

Caracterización del proceso de elaboración de rosquillas de sorgo y su aceptación en el mercado

Elsy Paola Carrillo Hinojosa

ZAMORANO
Carrera de Agroindustria

Diciembre, 2000

ZAMORANO

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

**Caracterización del proceso de elaboración
de rosquillas de sorgo y su aceptación en el
mercado**

Tesis presentada como requisito parcial
para optar al título de Ingeniera Agrónoma
en el Grado Académico de Licenciatura

Por:

Elsy Paola Carrillo Hinojosa

Honduras, diciembre 2000

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor

Elsy Paola Carrillo

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2000

Caracterización del proceso de elaboración de rosquillas de sorgo y su aceptación en el mercado

Presentado por

Elsy Paola Carrillo Hinojosa

Aprobada:

Carolina Valladares M.Sc.
Asesor Principal

Claudia García, Ph.D.
Coordinadora de la Carrera
de Agroindustria

Raúl Espinal, Ph.D.
Asesor Secundario

Antonio Flores, Ph.D.
Decano

Juan Moya, Agr.
Asesor Secundario

Keith L. Andrews, Ph.D.
Director General

Aurelio Revilla, M.S.A.
Coordinador PIA

DEDICATORIA

A los hombres que continúan en la lucha por alcanzar sus sueños, los que nos enseñan a vivir colmados de ilusiones, esperanzas y fuerzas.

A las personas que dieron todo creyendo en mí y en los sueños de mi corazón, mis Padres.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme dado la fuerza para cumplir con las metas trazadas.

A mi familia: Mauro, Teresa, Verónica, Lorena y David Carrillo, por todo el apoyo incondicional que siempre me brindaron en todo momento, a pesar de la distancia, y especialmente por creer en mí.

A mis asesores, Ing. Carolina Valladares, Dr. Raúl Espinal y Agr. Juan Moya por su gran dedicación, enseñanza y paciencia.

Al Ingeniero Javier Bueso, por invertir parte de su tiempo en la realización de este trabajo y por la confianza depositada en mí.

A Dilcia Toro por estos cuatro años de compartir nuestras vidas en Zamorano.

A los empleados y trabajadores de la carrera de Agroindustria, de la Planta Procesadora de Granos y del Laboratorio de Análisis de Suelos de Zamorano, por su ayuda incondicional.

AGRADECIMIENTOS A PATROCINADORES

Agradezco al Programa de Apoyo Investigativo de Sorgo y Mijo (INTSORMIL), por financiar parte de mis estudios en el Programa de Ingeniería Agronómica.

RESUMEN

Carrillo, Elsy. 2000. Caracterización del proceso de elaboración de rosquillas de sorgo y su aceptación en el mercado. Proyecto especial del Programa de Ingeniería Agronómica, Zamorano, Honduras. 32 p.

El sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) es el tercer cereal de importancia en Honduras. En la zona seca del Pacífico Centroamericano, constituye un cultivo y alimento alternativo al maíz en épocas de sequía. La nixtamalización es el cocimiento alcalino del maíz, utilizando cal y agua para remover el pericarpio del grano. La sustitución de maíz por sorgo en el cocimiento alcalino se ha estudiado principalmente en la elaboración de tortillas. La rosquilla, otro producto derivado de la nixtamalización de maíz, es altamente consumida por hondureños. El objetivo de este estudio fue caracterizar y evaluar el proceso de elaboración de rosquillas de sorgo y compararlas con las de maíz. La caracterización se hizo basada en un proceso artesanal utilizado en la zona sur de Honduras. Se probaron varios niveles de ingredientes y condiciones, para obtener el flujo de proceso del producto. La evaluación de las rosquillas se realizó mediante pruebas de aceptación (aparición, sabor, color, olor y textura), pruebas de preferencia, pruebas físicas (color y dureza) y adicionalmente pruebas de humedad, pH, microbiológicas, calidad del grano y composición química. El análisis de mercado incluyó el análisis en Zamorano y Sabana Grande, donde las rosquillas son distribuidas. Los granos comparados fueron los sorgos DMV-228 y Sureño, y una muestra comercial de maíz. Las pruebas dieron como resultado que no existen diferencias estadísticamente significativas ($\alpha=0.05$) entre los granos, y el consumidor calificó de regular las cinco características evaluadas. Los consumidores prefirieron el producto elaborado con sorgo DMV-228. Las rosquillas de maíz presentaron la mayor humedad y el color más claro y amarillo. El pH de las rosquillas no fue diferente entre los granos evaluados. Se concluye que el grano utilizado no influye estadísticamente en las características sensoriales de la rosquilla, sin embargo difiere en la humedad y el color del producto.

Palabras claves: Cocimiento alcalino, nixtamalización, sorgo DMV-228, sorgo Sureño.

Nota de Prensa

Rosquillas de sorgo: ¿Podrían ser tan buenas como las de maíz?

La rosquilla es uno de los productos de maíz que más se consume en Honduras. En ciertas épocas del año el maíz no está disponible o sus precios son muy altos. Una alternativa a estos problemas es el sorgo. El proceso para elaborar rosquillas de sorgo es muy parecido al de maíz y el producto es de una calidad aceptable.

En el estudio realizado para caracterizar el proceso de elaboración de rosquillas de sorgo en Zamorano durante los meses de abril a agosto de este año, se pudo establecer que no existen diferencias apreciables por el consumidor, comparando tres tipos de granos, maíz, sorgo Sureño y sorgo (DMV-228). Las características calificadas fueron sabor, color, olor, textura y apariencia, todas con un promedio regular a bueno. Así mismo, la preferencia encontrada por encuestas en Sabanagrande (Dep. Francisco Morazán), definieron como la mejor rosquilla a la de sorgo (DMV-228).

El proceso realizado con sorgo cambia, principalmente en el tiempo de cocción del grano; el sorgo tarda 45 minutos en cocinarse, mientras que el maíz más de una hora. El resto de pasos en la preparación de las rosquillas es muy similar.

En cuanto a la duración de las roquillas, las elaboradas con sorgo son menos duras, porque no acumulan mucha humedad a través del tiempo. El color de las mismas es un poco más oscuros que las de maíz, pero siempre aceptado por los consumidores.

Varias son las ventajas de utilizar este grano como alternativa. El sorgo es capaz de soportar altas temperaturas y pocas lluvias; crece en lugares donde el maíz no puede crecer; el rendimiento grano-rosquilla en el sorgo es mayor, y en ciertos casos resulta más barato.

