textura de los tamales, pero en ausencia de grasa, el agente leudante produce una textura deseable, similar a la textura tradicional de estos productos alimenticios. Los glóbulos de grasa, que fueron

identificados por microscopía óptica, rodean los gránulos de almidón y pueden ser la causa del aumento de la adhesividad de los tamales.

Palabras clave:

Tamales mexicanos; Dureza del maíz; Textura de los tamales; Distribución de tamaño de partícula; Amilosa; Manteca de cerdo, Polvo de hornear; Leudante, Platillos tradicionales; Grasa.

ABSTRACT

Tamales are portions of steamed nixtamalized corn dough, seasoned with pork lard and salt, often stuffed with some meat sauces or stews and wrapped in the corn cob bracts. Nowadays, tamales could be considered as an essential dish for cuisines of almost all Latin America and even the Southern United States. Tamales' flavour is simple and quite neutral as they can be filled with different sauces and fillings give them their typical organoleptic richness. Additionally, the firm, spongy, slightly resilient texture is typical and distinctive of this food. Moreover, texture is important because it is a quality which allows the dough to adequately hold the fillings. In this study, changes in the texture properties of tamales as a function, on the one hand, of corn endosperm (hard, intermediate and soft endosperm), and on the other hand, of pork lard and baking powder were evaluated.

Tamales with the highest content of Flint (hard) cornmeal had the highest adhesiveness and the lowest gumminess. Conversely, tamales richer in Floury (soft) cornmeal had the highest gumminess and the lowest adhesiveness. Binary blends produce values close to the average, just as the Dent (intermediate) cornmeal yields intermediate effects. There was no synergistic or antagonistic effect caused by the mixture of the races cornmeal. Variations in the tamales texture properties are influenced by the kernel hardness, the cornmeal particle size dispersion and its amylose content.

The decrease in pork lard causes a significant increase in tamales chewiness. However, baking powder prevents the chewiness increase caused by the decrease in tamales fat content slightly affecting their adhesiveness. At the highest level of pork lard, baking powder does not cause significant changes in tamales texture but in the absence of fat, the leavening agent causes a desirable texture, similar to the traditional texture of these food products. Fat globules, identified by light microscopy, surround the starch granules and may be the cause of the increase in tamales adhesiveness.

Keywords

Mexican tamales; Corn hardness; Tamales texture; Particle size distribution; Amylose; Pork Lard, Baking Powder; leavening agent, Traditional dishes; Fat.

Advertencia

Este resumen y Abstract ha sido transcrito de las publicaciones, que se describen a continuación, derivadas de los trabajos experimentales de esta tesis:

1. Cruz-Vazquez, C., Villanueva-Carvajal, A., Estrada-Campuzano, G., Dominguez-Lopez, A. (2019). Tamales texture properties as a function of corn endosperm type. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 16, 100153. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100153>
2. Cruz-Vazquez, Celia; Villanueva-Carvajal, Adriana; Estrada-Campuzano, Gaspar, Dominguez-Lopez, Aurelio. (2021). Effect of baking powder as a substitute of pork lard on the texture of Mexican tamales. Sometido a revision para su publicación a la Revista: *International Journal of Gastronomy and Food Science*.

I. INTRODUCCIÓN

El cocimiento al vapor es una de las técnicas culinarias más utilizadas en la preparación de los alimentos. Las masas cocidas al vapor son suaves, húmedas y de un color pálido. El principal exponente del cocimiento al vapor de masas es China con la elaboración de sus panes tradicionales conocidos a nivel mundial como *Bao*, *Baozi* o *Mantou*. Están elaborados a base de harina de trigo, agua, levadura y sal y opcionalmente grasa y azúcar. Pueden ser rellenos de diferentes ingredientes como frijol, pasta, carne, curry, cerdo agridulce, nuez, verduras, gambas, ternera, y pescado (Hung, 2016). Sin embargo no son los únicos que utilizan la técnica de cocimiento al vapor de masas, también en Latinoamérica se emplea para la producción de los tamales tradicionales.

Los tamales, aún antes que las tortillas, fueron el componente básico de la dieta de prácticamente todos los pueblos asentados en Mesoamérica y en la región andina (Taube, 1989; Coe, 1994). Los escritos tempranos publicados por los conquistadores españoles hacen una amplia descripción de ellos, por ejemplo, Bernardino de Sahagún en el Códice Florentino (Park Redfield, 1929 y sitio web). En consecuencia hoy son un componente básico de las cocinas de prácticamente toda América Latina y, al lado de las tortillas son particularmente un elemento esencial de la cocina mexicana que ha sido adoptado como una comida rápida o *fast food* de alto consumo por la población urbana.

Los tamales, tal como se han preparado desde épocas prehispánicas, son pastelillos generalmente elaborados con masa de diversos tipos de maíces nixtamalizados, manteca de cerdo y sal, envueltos en las propias brácteas del elote, en las hojas de la planta de maíz o aún en hojas de otras especies vegetales y cocidos al vapor a la temperatura de ebullición del agua (Rodríguez-Huezo et al., 2018). Su gusto es simple porque regularmente son el recipiente de diversas salsas y rellenos que los enriquecen organolépticamente o bien son el acompañamiento de platillos complejos tal como ocurre con el pan de trigo convencional.

No son abundantes los datos numéricos, pero se sabe que el consumo de estos productos alimenticios es elevado, sobre todo en México y Centroamérica y se concentra cotidianamente a la hora del desayuno o de la merienda y a lo largo del año durante las fiestas familiares o religiosas que se verifican a fines de año. En algunas festividades es tan alta la demanda que un solo productor, en una pequeña empresa, se ve obligado a elaborar más de 3000 piezas para comercializar en un solo día (Ortega-Orozco, 2001), auxiliado solamente con técnicas de producción tradicionales y a escala doméstica.

En el momento en que alimentos tradicionales como los tamales manifiestan un incremento sostenido de la demanda comercial y comienzan a producirse masivamente, se hace necesario comprender los factores principales que modifican estas propiedades. Derivado de este conocimiento, se podrán implementar métodos de producción que permitan ofrecer al consumidor un producto con las propiedades originales del tamal tradicional, pero producido con la ayuda de un instrumental industrial o automatizado.