Lic. Sobeyda Alvarez

CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Autoría.....	ii
	Página de firmas.....	iii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimientos.....	v
	Resumen.....	vii
	Nota de prensa.....	viii
	Contenido.....	ix
	Índice de cuadros.....	x
	Índice de figuras.....	xi
	Índice de anexos.....	xii
1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.3.	HIPÓTESIS.....	2
2.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	IMPORTANCIA DEL SORGO.....	3
2.2.	UTILIZACIÓN DEL SORGO EN HONDURAS.....	3
2.3.	COMPONENTES DEL GRANO DE SORGO Y VALOR NUTRITIVO.....	4
2.4.	ELABORACIÓN DE PRODUCTOS NIXTAMALIZADOS.....	5
2.5.	INGREDIENTES PARA LA NIXTAMALIZACIÓN.....	6
2.5.1.	Grano.....	6
2.5.2.	Cal.....	6
2.5.3.	Agua.....	6
2.6.	PRODUCTOS DE SORGO NIXTAMALIZADOS.....	6
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
3.1.	LUGAR DE ESTUDIO.....	8
3.2.	CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO.....	8
3.3.	ELABORACIÓN DE ROSQUILLAS.....	9
3.4.	PRUEBAS DE ACEPTACIÓN.....	9
3.5.	EVALUACIONES FÍSICAS.....	10
3.5.1.	Pruebas de color.....	10
3.5.2.	Pruebas de dureza.....	10

3.6.	PRUEBAS ADICIONALES DE CALIDAD.....	10
3.6.1.	Humedad.....	11
3.6.2.	pH.....	11
3.6.3.	Pruebas microbiológicas.....	11
3.6.4.	Análisis Químico Proximal.....	11
3.6.5.	Calidad de granos.....	11
3.7.	ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO Y DE MERCADO.....	12
3.8.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	12
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
4.1.	CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE ROSQUILLAS DE SORGO.....	13
4.1.1.	Limpieza.....	13
4.1.2.	Cocción.....	13
4.1.3.	Lavado.....	15
4.1.4.	Secado.....	15
4.1.5.	Mezcla con cuajada.....	15
4.1.6.	Molienda.....	16
4.1.7.	Mezcla y Amasado.....	17
4.1.8.	Moldeado.....	17
4.1.9.	Horneado.....	17
4.1.10.	Enfriado y empacado.....	17
4.2.	PRUEBAS DE ACEPTACIÓN.....	18
4.2.1.	Olor.....	18
4.2.2.	Apariencia.....	18
4.2.3.	Color.....	18
4.2.4.	Sabor.....	19
4.2.5.	Textura.....	19
4.3.	EVALUACIONES FÍSICAS.....	19
4.3.1.	Color.....	19
4.3.2.	Textura.....	20
4.4.	PRUEBAS ADICIONALES DE CALIDAD.....	20
4.4.1.	Humedad.....	20
4.4.2.	pH.....	21
4.4.3.	Calidad de granos.....	22
4.4.4.	Análisis proximal.....	22
4.4.5.	Pruebas microbiológicas.....	23
4.5.	PRUEBAS DE PREFERENCIA.....	23
4.6.	EVALUACIÓN COSTO/BENEFICIO Y DE MERCADO.....	24
4.6.1.	Análisis decosto/beneficio.....	24
4.6.2.	Análisis de mercado.....	25
5.	CONCLUSIONES.....	26
6.	RECOMENDACIONES.....	27

7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
8.	ANEXOS.....	30

INDICE DE CUADROS

Cuadro

1. Fraccionamiento y composición química del grano de sorgo.....
5
2. Ingredientes utilizados en pruebas preliminares de caracterización.....
8
3. Rendimientos de cada grano después de nixtamalización.....
15
4. Pérdida de masa durante la molienda.....
16
5. Evaluación sensorial de las rosquillas por el consumidor.....
18
6. Diferencia en los componentes del color entre rosquillas.....
19
7. Dureza de rosquillas elaboradas con tres granos en siete fechas.....
20
8. pH de rosquillas elaboradas con tres granos en tres fechas.....
22
9. Análisis proximal de las rosquillas elaboradas con tres granos.....
22
10. Resultados de pruebas de preferencia.....
23
11. Análisis económico de la elaboración de rosquillas con dos granos.....
24

INDICE DE FIGURAS

Figura

1. Flujo de proceso de rosquillas de Sorgo.....
14
2. Humedad del nixtamal y de la mezcla de grano y cuajada.....
16
3. Humedad de las rosquillas a través del tiempo.....
21

INDICE DE ANEXOS

Anexo

1. Encuesta de aceptación.....
31
2. Fotografía del reposo para secado del grano.....
32
3. Fotografía de granos cocidos y lavados.....
32
4. Fotografía de la mezcla de sorgo y cuajada.....
33
5. Fotografía del moldeado de las rosquillas.....
33
6. Fotografía del moldeado de las rosquillas.....
34
7. Fotografía de las rosquillas después de horneadas.....
34

1. INTRODUCCIÓN

El sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench) constituye el quinto cereal de importancia en el mundo y el tercero en Honduras. Su uso como alimento es muy variado; sin embargo en Centro América se ha limitado, en gran parte, a ser un cereal forrajero. Aún así, algunos productos alimenticios se han desarrollado, principalmente en las zonas donde el cultivo de otros cereales como el maíz, se hace muy difícil, por la excesiva sequía y las altas temperaturas.

Por la adaptación del sorgo a zonas de baja precipitación y altas temperaturas, en muchos casos es el único grano cultivado en lugares marginales y en determinadas épocas del año, por lo cual se hace más disponible que el maíz. Este hecho lo convierte en una fuente alternativa de carbohidratos en la dieta de la población; sin embargo, el conocimiento de la sustitución de maíz por el sorgo en productos alimenticios, no se encuentra muy difundida entre los productores y sólo una pequeña parte procesa este grano.

La elaboración de las rosquillas de harina nixtamalizada y cuajada, no se ha tomado en cuenta estudios de investigación, pese al alto consumo del producto por la población hondureña.

De la nixtamalización (cocimiento alcalino) de maíz se derivan productos como tortillas, tamales, rosquillas y otros, en los cuales el sorgo constituye un sustituto importante del maíz. Hasta hoy, algunos productos elaborados con sorgo siguen siendo parte de la cultura de la población hondureña y son procesados artesanalmente así por ejemplo los rosquetes, alborotos y atol (DeWalt, 1983).

Las rosquillas de harina nixtamalizada de maíz se caracterizan por formar parte de las recetas tradicionales de la población hondureña. Estos productos se elaboran formando una cinta con la masa que se une por los extremos, dando como resultado una rosca. Hoy en día se encuentran rosquillas en los supermercados, abarroterías y hasta como bocadillos

La caracterización del proceso, podría servir como base, para las pequeñas y medianas industrias, productoras de rosquillas de maíz, las cuales tendrían una opción viable en cuanto a la sustitución del grano. Además la difusión del proceso, llegaría a familias que lo desconocen principalmente en el sector rural de la Zona Sur de Honduras, donde el sorgo es cultivado por productores de subsistencia.

El estudio comprendió el establecimiento del flujo de proceso en la elaboración de rosquillas de sorgo y el análisis de propiedades físicas y sensoriales del producto en un proceso artesanal; éstas últimas se evaluaron por medio de encuestas de aceptación y de preferencia, en la parte sensorial. Las pruebas adicionales de calidad se limitaron al análisis de textura, color y humedad.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar y evaluar el proceso de elaboración de rosquillas de sorgo.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer el flujo de proceso de la elaboración de rosquillas de sorgo
- Comparar las características físicas y sensoriales entre las rosquillas de maíz y las elaboradas con sorgo.
- Probar la aceptabilidad de las rosquillas de sorgo por parte del consumidor.
- Establecer los cambios que se producen en las rosquillas durante el almacenamiento
- Evaluar y comparar económicamente la elaboración de rosquillas tanto de maíz como de sorgo.

1.3. HIPÓTESIS

Las rosquillas elaboradas con sorgo, no se diferencian de las elaboradas con maíz.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. IMPORTANCIA DEL SORGO

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es un cereal originario de África (Sudán y Chad) (Serna-Saldívar, 1996). En los Estados Unidos se suele denominar milo o milomaíz (FAO, 1995).

El sorgo se trata como planta anual, aunque es hierba perenne y en los trópicos puede cosecharse varias veces al año (FAO, 1995). Es cultivado en zonas tropicales y subtropicales; requiere una temperatura óptima de 26.7° C, es altamente resistente a la sequía y altas temperaturas, por lo que se cultiva en zonas semidesérticas y marginales (precipitación media anual de 400 a 600 mm). Se adapta a distintos suelos donde se cultiva desde los 0 a los 1000 m de altitud y 45° latitud norte hasta 35° de latitud sur (Serna-Saldívar, 1996).

El consumo mundial de sorgo para la alimentación humana se ha mantenido estancado durante los últimos 35 años en contraste con el consumo alimentario total de todos los cereales, que ha subido considerablemente a lo largo del mismo período; este hecho se ha verificado pese a que bajo el aspecto nutricional el sorgo es similar a otros cereales (FAO, 1995).

El descenso en el consumo *per capita* que se ha registrado en muchos países se ha debido a cambios en los hábitos de los consumidores, producto de varios factores: el rápido ritmo de urbanización, el largo tiempo necesario y la energía que se requiere para preparar alimentos con base en sorgo, la insuficiente estructura doméstica y lo deficiente de los suministros comerciales, entre otros; por lo que el consumo en zonas rurales sigue siendo mucho mayor al de las urbanas (FAO, 1995).

2.2. UTILIZACIÓN DEL SORGO EN HONDURAS

Meckenstock *et al.* (1993), establece que en América Central se produce sorgo en la región semiárida, a lo largo de la zona pacífica, desde Guatemala y El Salvador; el Sur de Honduras, hasta el sur del Lago Nicaragua. Por lo general el sorgo se cultiva por personas de bajos recursos, pero la producción comercial a gran escala se ha incrementado por la adaptación de nuevos híbridos y desarrollo del mercado de granos en el sector privado.

Según DeWalt (1983), probablemente el sorgo ha sido parte de la dieta de la población rural pobre en el sur de Honduras en los últimos 100 años. Los granos criollos se seleccionaron por ser apropiados para la alimentación, así como por sus cualidades agronómicas y muchos productos se elaboran con sorgo como equivalentes a los producidos con maíz.

El mejoramiento de cultivares por parte de instituciones como INTSORMIL, han brindado a los agricultores del sur de Honduras variedades de sorgo de calidad alimenticia mejorada, evaluando la calidad tortillera en varias pruebas de laboratorio. La variedad Sureño, es la cultivada por producir tortillas más claras (Rooney, 1995).

Pacheco (1998), evaluó las características agronómicas de 16 maicillos mejorados en cuatro localidades, entre ellas, Choluteca (Sur de Honduras), de los cuales Medina (1998) escogió cinco (DMV179, DMV198, DMV219, DMV221, DMV228) para evaluar su calidad tortillera comparándolas con la variedad Sureño, la cual sirve como base estándar. De los resultados de ambos autores se determina que los maicillos mejorados además de presentar mejores rendimientos que otras variedades de sorgo, también presentan características aceptables en cuanto a calidad tortillera. De éstos cinco cultivares el DMV228 y DMV219 presentaron el mejor rendimiento en masa para tortilla y características organolépticas aceptables (Medina, 1998).

A pesar que la tortilla es el producto más importante y común hecho con base en sorgo, otros también se elaboran con este grano. Las rosquillas y los rosquetes, se preparan tanto con masa de maíz, como de sorgo, añadiendo cuajada (queso fresco), azúcar y otros ingredientes, los cuales son moldeados en diferentes formas y luego horneados. El resultado son bocadillos que generalmente se venden por mujeres comerciantes (DeWalt, 1983).

2.3. COMPONENTES DEL GRANO DE SORGO Y VALOR NUTRITIVO

Según Hosney (1994), los granos de sorgo son generalmente esféricos, en un rango de peso de 20 a 30 mg, de color blanco, rojo, amarillo, o pardo. La disección del grano muestra 7,9% de pericarpio, 9,8% de germen y el 82.3% de endospermo y a diferencia de otros cereales, muchas variedades de sorgo contienen gránulos de almidón en el pericarpio. Estos gránulos tienen un tamaño de 1 a 4 μm y están localizados en el mesocarpio (capa media del pericarpio).

FAO (1995), indica que el salvado de sorgo es bajo en proteína y ceniza y rico en componentes fibrosos. La fracción del germen del sorgo es rica en ceniza, proteína y aceite, pero muy pobre en almidón. Más del 68% de la materia mineral total y del 75% del aceite del grano entero, se halla localizado en la parte del germen. Su aportación a la proteína del grano es sólo del 15%. El endospermo es relativamente pobre en mineral, ceniza y contenido oleaginoso; en cambio es un gran aportador de otros componentes, pues contribuye al 80% de la proteína y al 94% del almidón del grano entero (Cuadro 1).

La calidad del grano se mide utilizando criterios como el de peso hectolítrico, granos dañados totales y por calor, porcentaje de granos quebrados, materia extraña y contaminación con otros granos (Serna-Saldívar, 1996).

Cuadro 1. Fraccionamiento y composición química del grano de sorgo

Fracción del grano	Peso en el grano (%)	Proteína (%)	Ceniza (%)	Aceite (%)	Almidón (%)	Niacina (mg/100g)	Rivoflavina (mg/100g)	Piridoxina (mg/100g)
Grano entero	100	12.3	1.67	3.6	73.8	4.5	0.13	0.47
Endospermo (%)	82.3	80	20	13	94	76	50	76
Germen (%)	9.8	15	69	76	20	17	28	16
Salvado (%)	7.9	4.3	11	11	4	4.4	22	8

Fuente: FAO, 1995.

2.4. ELABORACIÓN DE PRODUCTOS NIXTAMALIZADOS

El cocimiento alcalino o nixtamalización, es una de las formas más antiguas de preparar alimentos con base en granos, principalmente el maíz. Para las culturas Mesoamericanas constituyó un factor muy importante para el desarrollo de sus pueblos precolombinos (Serna-Saldívar *et al.*, 1990).