Por otra parte, uno de los problemas de salud pública más apremiante en Norteamérica y América Latina es el sobrepeso y la obesidad. México, por ejemplo, ocupa el segundo lugar de prevalencia mundial de obesidad en la población adulta, la cual es diez veces mayor que la de países como Japón y Corea. Respecto a la población infantil, México ocupa el cuarto lugar de prevalencia mundial de obesidad, superado por Grecia, Estados Unidos e Italia. En este país, más del 70 % de la población adulta tiene exceso de peso y se estima que 90 % de los casos de diabetes mellitus tipo 2 se atribuyen al sobrepeso y la obesidad (Dávila-Torres et al., 2015). Este grave problema, hace necesarios el diseño y promoción de estrategias dirigidas a la prevención y control de la obesidad del niño, el adolescente y el adulto.

En términos nutricionales, sin tomar en cuenta los ingredientes que hacen las veces de relleno y que contribuyen a sus cualidades sensoriales, el tamal es un producto que aporta esencialmente energía ya que se compone de maíz y grasa, principalmente de cerdo. Puesto que su humedad es de alrededor de 51% y su contenido de grasa y carbohidratos de 22%BS y 67%BS, respectivamente, una pieza de 100 g puede aportar hasta 228 kcal y se ha reportado un índice glicémico alto, de alrededor de 79% (Figuroa et al., 2016; Weber et al., 1993).

La grasa, como un ingrediente principal en los tamales, aporta un valor sensorial importante y se emplea para promover una textura blanda, suave y cortable con un tenedor (Rodríguez-Huezo et al., 2018; Weber et al., 1993). Con el propósito de contribuir a aliviar este problema de salud pública, la agroindustria modifica la producción de sus productos alimenticios proponiendo alimentos con un aporte calórico menor que los tradicionales.

La textura es importante porque, además de ser un factor organoléptico esencial, de esta propiedad depende que los rellenos se sostengan e incorporen adecuadamente a la masa del tamal. Se sabe, de una manera empírica y tradicional, que la textura es consecuencia de los ingredientes que intervienen en la formulación de los tamales (de las características del maíz u otros cereales, de la cantidad de grasa y de la humedad) y del modo de su elaboración (granulometría de la harina de los cereales implicados, batido de la masa, tiempo de cocimiento). Sin embargo, son muy escasos los reportes en donde se haya experimentado el efecto de estos elementos sobre esta propiedad organoléptica. Recientemente Rodríguez-Huezo et al. (2018) encontraron que la textura de los tamales está influenciada por el tipo de grasa (de origen animal o vegetal) que se emplea en su elaboración y anteriormente Figueroa et al. (2016) habían reportaron los cambios en la textura de la masa para para elaborar los tamales en función de la dureza del endospermo de maíz.

De acuerdo con esto, el propósito de este estudio fue estudiar la textura de los tamales desde dos enfoques: primeramente se evaluaron los cambios en esta propiedad de los tamales en función de la dureza de los maíces utilizados para su elaboración. Posteriormente y en línea con los esfuerzos para aliviar el problema del sobrepeso y la obesidad en la población mexicana, se verificó el efecto de la disminución grasa de origen animal y su sustitución con un agente leudante sobre las características de textura de tamales elaborados a la manera tradicional.

II. ANTECEDENTES

2.1. Las masas cocidas al vapor

El cocimiento al vapor es una de las técnicas culinarias más utilizadas en la preparación de los alimentos. Las masas cocidas al vapor son suaves, húmedas y de un color pálido. El principal exponente del cocimiento al vapor de masas es China con la elaboración de sus panes tradicionales conocidos a nivel mundial, están elaborados a base de harina de trigo, agua, levadura y sal; el azúcar y la grasa son opcionales. Pueden ser rellenos de diferentes ingredientes como frijol, pasta, carne, curry, cerdo agridulce, nuez, verduras, gambas, ternera, y pescado (Hung, 2016). Sin embargo no son los únicos que utilizan la técnica de cocimiento al vapor de masas, también en Latinoamérica se emplea para la producción de los tamales, los cuales también pueden ser rellenos. El tamal es un alimento nutritivo que forma parte de la vida cotidiana de los mexicanos de todas las clases sociales desde la época prehispánica hasta la actual. El tamal era el alimento básico de la dieta (Figuroa, et al., 2016) antes que la tortilla y con el tiempo fue suplantado por ella (Taube, 1989). La masa básica de los tamales está constituida por masa o harina de maíz nixtamalizado, grasa, líquido (Figuroa, et al., 2016); un agente leudante y sal. Esta masa puede ser rellena de diversos ingredientes, según los gustos, tradiciones y los recursos naturales y económicos con los que se cuente (Barros, 2005). Esta masa de maíz nixtamalizado no tiene las mismas propiedades que una masa de trigo, en esta última las proteínas tienen las propiedades únicas de desarrollar una matriz viscoelástica cuando la harina se mezcla mecánicamente con el agua formando una red que permite que la masa mantenga el gas producido durante el proceso de fermentación, dando lugar a una estructura con miga aireada. Mientras que en la masa de maíz para elaborar panes se sustituye la ausencia de la matriz viscoelástica por el proceso de gelatinización del almidón (Moita, et al., 2007), el cual forma una red constituida por los polímeros del almidón (amilosa/amilopectina) mezclados con gránulos de almidón parcialmente gelatinizados, gránulos intactos, partes de endospermo, germen, pericarpio, proteína (baja en gluten), y lípidos. Todos estos componentes forman una malla compleja heterogénea dentro de una fase acuosa continua donde el almidón constituye gran parte del volumen (Bello, et al., 2002). Cuando esta masa es cocida al

vapor sucede una serie de cambios en la red que afectan la consistencia y textura de la masa (tamal) y como consecuencia la estructura. Estas modificaciones están controladas por varios factores fisicoquímicos que involucran desde la obtención de la harina o masa como son: tamaño de partícula, tipo de grano (Figueroa, et al., 2016), proceso de nixtamalización, cantidad de pericarpio (Ruiz Gutiérrez M., 2012), cantidad y tipo de grasa (Rodríguez et al., 2018); cantidad de amilosa. Y la incorporación de aire en el proceso de elaboración (Scanlon, 2001), entre otros. Donde el cocimiento define la estructura final del tamal. Procesos que han sido poco estudiados y hay escasa información científica, relacionada con el aspecto de la comprensión de la formación de la estructura de las masas de maíz nixtamalizadas cocidas al vapor (tamales).