Hoy en día la elaboración de los productos de “Masa”¹, ocupa un lugar muy importante en la industria alimenticia en toda América. El proceso de nixtamalización de maíz se resume como el cocimiento del grano en tres partes de agua con 1% (peso del grano) de cal o cenizas, durante 40 a 50 minutos, el posterior lavado del pericarpio y la molienda (Serna-Saldívar, 1996). El grano ya cocido y pelado (conocido como nixtamal) es la base para una gran variedad de productos (Serna-Saldívar *et al.*, 1990).

Durante la cocción sólo una pequeña parte del almidón es gelatinizada, a pesar de que la temperatura es suficiente para que ocurra este cambio, no así la cantidad de agua. Adicionalmente las sales solubles y los azúcares en el grano aumentan la temperatura de gelatinización. A diferencia del sorgo, el maíz es un grano duro y denso, por lo que necesita largo tiempo para absorber agua, aparentemente esta es la razón para el proceso de reposo que se da al grano (Hoseney, 1994).

El mismo autor, supone que la molienda es un paso también importante. El molino de martillo se considera generalmente necesario para producir una masa buena, relacionándolo con el tamaño de partícula que produce.

¹ Masa = Grano de maíz cocido con cal, lavado y molido.

2.5. INGREDIENTES PARA LA NIXTAMALIZACIÓN

2.5.1. Grano

La calidad del producto de la nixtamalización, los parámetros de cocción y el color del producto, dependen principalmente de las características de la materia prima. El grano óptimo debe ser de endospermo parcialmente duro, libre de fisuras o rompimientos, con un tamaño uniforme, y de preferencia, sin pigmentos, pues los remanentes bajan la calidad de la masa (Serna-Saldívar *et al.*, 1990).

2.5.2. Cal

Evidencia arqueológica sugiere que la primera fuente de material alcalino para el proceso de nixtamalización, fue la ceniza de leña. Hoy en día se utilizan varios tipos de cal (CaO y Ca(OH)_2) ambas obtenidas de extracciones locales. La solubilidad de la cal en agua disminuye cuando la temperatura aumenta; sólo 0.67 g de cal pueden ser solubilizados por litro de agua a 79.5°C . La concentración de cal utilizada en la nixtamalización de maíz es de 3.33 g/L de agua, y la temperatura varía entre 85 y 100°C . (Serna-Saldívar *et al.*, 1990).

El hidróxido de calcio se adiciona por dos razones: da el sabor característico de esta clase de productos y debilita la capa externa del pericarpio (Hoseney, 1994).

2.5.3. Agua

Es el medio en el que el maíz se cocina, y en el que la cal es parcialmente solubilizada. Para la producción de masa fresca, el grano es generalmente cocido en 2.5 a 3.0 partes de agua. El agua es absorbida y ligada durante el reposo del grano. La masa para la producción de tortillas, contiene del 52 al 55% de humedad (Serna-Saldívar *et al.*, 1990).

2.6. PRODUCTOS DE SORGO NIXTAMALIZADOS

El sorgo se ha usado como alternativa para la producción de tortillas en América Central. Los genotipos de color blanco se liberaron en esta zona para el uso en productos nixtamalizados, los cuales, son muy parecidos a los elaborados con maíz; sin embargo, requieren un tercio del tiempo de cocción y la mitad del tiempo de reposo del maíz, por ser un grano más pequeño (Serna-Saldívar *et al.*, 1990). Rooney *et al.* (1988), encontró diferencias significativas en el tiempo de cocción de diferentes variedades de sorgo en el proceso de nixtamalización para tortilla. En general se reduce en gran medida el tiempo utilizado por el maíz para su cocción.

Las variedades liberadas por INTSORMIL, en Honduras y otros países en Centroamérica, presentan mejores propiedades para la elaboración de tortillas, que los maicillos criollos, anteriormente usados por los agricultores (Rooney *et al.*, 1988).

La sustitución del maíz por sorgo, se ha evaluado en algunos trabajos, principalmente en la elaboración de tortillas, ya que son parte esencial en la dieta de los centroamericanos. Medina (1998), estableció que la calidad tortillera de algunos maicillos mejorados, es relativamente similar a la del maíz. Su trabajo se realizó en condiciones semi-industriales y con equipo de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP). Los resultados obtenidos en la investigación, indican que existen variaciones en el proceso de nixtamalización del sorgo (tiempo de cocción, reposo y proporción de cal), dadas las diferencias de tamaño, grosor del pericarpio y color entre los dos granos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se dividió en dos etapas principales: Caracterización del proceso de elaboración de rosquillas y evaluación de las características físicas, sensoriales y los cambios de las mismas a través del tiempo. Además de ellas, se realizó un control de calidad del grano utilizado y el análisis económico comparativo de las rosquillas de maíz y sorgo.

3.1 LUGAR DE ESTUDIO

La primera parte del trabajo se llevó a cabo en la Planta de Procesamiento de Granos de Zamorano. Las evaluaciones sensoriales del producto se realizaron en el Puesto de Ventas de Zamorano y en la comunidad de Sabanagrande Departamento de Francisco Morazán, Honduras. Las características físicas se evaluaron con el equipo de laboratorio de la Universidad de Texas A&M y de Zamorano.

3.2 CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO

La caracterización del proceso tomó como referencia una de las formas artesanales para elaborar rosquillas de sorgo, utilizada por la población rural pobre del Sur de Honduras. El proceso artesanal se observó en la residencia de campesinos de la comunidad de Santa Elena, Departamento de Choluteca.

Posteriormente, en la Planta de Procesamiento de Granos de Zamorano, se realizaron diferentes ensayos, utilizando la metodología de prueba-error con el sorgo Sureño como materia prima, hasta llegar a una formulación aceptada por el consumidor (Cuadro 2). Estas pruebas fueron evaluadas por estudiantes y profesores de Zamorano.

Cuadro 2. Ingredientes utilizados en las pruebas preliminares de caracterización.

Ingredientes y condiciones	Niveles probados
Cal (%)	1, 2, 3, 4 ¹
Agua (%)	300, 350 ¹
Cuajada (%)	50, 65 ²
Sal (%)	2.5, 1.5, 1.0, 0.5 ²
Manteca (%)	25, 20, 12, 10 ²
Mantequilla crema (%)	12, 10, 7 ²
Temperatura °C	402.4, 176.7, 148.88
Tiempo de horneado (min)	12, 18, 24, 40, 55

¹ Porcentajes basados en peso de grano seco

² Porcentajes basados en peso de grano cocido

La formulación y el proceso fueron los utilizados para la elaboración de las rosquillas evaluadas.

3.3. ELABORACIÓN DE ROSQUILLAS

Una vez caracterizado el proceso se procedió a elaborar tres bloques de rosquillas (bloques = días de elaboración) para cuatro tipos de pruebas: de aceptación al consumidor y físicas, microbiológicas y pruebas de preferencia.

La materia prima que se utilizó en la elaboración de las rosquillas fue:

- Sorgo variedad Sureño
- Sorgo variedad DMV210
- Maíz grano comercializado por Zamorano
- Cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) con 73% de pureza
- Cuajada (Queso fresco)
- Manteca comercial
- Mantequilla crema comercial
- Sal comercial

El equipo necesario para nixtamalizar los granos y elaborar las rosquillas fue:

- Ollas
- Molino casero manual
- Horno de gas (BLODGETT, USA patente No. 4516,012)
- Estufa de gas
- Utensilios varios de cocina
- Balanza (HOBART, capacidad 300.0 lbs)
- Balanza (OHAUS, GT 480 capacidad 250 gramos)
- Molino de granos eléctrico (dependencia comercial en Aldea El Jicarito)

3.4. PRUEBAS DE ACEPTACIÓN

Las pruebas de aceptación se efectuaron en el puesto de ventas de Zamorano, mediante una encuesta de aceptación del consumidor con una escala hedónica de cinco puntos (excelente, bueno, regular, malo y pésimo), para evaluar cinco variables: apariencia, color, olor, textura y sabor (Anexo 1).

Se encuestaron 50 consumidores por cada repetición del experimento, como lo sugiere Resurrección (1998) para un total de 150 encuestas. Cada encuestado, probó todos los tratamientos en forma aleatoria, los cuales se identificaron con números al azar. La

encuesta incluyó una pregunta de comentarios y disposición a la compra del producto. Algunos consumidores utilizaron café para evaluar la textura de la rosquilla, por ser una manera popular de consumir el producto en Honduras.

La prueba de textura se complementó con la degustación de la rosquilla junto con café, por ser ésta la forma en que el consumidor hondureño evalúa la calidad de una rosquilla.

3.5 EVALUACIONES FÍSICAS

Las pruebas físicas consistieron en la evaluación objetiva de dos características en cada tratamiento: dureza y color. La dureza de las rosquillas se midió en diferentes fechas con el objeto de analizar los cambios en el tiempo.

3.5.1 Pruebas de color

Para establecer las diferencias en el color en las rosquillas después del horneado fueron determinados los tres coeficientes, componentes del sistema Hunter para medición del color: **L** (claridad +), **a** (rojo+, verde-) y **b** (amarillo+, azul-) (Calvo, 1989). Cada uno de estos coeficientes se analizaron separadamente. El instrumento utilizado fue un colorímetro Minolta. Estas mediciones no se realizaron a través del tiempo.

3.5.2. Pruebas de Dureza

La dureza se determinó mediante la prueba de penetración, midiendo la Fuerza (N) requerida para introducir una aguja en el producto a una velocidad constante. Entre más duro fue el producto más fuerza fue requerida para penetrarlo. Las mediciones se tomaron en cinco fechas (3, 7, 10, 15, 21 y 30 días) sobre tres unidades experimentales en la parte superior e inferior de las mismas y con cuatro repeticiones en cada unidad experimental. Las pruebas se realizaron con el equipo del Laboratorio de Calidad de Granos de la Universidad de Texas A&M

3.6 PRUEBAS ADICIONALES DE CALIDAD

En las pruebas que se realizaron para complementar la caracterización del proceso de rosquillas, se usaron los siguientes equipos:

- Horno de convección (PRECISION, GCA 31491, Modelo 18, No. Serie 21DV/5)
- Balanza (OHAUS, GT 480 capacidad 250 gramos).

3.6.1. Pruebas de Humedad

La evaluación de esta característica fue realizada en el producto final y en muestras de productos intermedios como el nixtamal, mezcla de nixtamal y cuajada, y masa de rosquillas (incluidos todos los ingredientes).

Se tomaron dos muestras de cada uno de los estados de los productos intermedios y de los tratamientos. Fueron pesados aproximadamente 10 gramos de muestra en platos petri junto con el peso del plato petri solo. Se colocó en un horno de convección a una temperatura de 105°C durante 48 horas. Finalmente se pesaron el plato petri y la muestra deshidratada, para realizar los cálculos y obtener del porcentaje de humedad (Ecuación 1)

$$\frac{(\text{Peso inicial de muestra} + \text{plato petri}) - \text{Peso final de muestra} + \text{plato petri}}{\text{Peso inicial de la muestra sola}} * 100 \text{ [1]}$$

3.6.2 pH. De cada uno de los tratamientos se tomaron dos muestras en tres fechas (1 – 7 – 21 días). Se preparó una mezcla en una proporción de 12 gramos de rosquilla por 60 ml de agua, la cual fue molida y reposada durante 20 minutos para luego ser decantada y posteriormente tomado el pH con el potenciómetro (Accumet, Fisher Scientific, Model 15).

3.6.3 Pruebas microbiológicas. Las pruebas consistieron en probar cada tratamiento durante tres fechas (1 – 7 – 21 días) utilizando el medio, Plate Count Agar. Diez gramos de rosquillas fueron molidas en 90 ml agua de dilución durante 60 segundos en un Stomacher. De la muestra se tomó de 1 ml del líquido para sembrarlo en placas, con 20 ml aproximadamente de medio de cultivo. La incubación de los las muestras duró 48 horas a 32°C. Finalmente se contaron el número de colonias de bacterias y hongos desarrollados.

3.6.4 Análisis Químico Proximal. El laboratorio de Evaluación de Alimentos de la Carrera de Agroindustria, de la EAP, realizó estas pruebas con la metodología rutinaria del laboratorio.

3.6.5 Pruebas de Calidad de Granos. Se realizaron en del Laboratorio de Calidad de Granos, de la Zamoempresa de Cultivos Extensivos, con la metodología basada en la propuesta de Normas de Calidad de Grano para Centroamérica.

3.7. ANÁLISIS DE COSTO/BENEFICIO Y DE MERCADO

La comparación entre los procesos utilizando maíz y sorgo se realizó con base en los costos e ingresos que genera la producción de rosquillas con 45.45 kg de grano.

El estudio de mercado incluyó únicamente la evaluación de las plazas, Zamorano y Sabanagrande, donde las pruebas de aceptación y preferencia fueron realizadas.

3.8 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño utilizado fue en bloques completamente al azar con tres réplicas y medidas repetidas en el tiempo para las pruebas de humedad, pH y microbiológicas. En los cuales, los bloques correspondieron a los días en que se elaboraron las pruebas (3 días en cada grupo de pruebas).

Las pruebas de aceptación se analizaron como bloques completos al azar, sin medidas en el tiempo. Mientras que las pruebas de dureza y color como un diseño completo al azar, con la diferencia de que la dureza se midió a través del tiempo.

Las pruebas de preferencia se realizaron en tres fechas con una sola repetición de la prueba. (DCA, con medidas repetidas en el tiempo) Para esta prueba exclusivamente se analizaron las frecuencias con la prueba de X^2 .