2.2. El maíz

El maíz (*Zea mays* L.) en México es el cereal más extensamente cultivado, tanto por su superficie sembrada como por el volumen de producción. Además su diversidad ha sido una de sus virtudes y de las razones de su fácil adopción a nivel mundial. El grano de maíz representa 85% del volumen nacional de cereales y 2.8% de la producción mundial (PROFECO, 2014). Debido a sus cualidades alimenticias para consumo humano, la producción de proteína animal y su uso industrial se ha convertido en uno de los productos más importantes en los mercados internacionales. Su relevancia económica y social supera a la de cualquier otro cultivo (FIRA, 2016). Este cultivo en México se caracteriza por la producción de una amplia gama de variedades por lo que es posible generar una gran cantidad de productos finales: tortillas, forraje para animales, almidones, glucosa, fructosa, dextrosa, aceites, botanas, etanol para bebidas o como insumo en la producción de biocombustible (SIAP, 2012).

2.2.1. Estructura del grano

Según (Moita, et al., 2007), el grano de maíz es un fruto compuesto por un pericarpio que encierra una única semilla. Su tamaño y forma dependen, además de su genética, de su disposición en la mazorca. En el grano existen tres partes bien diferenciadas: pericarpio, endospermo y germen. El endospermo, con aproximadamente 85% en peso, seguido del germen, 10% en peso, y finalmente el pericarpio, 5% en peso. El pericarpio, es un tejido continuo donde se diferencia una zona externa

formada por células ricas en proteínas y aceite, que se conoce con el nombre de aleurona. En el resto del tejido, denominado endospermo amiláceo, se distinguen además dos regiones. La zona cercana a la aleurona es de consistencia dura y se llama endospermo córneo o vítreo, con alto contenido proteico; mientras que la zona más interna, de apariencia opaca, es conocida como endospermo harinoso. El almidón se encuentra fundamentalmente en células alargadas del endospermo, La matriz proteica en el endospermo harinoso es delgada y no cubre completamente el gránulo de almidón, que adopta una forma redondeada. El endospermo vítreo posee una matriz proteica más gruesa, con gránulos de forma poliédrica debido a la compresión que sufren. El tercer componente del grano de maíz es el germen, que está compuesto por el embrión y el escutelo. En esta parte del grano se encuentran enzimas capaces de degradar las sustancias amiláceas del endospermo, las que servirán de nutrientes del embrión durante la germinación. El germen contiene bajo contenido de almidón pero es rico en aceite y proteínas.

2.2.2. Principales componentes del grano

La composición química del grano de maíz, y por ende su valor nutritivo, dependen del genotipo, de la variedad, el ambiente y las condiciones de siembra. En promedio el contenido de proteína del maíz es de 10% y una buena parte se encuentra en el grano. Tiene cuatro tipos de proteínas de acuerdo con su solubilidad: albuminas (solubles en agua), globulinas (solubles en soluciones de sales), prolaminas (solubles en soluciones alcohólicas) y glutelinas (solubles en soluciones alcalinas o ácidas diluidas). En el maíz, las prolaminas se encuentran principalmente en el endospermo y han recibido el nombre de zeínas, mientras que las glutelinas se encuentran en la matriz proteínica de esta misma estructura; ambas proteínas constituyen cerca de 90% de las proteínas del grano completo. Por el contrario, las del germen son casi en su totalidad albúminas y globulinas.

2.2.3. Tipos de maíz

Los tipos de maíz más importantes son: Amarillo duro, Blanco duro, Blanco dentado, Amarillo dentado, Harinosos y Reventón, dulce y ceroso (CIMMYT, 1988) (CIMMYT, 1994). El maíz duro

tiene granos redondos, duros y suaves al tacto. El almidón está constituido sobre todo de almidón duro córneo con solo una pequeña parte de almidón blando en el centro del grano. Son preferidos para alimento humano y para hacer féculas de maíz, se consume como mazorca verde o como alimento animal. Muchos de los maíces duros cultivados tienen granos anaranjado- amarillento o blanco-cremoso, aunque hay amarillo, verde, púrpura, rojo, azul y negro.

El maíz reventón es una forma extrema de maíz duro que ocupa la mayor parte del grano y una pequeña cantidad de almidón blando en la parte basal. Son granos pequeños con pericarpio grueso y varían en su forma de redondos a oblongos. Cuando se calienta el grano se revienta y el endospermo sale. Varias formas primitivas de maíz tienen granos de tipo reventón. El uso principal del maíz reventón es para bocado (palomitas). Los maíces dentados tienen en el endospermo más almidón blando que los tipos duros y el almidón duro está limitado solo a los lados del grano. Se cultiva para grano y en ensilaje. Cuando el grano se comienza a secar, el almidón blando en la parte superior del grano se contrae y produce una pequeña depresión. Esto da la apariencia de un diente y de aquí su nombre. El maíz harinoso, está compuesto exclusivamente de un almidón muy blando, que se raya fácilmente con la uña aun cuando el grano no este maduro y pronto para cosechar. Son únicamente usados para consumo humano (platos especiales y bebidas). Hay gran variabilidad en color y textura, por lo que se pueden extraer colorantes. El maíz morocho es una cruce de maíz harinoso con maíz duro con el propósito de servir como alimento humano y avícola. El maíz ceroso tiene un endospermo de aspecto opaco y ceroso está compuesto exclusivamente por amilopectina. Es utilizado para obtener almidón similar a la tapioca, es estudiado debido a que la amilopectina que posee es diferente a la del resto de los maíces duros o dentados. El maíz dulce se cultiva principalmente para consumo de mazorca en verde, ya sea hervida o asada. Los granos tienen un alto contenido de azúcar y son de gusto dulce con muy poco almidón (FAO, 2001).

2.3. Nixtamalización

Del náhuatl nixtli, cenizas, y tamalli, masa, el proceso de nixtamalización se ha transmitido de generación en generación en Mesoamérica, y todavía se utiliza como en tiempos prehispánicos. La nixtamalización consiste en preparar el grano de maíz con una porción de cal o ceniza para facilitar

su molienda y hacer más asimilables los nutrientes (Barros, 2005). Los granos se cuecen en agua con cal (calhidra), en proporción aproximadamente de 700 a 800 g de cal (calhidra) por cada 75 kg de grano de maíz y el tiempo de cocción depende de la dureza del grano; una vez cocido se puede escurrir y queda listo para la elaboración de la harina, previo lavado y deshidratado del grano (NMX_F_046-S-1980, 1980) (NMX-FF034-2002-SCFI, 2002); o bien se deja remojando en el agua de cocción durante varias horas. Posterior al remojo, el agua de cocción, conocida como nejayote, se retira y el maíz se lava dos o tres veces con agua. El maíz nixtamalizado es molido en un metate, molino mecánico o molino de piedra para producir una pasta suave y cohesiva conocida como masa (Bello, et al., 2002). La masa resultante de la molienda consiste en fragmentos de germen, residuos del pericarpio y endospermo unidos por el almidón parcialmente gelatinizado, contiene además calcio, proteínas y lípidos emulsificados (Paredes & Guevara, 2008-2009). Todos estos componentes forman una malla compleja heterogénea dentro de una fase acuosa continua. Donde, la reasociación de la amilosa y amilopectina, modifican constantemente el contenido total de agua. Su distribución dentro de esta matriz depende del tiempo y la temperatura del proceso. Este proceso tiene la mayor repercusión en las propiedades reológicas y de textura de los productos elaborados a partir de esta masa (Bello, et al., 2002). El proceso de nixtamalización es muy variado, y depende de la región, las costumbres, el producto a elaborar y los recursos con los que se cuenta; por lo que se observan diferentes tiempos de cocción, de reposo; lo mismo pasa con la eliminación del pericarpio puede ser desde parcial hasta casi en su totalidad. Se puede hacer una modificación al proceso tradicional de nixtamalización realizando un precocimiento del maíz que tarda menos de una hora en su preparación para hacerla más fácil para el consumidor (Pilcher, 2001). La masa nixtamalizada se utiliza para producir tortillas las cuales son la principal fuente de calorías, proteínas y calcio (Bello, et al., 2002). También es la materia básica para la preparación de totopos de maíz o fritos, tostadas o totopos de tortilla, tamales, atoles, pozole, etc. (Paredes & Guevara, 2008-2009).

2.4. El tamal como una masa de maíz nixtamalizado cocida al vapor

Uno de los productos elaborados a partir de masa o de harina de maíz nixtamalizado es el tamal, que ha formado parte de la vida cotidiana de los mexicanos. Se puede observar en la epigrafía y la

iconografía maya, que en épocas prehispánicas en Mesoamérica se consumían los tamales diariamente y en diversas formas. También se encontró la evidencia más convincente de que el tamal constituía el principal alimento de maíz del periodo clásico de los mayas y que se les etiquetaba como una especie de pan o pastelillo elaborado a partir de una masa de maíz fresco, los cuales se hervían y eran envueltos en hojas de maíz. Por lo que se concluye que el tamal era una mercancía básica, utilizada como alimento ceremonial (Taube, 1989). Y se dice que los daban como suministro a los guerreros cuando estaban en campaña contra otros reinos o ciudades (Clendinnen, 1995). Con el tiempo la tortilla suplantó como alimento básico al tamal.

El fraile español Bernardino de Sahagún, decía que lo primero que hacían las mujeres aztecas cuando preparaban una festividad, era cocinar montones de tamales. Los tamales no solo se consumían por los nobles y sacerdotes, sino también por la gente común. Actualmente es el deleite de chicos y grandes y de todos los niveles económicos y culturales (Pilcher, 2001).

2.4.1. Definición de tamal

La palabra “*tamalli*” parece vincularse con un significado mucho más profundo con el término “*tlamalli*” que denota el símbolo de la mano (*maitl*) como algo que se hace o se produce con la mano, literalmente lo que deriva del trabajo (Gómez, 2014) Alonso de Molina, en su diccionario del siglo XXI lo define como un pan de maíz envuelto en hojas y cocido en olla. Por otra parte el Cocinero Mexicano en forma de diccionario, 1888 dice que un tamal significa una especie de pan sabroso y delicado, hecho con la masa de maíz (Hernández, 2009). Una adecuada descripción culinaria de tamal es: mezcla de masa batida con grasa, rellena y condimentada a la usanza de cada lugar, envuelta en hoja de maíz o plátano y cocida al vapor. Últimamente lo han definido como una masa cocida envuelta y como una masa de almidón elaborada generalmente de maíz (Cabrera, 1992).

2.5. Factores fisicoquímicos que determinan la estructura del tamal

La estructura y las propiedades de textura están fuertemente relacionadas. Por lo tanto es importante el conocimiento de cómo se forma y define la estructura de la masa cocida al vapor, prediciendo muchos de sus atributos a partir de los ingredientes utilizados y del método de producción.

2.5.1. Proceso de nixtamalización

Para la obtención de la harina, primeramente se efectúa el proceso de nixtamalización del grano de maíz donde ocurren una serie de sucesos importantes que pueden afectar las propiedades reológicas de la masa y del producto final. Dentro de las condiciones que controlan dicho proceso están: variedad de maíz, concentración de calcio, tiempo de cocimiento, tiempo de reposos, temperatura de cocimiento, tamaño de partícula (Ruiz, et al., 2012). Por último se tiene un aspecto también importante, la transformación y presencia del pericarpio y del germen (Lijuana, et al., 2007). Todos los aspectos antes mencionados definen la calidad del producto.

2.5.2. Cantidad de proteína

Es sabido que las harinas de cereales como el maíz, sorgo y cebada tienen un potencial bajo de panificación debido a su red de gluten sin forma. Mientras que las proteínas del trigo tienen las propiedades únicas de desarrollar una matriz viscoelástica cuando la harina se mezcla mecánicamente con el agua. Esta red viscoelástica permite que la masa mantenga el gas producido durante el proceso de fermentación, dando lugar a una estructura con miga aireada donde el gluten une los gránulos de almidón y el volumen del pan incrementa marcadamente. En el caso de los panes elaborados con maíz se tiene que la ausencia del gluten en la masa es sustituida por el proceso de gelatinización del almidón (Moita, et al., 2007) que es el que ayudaría a definir la estructura final del producto.

2.5.3. Tipo de grano

La composición de los granos tiene influencia en la calidad y procesamiento del producto. Su principal componente es el endospermo, el cual conforma una parte harinosa y otra vítrea o cristalina determinando la dureza del grano. Los maíces de endospermo suave se hidratan mejor que los de endospermo duro debido a que los gránulos de almidón son más fácilmente alcanzados por el agua, por tener menor cantidad de cuerpos de zeína circundándolos que los de endospermo duro (Watson, 2003). Adicionalmente, el almidón en la fracción harinosa del grano posee mayor cantidad de amilopectina que en la fracción vítrea. La velocidad de hidratación de las fracciones del almidón es diferente; la amilopectina absorbe más rápidamente el agua que la amilosa (Ansari, et al., 2010).