Los tratamientos fueron las dos materias primas (granos de sorgo) utilizados para la elaboración de las rosquillas, con un control elaborado con maíz grano comercializado por EAP. Todos los tratamientos se hicieron el mismo día de la repetición. La unidad experimental evaluada fue una rosquilla.

El análisis estadístico, consistió en la comparación de los tres granos empleados para la elaboración de las rosquillas, mediante la medición de las variables antes mencionadas, su posterior Análisis de Varianza (ANDEVA) y separación de medias, mediante la prueba Tukey. Utilizando el programa “Statistical Analysis System” (SAS®).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE ROSQUILLAS DE SORGO

Como resultado de las pruebas efectuadas para establecer las condiciones y niveles óptimos en el proceso de elaboración de rosquillas, se obtuvo el flujo de la figura 1, descrito a continuación:

4.1.1 Limpieza

Dependiendo de la calidad del grano y del manejo en almacenamiento, el proceso de limpieza se realiza de varias formas. El objetivo primordial de este paso es el de obtener el grano libre de insectos, impurezas y de glumas, específicamente en el sorgo, donde la separación de éstos se hace muy difícil. Cuando la limpieza se realiza con agua, el cocimiento del grano se hace inmediatamente.

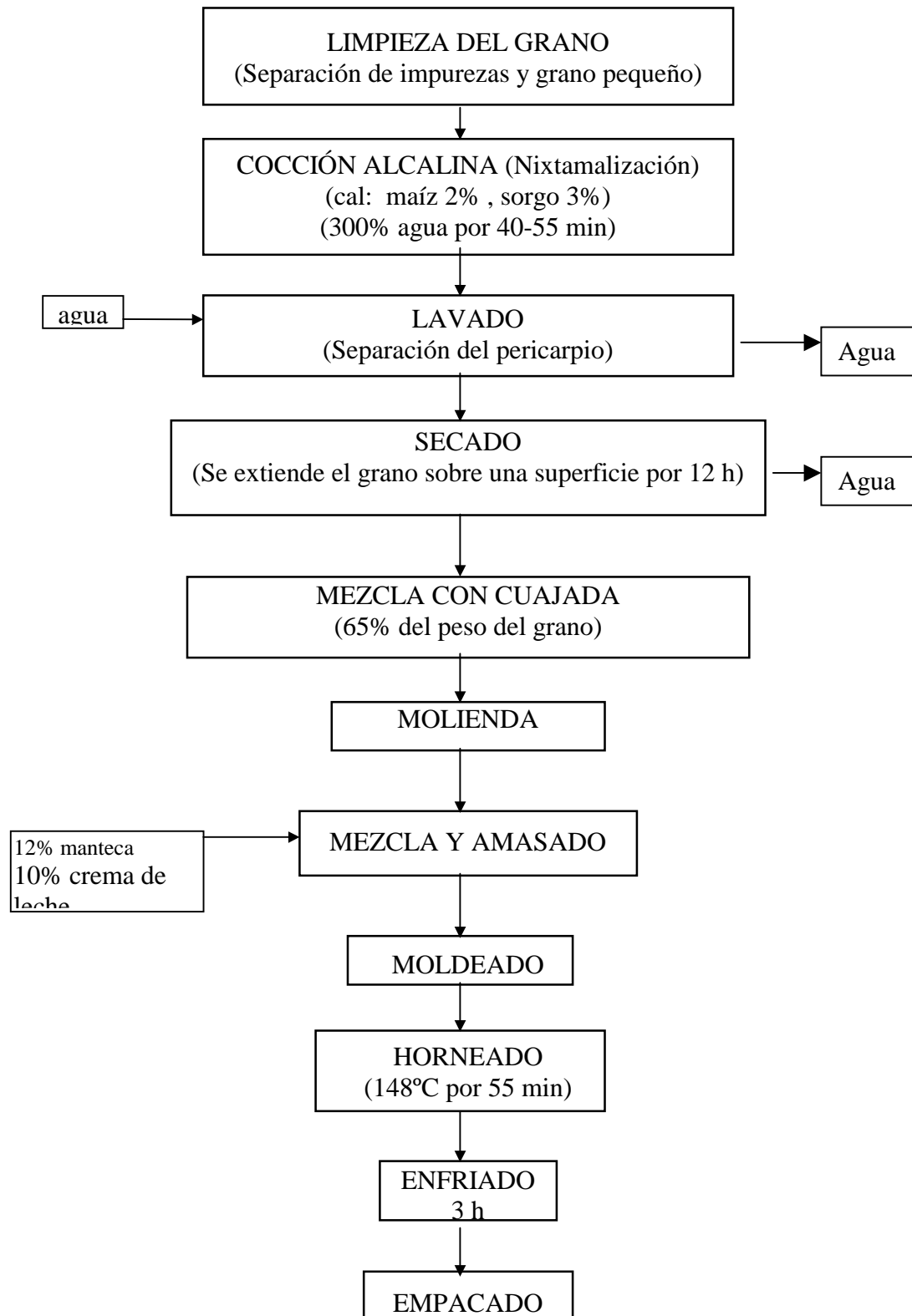
4.1.2 Cocción

El cocimiento alcalino consiste en hervir el grano en una proporción de 1:3 en agua, junto con cal comercial a niveles de 2 a 3 % con base en el peso del grano de maíz y de sorgo respectivamente. En el análisis, específicamente se tomaron estos niveles por la baja calidad de la cal. Según Serna-Saldívar (1996), el nivel óptimo de cal no sobrepasa el 1% en maíz. Medina en 1998 utilizó 0.85% de cal en la nixtamalización de sorgo para tortillas.

El tiempo de cocción cambió dependiendo de los equipos como ollas y estufas. Para este ensayo el tiempo óptimo de los granos de sorgo fue de 45 minutos y del maíz, 80 minutos. Utilizando recipientes de acero lozado y alumnio.

Serna-Saldívar *et al.* (1990), Serna-Saldívar (1996) y Hosney (1994), mencionan un tiempo de reposo del grano en la solución de cal durante 16 horas y 2 horas, para maíz y sorgo respectivamente. En el estudio este paso fue omitido del proceso, porque la masa para rosquillas necesita menos cantidad de agua para su elaboración. Las diferencias en rendimiento del grano no fueron significativas ($\alpha = 0.05$)(Cuadro 3). Aunque se puede verificar que las variedades de sorgo aumentan su peso a en casi un 50%, mientras que el maíz en un 40%.

Figura 1. Flujo de proceso de rosquillas de Sorgo (Porcentajes basados en el peso del grano)



4.1.3 Lavado

El pericarpio debilitado se separa del grano por medio de lavado con abundante agua. Adicionalmente a esta separación, se desecha también el exceso de cal no disuelta en el agua, puesto que en un litro de agua a 79°C se disuelven sólo 0.67 g de cal (Serna-Saldívar *et al.*, 1990).

Cuadro 3. Rendimientos de tres granos después de la nixtamalización.

Grano	Rendimiento (% sobre grano crudo)	Diferencias
Sureño	150	A ¹
DMV-228	145	A
Maíz	139	A

¹letras similares no hay diferencias significativas, bajo la prueba de medias Tukey con nivel de significancia de 0.05

4.1.4 Secado

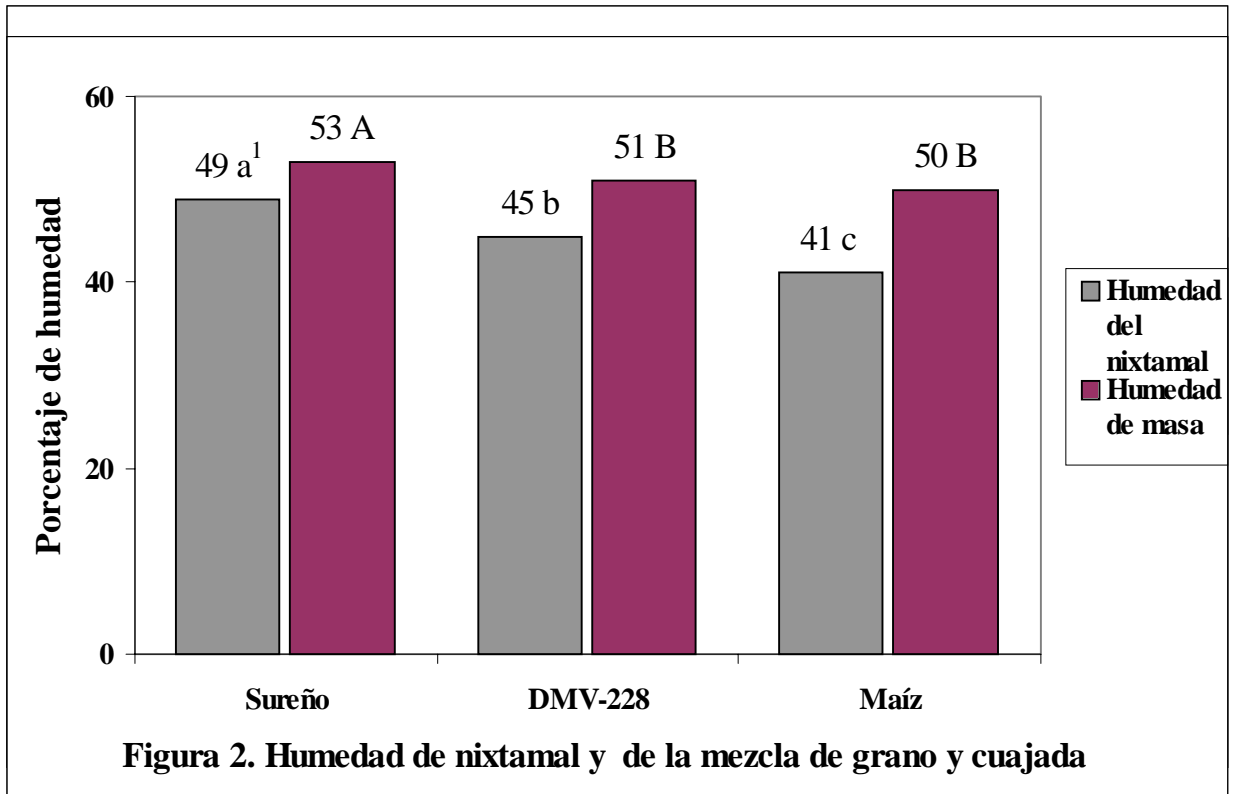
En el proceso de elaboración de rosquillas, se incluye este paso donde el objetivo principal es el de eliminar el exceso de agua y uniformizar la humedad en todo el grano. Para este objeto, se deja reposar los granos en una superficie absorbente durante 12 horas (Anexos 2 y 3). A diferencia de la masa de tortillas, muy alta en humedad (Serna-Saldívar *et al.*, 1990), la masa de rosquillas no tiene una excesiva cantidad de agua.

El agua retenida por el grano después de este período de tiempo difiere significativamente ($\alpha=0.05$) en cada tratamiento (Figura 2). Esto se puede deber muy probablemente al tamaño diferente de los tres granos. Las dimensiones de los granos de maíz son de 5.0 a 9.8 mm de ancho y 8 a 17.0 mm de largo, mientras que las de sorgo son de 2.5 y 3.0 a 5.0, ancho y largo respectivamente (Serna-Saldívar, 1996).

4.1.5 Mezcla con cuajada

Los granos cocidos se mezclan con 65% de cuajada con base en el peso del grano, procurando uniformizar la mezcla en todos sus puntos (Anexo 4).

La humedad de estas mezclas aumenta con la cuajada en un promedio de 20% comparando con la del grano solo (Figura 2). La diferencia entre el maíz y el sorgo, sureño, se puede deber al tamaño del grano y a la humedad inicial de ellos antes de la mezcla. Sin embargo el sorgo DMV-228, no difiere del maíz. Este hecho se da probablemente por la mejor remoción de pericarpio que tuvo Sureño sobre el DMV-228.



¹ Valores con letras iguales no tienen diferencias significativas ($\alpha=0.05$)

4.1.6 Molienda

La mezcla de grano con cuajada se procesa en un molino eléctrico para nixtamal, en el cual se procura obtener una masa suave, donde no se sientan pedazos de granos. También se puede utilizar molinos manuales caseros, aunque el grosor de las partículas no es lo suficientemente fino, por lo que se sugiere moler dos veces.

Las pérdidas registradas en el molino, no son diferentes comparando los tres granos (Cuadro 4). Así mismo la mayor pérdida se dan en el maíz, posiblemente por ser de mayor tamaño, el número de granos perdidos influyen más en el peso.

Cuadro 4. Pérdida de masa en el molino

Grano	Porcentaje de pérdida (% sobre mezcla grano+cuajada)	Diferencias
Sureño	5	A ¹
DMV-228	14	A
Maíz	15	A

¹ Letras similares no hay diferencias significativas, bajo la prueba de medias Tukey con nivel de significancia de 0.05

4.1.7 Mezcla y Amasado

La masa resultante de la molienda se mezcla con 12% de manteca, 10% de crema y 0.5% de sal, esperando obtener una masa uniforme la cual sea moldeable.

4.1.8 Moldeado

La masa con todos los ingredientes se moldea formando una cinta de aproximadamente 10 centímetros, la cual se une por los extremos, formando una rosca. Para efectos de uniformidad de las rosquillas, se pesaron 30 g de masa para formar la rosca (Anexos 5 y 6).

4.1.9 Horneado

Las rosquillas se colocan en bandejas engrasadas y se hornean. Para este estudio el horno utilizado, requirió de 148°C, durante 55 minutos. Estas condiciones pueden variar, dependiendo del tipo de horno, la calidad de aislamiento y la cantidad de producto que se procese (Anexo 7). En hornos de barro, el tiempo de cocción no es mayor a 30 minutos.