2.5.4. Relación amilosa:amilopectina

Es el componente predominante de los granos de los cereales; los granos de maíz tienen alrededor del 80% de almidón. La estructura semicristalina de los granos mantiene su integridad y evita la dispersión de los gránulos en agua a temperatura ambiente. Al colocar el almidón en agua caliente se gelatiniza y se dispersan los gránulos de almidón. La mayor parte del almidón está compuesto por dos polisacáridos: amilosa y amilopectina (Ai & Jane, 2018). La amilosa es un α -D-(1,4)-glucano cuya unidad repetitiva es la α maltosa. Tiene la facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal, en la que cada vuelta de hélice consta de seis moléculas de glucosa. El interior de la hélice contiene sólo átomos de hidrógeno, y es por tanto lipofílico, mientras que los grupos hidroxilo están situados en el exterior de la hélice. La mayoría de los almidones contienen alrededor de 25% de amilosa. La amilopectina se diferencia de la amilosa en que contiene ramificaciones adicionales que le dan una estructura molecular similar a la arquitectura de un árbol; las ramas están unidas al tronco central (semejante a la amilosa) por enlaces α -D-(1,6), localizadas cada 15-25 unidades lineales de glucosa. La amilopectina constituye alrededor del 75% de los almidones más comunes. Algunos almidones están constituidos exclusivamente por amilopectina y son conocidos como *céreos* (Smith et al., 1997). El almidón se presenta como un conjunto de

gránulos o partículas, estos gránulos son relativamente densos e insolubles en agua fría, aunque pueden dar lugar a suspensiones cuando se dispersan en el agua (Smith et al., 1997).

2.5.5. Tamaño de partícula

Durante la molienda, el almidón se daña y la fracción obtenida tiene diferentes tamaños de partículas, factores que se ven influenciados por el tipo de grano. El nivel del daño del almidón genera diferentes tamaños con propiedades físicas, químicas y funcionales que afectan la cocción del pan (Chung, et al., 2010) y el producto final. Se dice que el tamaño de partícula tiene un impacto significativo sobre el volumen específico del pan (Zhang, 1999). Se dice que fracciones finas de harina producen con bajo volumen con pequeñas pero uniformes burbujas de aire en masa, mientras que en el producto final proporciona alto volumen y firmeza suave (de la Hera, et al. 2013). En la investigación más reciente sobre los tamales se concluye que el tamaño de partícula es un factor importante en el control de la consistencia y en la textura específica (cohesión y adhesión) de la masa y del producto final (Figueroa, et al., 2016).

2.5.6. Proceso de mezclado

Una característica importante en una masa es el aire atrapado. Este aire es incorporado durante el proceso de mezclado. Las burbujas de aire generados por el mezclado podrían ser de diferentes formas y tamaños. Que posteriormente afecten las propiedades mecánicas del producto. Posteriormente durante la cocción surge otro gas generado por la acción del agente leudante. La fracción del volumen en la masa depende del tipo de mezclador y del tiempo de mezclado. Como consecuencia los núcleos se expanden y la densidad de la masa se reduce. La incorporación correcta del leudante y del gas durante el mezclado ayudan en mejorar el aspecto del tamal y apoyan en determinar su estructura (Scanlon, 2001).

2.5.7. Incorporación de grasa

Con la incorporación de grasa a la harina, esta es cubierta por la grasa, estas cadenas son interrumpidas y el pan se vuelve menos duro. Por lo que se dice que la grasa forma una película entre las partículas de harina y son absorbidas por las moléculas de proteína y los gránulos de almidón bloqueando los grupos hidrofílicos, lo que dificulta su interacción con el agua; reduciendo la hinchazón de los coloides de harina y aumentando el contenido de la fase líquida de la masa. El papel de la grasa en la etapa del cocimiento es retener las burbujas de aire en la masa y evitar su colisión. Si el contenido de grasa es alto, se va necesitar poca cantidad de agua para obtener la consistencia. La masa se desintegrará fácilmente, se ligará débilmente y será plástica. Los productos con grasa son suaves y con agradable sabor debido a una mejor aireación de la masa que además proporciona un efecto lubricante en la boca (Renzyaeva, 2013).

La amilosa forma complejos con ácidos grasos libres y otros componentes y sin la presencia de agentes para formar complejos, la cadena de la amilosa interactúa con la amilosa adyacente y forman una doble hélice de amilosa, tendiendo a desarrollar un gel o a precipitar la dispersión, fenómeno conocido como retrogradación (Ai & Jane, 2018). El almidón en presencia de la grasa forma complejos con la amilosa, principalmente, encerrando en la doble hélice el lípido, algunas otras forman una película en la superficie de las partículas de almidón (Renzyaeva, 2013).

La amilopectina es el principal responsable del poder de hinchamiento y del desarrollo de la viscosidad del almidón, después de que los gránulos se han gelatinizado e hinchado (Ai & Jane, 2018).

2.5.8. Incorporación de leudante

Hay tres principales agentes que elevan la masa; el gas producido por aireación, el vapor generado y el gas del dióxido de carbono. La mayoría de los agentes leudantes químicos son fuentes de dióxido de carbono y uno o más ácidos alimenticios. Las fuentes de dióxido de carbono en los sistemas son bicarbonato de amonio, bicarbonato de potasio, carbonato de sodio y bicarbonato de sodio. El bicarbonato de potasio y bicarbonato de sodio liberan dióxido de carbono por

neutralización química, donde es adicionado un ácido leudante que reacciona con la base del leudante para producir gas de dióxido de carbono. En repostería el más usado es el conocido como polvo de hornear, que es un compuesto de bicarbonato de sodio, uno o más ácidos leudantes y un diluyente. El diluyente típico es el almidón o el carbonato de calcio, que actúan como un agente estandarizador para diluir el ingrediente activo y para extender la vida útil del polvo de hornear. (Miller, 2016). En estudio efectuado en pasteles se demostró en que cuando se reduce la cantidad del agente leudante incrementa la dureza, a medida que se aumenta el leudante incrementa la cohesividad, hasta un punto máximo para posteriormente descender (Book & Limited, 2016).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Justificación

El cocimiento al vapor de masas elaboradas con distintos cereales es una técnica utilizada en el proceso de panificación en diferentes países como China (panes, bollos, roles y pasteles), África (pan de Basotho Coetzee), Taiwán (tipo de tamal), India (pan) y Latinoamérica (tamales) entre otros. El tamal es un alimento que tiene como base una masa o harina de maíz nixtamalizado con grasa y líquido donde el agente leudante, la sal, el azúcar y otros ingredientes son opcionales. Este producto ha tenido un crecimiento en producción y demanda principalmente en las zonas urbanas, lo que ha llevado a un escalonamiento de un nivel artesanal a industrial; sin embargo a pesar de que se han elaborado desde la época prehispánica, su proceso de elaboración es considerado rudimentario, además de que existe un gran rezago científico en la comprensión de lo que sucede en su proceso. Cuando esta masa constituida principalmente por almidón, agua, grasa y otros ingredientes es cocida al vapor sucede una serie de cambios que afectan la consistencia y textura de la masa (tamal) y como consecuencia de su estructura. El conocer el comportamiento de esta masa base que en términos de textura es importante, ya que generalmente se adicionan rellenos y estos se deben retener exitosamente. Otro punto importante en términos de salud, es el gran contenido de grasa que se le adiciona a la masa base, el cual se busca reducir sin afectar los parámetros de textura. Aunado a lo anterior hay escasos estudios científicos relacionados con el tema.

3.2. Hipótesis

La estructura de una masa de maíz nixtamalizado cocida al vapor (tamal), está influenciada por el tipo de maíz, tamaño de partícula de la harina, cantidad de grasa y de leudante.

3.3. Objetivos

3.3.1. General

- Explicar la influencia del tipo de maíz y tamaño de partícula de la harina sobre la textura de una masa de maíz nixtamalizado cocida al vapor (tamal).
- Analizar el efecto de la de grasa y de leudante sobre la textura de los tamales.

3.3.2. Específicos

- Estandarizar un proceso de elaboración de tamales a partir de harina de maíz nixtamalizado.
- Analizar la influencia del tamaño de partícula de la harina sobre la textura de la masa de maíz nixtamalizada cocida al vapor (tamal).
- Evaluar el efecto del tipo de maíz y la relación amilosa:amilopectina sobre las propiedades de textura de la masa de maíz nixtamalizada cocida al vapor (tamal).
- Analizar el efecto de la de grasa y de leudante sobre la textura de los tamales.
- Analizar la microestructura del tamal.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

De acuerdo con los objetivos del estudio, el presente trabajo de investigación se dividió en dos etapas: (1) Explicar la influencia del tipo de maíz y tamaño de partícula de la harina sobre la textura de una masa de maíz nixtamalizado cocida al vapor (tamales) y 2) Analizar el efecto de la grasa y del leudante sobre la textura de los tamales.

En ambas etapas se utilizaron materiales, como el maíz y la grasa de cerdo, de producción local.

Como consecuencia de la primera etapa se propuso un método estándar para la producción de los tamales, apegado al modo tradicional de elaboración de este producto alimenticio.

La textura de los tamales y la del maíz, fue evaluada con base en metodologías estandarizadas que han sido ampliamente publicadas (véase Texture-Technologies Inc., 2020. Overview of Texture Profile Analysis [WWW Document]. URL <https://texturetechnologies.com/resources/texture-profile-analysis#examples-of-graphs> Verificada el 12.18.20).

Otros análisis, como la microestructura, también fueron realizados a partir de metodologías previamente publicadas.

Con base en los resultados de la primera etapa y a partir de la metodología estándar propuesta para la elaboración de los tamales, se estudió el efecto de la grasa y del agente leudante sobre la textura de los mismos.

V. RESULTADOS

5.1. Textura de los tamales en función del tipo de endospermo del maíz

Los resultados de esta etapa del trabajo experimental fueron reportados en el *International Journal of Gastronomy and Food Science* y fueron publicados en 2019. A continuación se presenta su cita bibliográfica:

Cruz-Vazquez, C., Villanueva-Carvajal, A., Estrada-Campuzano, G., Dominguez-Lopez, A., 2019. Tamales texture properties as a function of corn endosperm type. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 16, 100153. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100153>

Principales aportaciones

Se propuso un método estandarizado de producción de tamales a la manera tradicional.

La textura de los tamales es esponjosa y ligeramente elástica, esta cualidad es importante para la retención de los rellenos. Las propiedades de textura están en función del endospermo (duro, intermedio y blando). Los tamales elaborados con harina de maíz de endospermo duro proporcionan tamales con mayor adhesividad y menor gomosidad. Los elaborados con harina de endospermo blando tuvieron mayor gomosidad y menor adhesividad.

En el maíz con granos blandos, el endospermo es opaco (68.5%) y su embrión es relativamente grande (31.5%). Los granos duros presentan mayormente una zona transparente la cual es de alrededor del 46.9% y de endospermo blando el 37.9% y 15,2% de su embrión. El maíz dentado presente valores intermedios. El grano más duro tiene menor tamaño de partícula y mayor dispersión de tamaño. Existe una pérdida de amilosa durante la nixtamalización. Conforme aumenta la fracción harinosa los tamales son más duros, cohesivos y gomosos y su adhesividad disminuye significativamente. Con los granos duros a medida que se aumenta la cantidad los tamales son más adhesivos y cohesivos y la gomosidad disminuye. Y como era de esperar el maíz

intermedio no modifica sustancialmente la textura de los tamales. Estas variables asociadas fueron correlacionados con las propiedades de textura como tamales siguiente: la dureza del grano y la dispersión del tamaño de las partículas de harina de maíz son negativamente asociado con la dureza de los tamales, la cohesión y en consecuencia la gomosidad; el tamaño medio de partícula está correlacionado positivamente con la dureza del tamal, el contenido de amilosa de la harina de maíz está relacionada positivamente a la cohesión de los tamales y gomosidad y negativamente con la adhesividad. Lo cual sugiere que las variaciones en las propiedades de textura del tamal están influenciadas por la dureza del grano, la distribución del tamaño de partícula y el contenido de amilosa.

5.2. Efecto del agente leudante como sustituto de la grasa de cerdo sobre la textura de los tamales mexicanos

Los resultados de esta etapa del trabajo experimental fueron enviados para su eventual publicación a la revista *International Journal of Gastronomy and Food Science* durante el mes de enero de 2021. A continuación se presenta su cita bibliográfica preliminar:

Cruz-Vazquez, C., Villanueva-Carvajal, A., Estrada-Campuzano, G., Dominguez-Lopez, A., 2021. Effect of baking powder as a substitute for pork lard on the texture of Mexican tamales. Submitted to *International Journal of Gastronomy and Food Science*.

Al momento de la presentación de esta tesis, este trabajo se encontraba bajo revisión por los encargados de la Revista como se observa en la Figura 1:

editorialmanager.com/ijgfs/default.aspx

INTERNATIONAL JOURNAL OF GASTRONOMY AND FOOD SCIENCE

Editorial Manager

Role: Author Username: adominguezl@uaemex.mx

Personaliza y controla Google Chrome

Submissions Being Processed for Author Aurelio Dominguez-Lopez, PhD

Page: 1 of 1 (1 total submissions) Display 10 results per page.

Action	Manuscript Number	Title	Initial Date Submitted	Status Date	Current Status
View Submission Send E-mail	IJGFS-D-21-00028	Effect of baking powder as a substitute of pork lard on the texture of Mexican tamales	Jan 21, 2021	Jan 22, 2021	Under Review

Page: 1 of 1 (1 total submissions) Display 10 results per page.

<< Author Main Menu

Figura 1. Estado del proceso de revisión de la publicación: “Effect of baking powder as a substitute for pork lard on the texture of Mexican tamales”.

Principales aportaciones

En los productos libres de gluten la estructura está formada principalmente por almidón gelificado y la proteína, la cual no sigue la misma forma que los elaborados con gluten, el cual está constituido por una red tridimensional. El tamal no presentan la forma alveolar tradicional formada por orificios redondeados y ovalados; ya que se forman una matriz densa amorfa con orificios sin forma como si fueran cavernas de diferentes tamaños, los cuales se encuentran presentes aún sin la adición de levadura, tal vez formados durante el mezclado y se incrementa su presencia con la adición del leudante. La grasa aparte de formar complejos con el almidón se encuentra distribuida de manera no uniforme en la matriz de almidón en forma de agregados. Es posible reducir el contenido de grasa de los tamales sin cambiar significativamente las propiedades de textura, La disminución de la manteca de cerdo provoca un aumento en la masticabilidad de los tamales y el polvo de hornear reduce la masticabilidad cuando se reduce la grasa. Por lo que el polvo de hornear podría reemplazar la cantidad de grasa mientras mantienen la masticabilidad adecuada sin afectar la

adhesividad. Un incremento en la manteca de cerdo y el polvo de hornear no ocasionaron cambios significativos en la textura de los tamales, pero en ausencia de grasa el leudante provoca una adecuada textura. Los gránulos de grasa que rodean los granos de almidón modificados pueden aumentar la adhesividad del tamal.

VI. CONCLUSIONES GENERALES

Dentro de los resultados presentados en el trabajo, se propuso un proceso de elaboración de tamales, el cual se puede tomar como base para uso tanto artesanal como industrial; Este incluye los principales pasos para la obtención de una masa salada de maíz nixtamalizado que se puede considerar como una base, a la cual solo le faltaría incluir el relleno que se desee.

Los tamales se pueden elaborar con cualquier tipo de grano de maíz, con los cuales se puede obtener una adecuada textura; sin embargo cada uno aporta características específicas como: los granos duros y cristalinos producen tamales suaves y adhesivos; mientras que los harinosos y suaves dan tamales más duros, más gomosos y menos adhesivos.

Cuando se incluyen otros componentes como la grasa y leudante se modifica también la textura del tamal. En el caso de la grasa, esta disminuye la dureza y la cohesividad del tamal. Y disminuyen la adhesividad. La cantidad de grasa en la formulación de los tamales se puede reducir sin afectar la textura del tamal; con lo cual se puede proponer su reducción, disminuyendo su aporte calórico. Además los costos que son generados por su utilización en la formulación; también bajarían, porque está dentro de los tres principales componentes. Por otra parte el leudante tiene un efecto significativo en la reducción de la dureza, pero solo hasta un punto máximo en el que comienza a bajar dicho efecto. Y cuando interacciona con la grasa, su efecto se va perdiendo conforme se incrementa la cantidad de grasa en el sistema, hasta tener un efecto nulo.

Estructuralmente, el tamal no presenta la forma alveolar tradicional formada por orificios redondeados y ovalados; ya que se forman una matriz densa amorfa con orificios sin forma como si fueran cavernas de diferentes tamaños. La grasa incorporada en la matriz, se acomoda de tres diferentes maneras: forma agregados incrustados entre las partículas de almidón gelificados, forma una película cubriendo los gránulos de almidón y en menor cantidad asociándose en complejos con la amilosa y amilopectina. Como se muestra en el estudio es posible reducir el contenido de grasa de los tamales sin cambiar significativamente mientras se mantenga su masticabilidad sin afectar su adhesividad.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Ai, Y., & Jane, J. L. (2018). Understanding Starch Structure and Functionality. Starch in Food: Structure, Function and Applications: Second Edition. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100868-3.00003-2>
2. Ansari, O., Båga, M., a, C. N. & Sultana, N. y. H. K., 2010. Analysis of starch swelling power in Australian breeding lines of hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Research*, 115(2), pp. 171-178.
3. Barros, C., 2005. Justificación: argumentación técnica. En: CONACULTURA, ed. El expediente Pueblo de maíz. La cocina ancestral. México, D.F.: CONACULTURA, pp. 30-103.
4. Bello, P., Osorio, D., Agama, A. & Nuñez, S. y. P. L., 2002. Propiedades químicas, fisicoquímicas y reológicas de masas y harinas de maíz nixtamalizado. *Agrociencia*, Volumen 36, pp. 319-328.
5. Book, S., & Limited, I. C. (2016). Effects of Chemical Leavening on Yellow Cake Properties 1, (March 2015). <https://doi.org/10.1094/CFW-60-2-0071>
6. Cabrera, L., 1992. Diccionario de aztequismos. México, D.F.: Colofon.
7. Chung, Y., Han, H. & Lee, W. y. a. R. C., 2010. Physicochemical and Bread-making Properties of Air Flow. *Food Science Biotechnology*, 19(6), pp. 1529-1535.
8. CIMMYT, 1988. Maize production regions in developing countries, México: CIMMYT.
9. CIMMYT, 1994. 1993/94 world maize facts and trends, México, DF.: CIMMYT.
10. Clendinnen, I. y. W. C., 1995. Aztecs: An Interpretation (en inglés). En: Inglaterra: Cambridge University Press, p. 414.
11. Coe, S. D. (1994). America's first cuisines. University of Texas Press. <https://doi.org/10.7560/711556>
12. Dávila-Torres, J., De Jesús González-Izquierdo, J., & Barrera-Cruz, A. (2015). Medicina social Panorama de la obesidad en México. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*, 53(2), 240–249.

http://revistamedica.imss.gob.mx/editorial/index.php/revista_medica/article/viewFile/21/54

13. de la Hera, E., Martínez, M., Oliete, B., & Gómez, M. (2013). Influence of Flour Particle Size on Quality of Gluten-Free Rice Cakes. *Food and Bioprocess Technology*, 6(9), 2280–2288. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0922-6>
14. FAO, 2001. Tipos de maíz. En: *El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación.
15. Figueroa-Cárdenas, J., Véles-Medina, J. J., Esquivel-Martínez, A. M., Mariscal-Moreno, R. M., Santiago-Ramos, D., & Hernández-Estrada, Z. J. (2016). Effect of processing procedure on the formation of resistant starch in tamales. *Starch - Stärke*, 68(11–12), 1121–1128. <https://doi.org/10.1002/star.201600091>
16. FIRA, 2016. Panorama agroalimentario. Maíz. [En línea] Available at: <https://www.gob.mx/fira/documentos/panorama-agroalimentario> [Último acceso: 22 Agosto 2017].
17. Gómez, M., 2014. Anthropology of food. Los tamales: ofrenda y simbolismo entre los nahuas de la Huasteca veracruzana, México. [En línea] Available at: <https://aof.revues.org/7534> [Último acceso: 20 Agosto 2017].
18. Hernández, C., 2009. El tamal, una nueva propuesta gastronómica - Revista Vinculando. [En línea] Available at: vinculando.org/articulos/...mexico/el_tamal_una_nueva_propuesta_gastronomica.htm... [Último acceso: 5 Agosto 2017].
19. Hung, S. y. M. D., 2016. Introduction to Steamed Bread. En: T. a. N. Food Science, ed. *Steamed Breads*. China: Woodhead Publishing Series, pp. 1-12.
20. Lijuana, S., Z., G. & Guoanc, Z. y. Z. L., 2007. Effects of different milling methods on flour quality and performance in steamed breadmaking. *Journal of Cereal Science*, Volumen 45, pp. 18-23.
21. Miller, R. (2016). Leavening Agents. *Encyclopedia of Food and Health* (1st ed.). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00418-9>
22. Moita, B., Haros & João, T. y. P. I., 2007. Maíz. En: A. E. L. y. C. M. Rosell, ed. *De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica*. Argentina: Baéz Impresiones, pp. 73-121.

23. NMX_F_046-S-1980, 1980. Norma Oficial Mexicana, Harina de maíz nixtamalizado, México: s.n.
24. NMX-FF034-2002-SCFI, 2002. Norma Oficial Mexicana, NMX-FF034-2002-SCFI. Parte I: Maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado especificaciones y métodos de prueba, México: NMX-FF034-2002-SCFI.
25. Ortega-Orozco, R. (2001). Proyecto para instalar una microempresa procesadora de alimentos semi industrializados derivados del maíz (tamales), localizada en Ciudad Nezahualcoyotl, Edo. de Méx. [Universidad Nacional Autónoma de México]. In Tesis. <http://www.economia.unam.mx/secss/docs/tesisfe/OrtegaOR/tesis.pdf>
26. Paredes, L. & Guevara, L. y. B. P., 2008-2009. La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz. *Ciencias* 92.93, pp. 60-70.
27. Pilcher, M., 2001. Vivan los tamales!: la comida y la construcción de la identidad mexicana. [En línea] Available at: <https://books.google.com.mx> › Cooking › Regional & Ethnic › Mexican [Último acceso: 5 Julio 2017].
28. PROFECO, 2014. SIAP - gob.mx. [En línea] Available at: <http://www.gob.mx/siap> [Último acceso: 10 Septiembre 2017].
29. Renzyaeva, T. V. (2013). On the role of fats in baked flour goods. *Foods and Raw Materials*, 1(1), 19–25. <https://doi.org/10.12737/1513>
30. Rodríguez-Huezo, M. E., Flores-Silva, P. C., Garcia-Diaz, S., Meraz, M., Vernon-Carter, E. J., & Alvarez-Ramirez, J. (2018). Effect of Fat Type on Starch and Protein Digestibility of Traditional Tamales. *Starch - Stärke*, 70(5–6), 1700286. <https://doi.org/10.1002/star.201700286>
31. Ruiz Gutiérrez M. 2012. Nixtamalization in two steps with different calcium salts and the relationship with chemical, texture and thermal Properties in masa and tortilla. *Journal Food Process Engineering*, 35(5), pp. 772-783.
32. Scanlon, M. y. Z. M., 2001. Bread properties and crumb structure. *Food Research International*, Volumen 34, p. 841–864.
33. SIAP, S. d. I. A. y. P., 2012. Situación Actual y Perspectivas del Maíz en México 1996-2012, Mexico, DF.: SIAP.
34. Taube, K. A. (1989). The Maize Tamale in Classic Maya Diet, Epigraphy, and Art. *American Antiquity*, 54(1), 31–51. <https://doi.org/10.2307/281330>

35. Watson, S., 2003. Chapter 3, 12 In: Corn: Chemistry and Technology. P. J. White and L. A. Johnson. d. American 13 Association. En: P. W. y. L. Johson, ed. Description, development, structure, and composition of the corn kernel.. 2 ed. Minnessota, USA.: Americana 13 Association of Cereal Chemists, pp. 69-106.
36. Weber, C. W., Kohlhepp, E. A., Idouraine, A., & Ochoa, L. J. (1993). Nutritional Composition of Tamales and Corn and Wheat Tortillas. *Journal of Food Composition and Analysis*, 6(4), 324–335. <https://doi.org/10.1006/jfca.1993.1036>
37. Zhang, D. y. M. W., 1999. Wheat bran particle size effects on bread baking performance and quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture* , 79(6), pp. 805-809.