El resultado de este proceso es el cambio de color de las rosquillas, la evaporación casi total del agua de la masa y por consiguiente el cambio de textura.

Las rosquillas toman un color pardo, similar al que generalmente toman los productos horneados. Este cambio puede ser resultado de reacciones de tipo Maillard, por la presencia de proteína proporcionada por la cuajada y carbohidratos (azúcares reductores procedentes de almidones) (Serna-Saldívar, 1996).

El cambio de textura de suave a crocante se debe principalmente a evaporación casi total del agua dentro de la rosquilla. Así se verifica en el peso cuando sale del horno, donde de 30 g se reduce a 12 g en promedio.

4.1.10 Enfriado y empacado

Un punto importante es el enfriamiento. La humedad del interior de la rosquilla, sigue evaporándose durante algún tiempo después de haber salido del horno, similar a lo que sucede con el horneado de pan, donde la costra se rehidrata con el vapor del interior del pan (Serna-Saldívar, 1996). Por esta razón el empacado se hace después de aproximadamente tres horas, cuando las rosquillas están completamente frías para evitar la condensación de agua en las bolsas y la consiguiente rehidratación de la rosquilla y cambio la textura, que da como resultado un producto de baja calidad.

4.2 PRUEBAS DE ACEPTACIÓN

4.2.1 Olor

Las evaluaciones realizadas dieron como resultado una calificación del consumidor a las rosquillas de buena y regular (Cuadro 5). Sin embargo las diferencias entre los granos no fueron significativas ($\alpha=0.05$), por lo tanto, el olor de las rosquillas no varía. Este hecho ocurre, porque los granos no aportan compuestos volátiles significativos; el sorgo y el maíz no poseen ácidos grasos de menos de 14 carbonos y (Serna-Saldívar, 1996), por lo que el olor es producido principalmente por ingredientes como la cuajada y la crema, los cuales en este estudio no varían su nivel.

Cuadro 5. Evaluación sensorial de las rosquillas por el consumidor.

Grano	Apariencia	Color	Sabor	Olor	Textura
Maíz	3.95a ¹	4.10a	3.98a	4.05a	3.98a
DMV-228	3.73a ²	3.80a	3.76a	4.02a	3.94a
Sureño	3.75a	3.67a	3.91a	3.96a	3.77a

¹ Escala hedónica: 1= pésimo, 2= malo, 3= regular, 4= bueno, 5= excelente

² En letras similares no hay diferencias significativas, bajo la prueba de medias Tukey con nivel de significancia de 0.05

4.2.2 Apariencia

El consumidor evaluó la apariencia, tomando en cuenta el conjunto de características que hacían atractivo al producto, tales como: forma, uniformidad de color y tamaño. La evaluación de esta característica fue de regular para todas las rosquillas (Cuadro 5). Si se toma en cuenta que las rosquillas fueron elaboradas en la misma forma y manteniendo el punto de horneado uniforme, se justifica que la apariencia no tenga diferencias significativas entre cada grano.

4.2.3 Color

Esta característica a pesar de ser parte de la apariencia se la evaluó por separado. La razón primordial fue la de encontrar la influencia que tenía el color proporcionado por el sorgo a las rosquillas en la preferencia del consumidor. A pesar que estos granos se diferencian significativamente del maíz en el color antes de ser procesados (Medina, 1998), las evaluaciones no muestran ninguna diferencia significativa ($\alpha=0.05$) entre las percepciones hechas por el encuestado (Cuadro 5).

4.2.4 Sabor

Los granos no presentaron ninguna influencia en el sabor de las rosquillas. La evaluación refleja una aceptación regular de esta característica (Cuadro 5). Confirmando que si las condiciones y niveles de los ingredientes fueron similares, el sorgo no tiene diferencia ($\alpha=0.05$) con el maíz. En comparación con otros productos, como son las tortillas, la utilización de uno u otro grano es determinante del sabor (Medina, 1998); en este caso el hecho de añadir otros ingredientes, hace que cualquier diferencia entre granos disminuya.

4.2.5 Textura

El consumidor evaluó esta característica como regular, sin haber diferencias ($\alpha=0.05$) entre las variedades de sorgo y el maíz (Cuadro 5). El factor determinante de la textura de las rosquillas es el tiempo de horneado, donde la humedad es reducida hasta casi un 3%, si este nivel no es alcanzado, la rosquilla no presenta la propiedad de crujencia, esencial para su aceptación.

4.3 EVALUACIONES FÍSICAS

4.3.1 Color

Los resultados de la evaluación del color con el Colorímetro Minolta, a diferencia de las pruebas al consumidor, resultaron diferentes en cada uno de los componentes del sistema Hunter utilizado para esta medición (Cuadro 6).

El maíz difiere en cada componente, siendo mucho más clara (L) la rosquilla de maíz que la de sorgo, así como más roja (a) y más amarilla (b). Esta medición objetiva, si bien asegura que las rosquillas se diferencian en color, el consumidor no los distingue o por lo menos los toma como aceptables para el producto.

Cuadro 6. Diferencias en los componentes del color entre rosquillas.

Grano	L	A	B
Maíz	49.80a ¹	6.20a	23.80a
DMV-228	45.70b	4.98b	20.99b
Sureño	47.02b	4.32b	20.35b

¹ Medias con letras similares en la misma columna no son diferentes significativamente, bajo la prueba de medias Tukey con nivel de significancia de 0.05

Color: L (claridad), a (rojo/verde), b (amarillo/azul)

4.3.2 Textura (Dureza)

La dureza de las rosquillas se las pudo medir durante un período de 30 días, en los cuales la fuerza utilizada para medir esta característica no tuvo diferencias significativas ($\alpha = 0.05$)(Cuadro 7).

Las diferencias entre fechas sólo se dieron entre los 15 días y los 10, 7 y 3 días. A pesar del poco ajuste de estos datos al modelo lineal, se verifican tendencias ascendentes en cuanto a la dureza. Por lo tanto se esperaría que mientras más días permanece la rosquilla en almacenamiento, aumente su dureza.

Cuadro 7. Dureza de rosquillas elaboradas con tres granos en siete fechas.

Grano	Fuerza en parte superior (Newton)						Fuerza en parte inferior (Newton)							
	3	6	7	10	15	21	30	3	6	7	10	15	21	30
DMV-228	21.50	25.97	20.68	19.78	21.89	19.89	20.12	20.11	25.20	22.99	25.96	25.78	26.53	26.85
Maíz	25.47	28.16	23.95	25.94	32.57	30.20	30.81	30.21	25.83	32.80	35.40	33.52	39.96	24.46
Sureño	21.91	20.62	24.43	21.99	27.31	25.83	26.94	33.10	32.30	25.73	35.55	29.17	34.35	39.11

4.4 EVALUACIONES ADICIONALES DE CALIDAD

4.4.1 Humedad

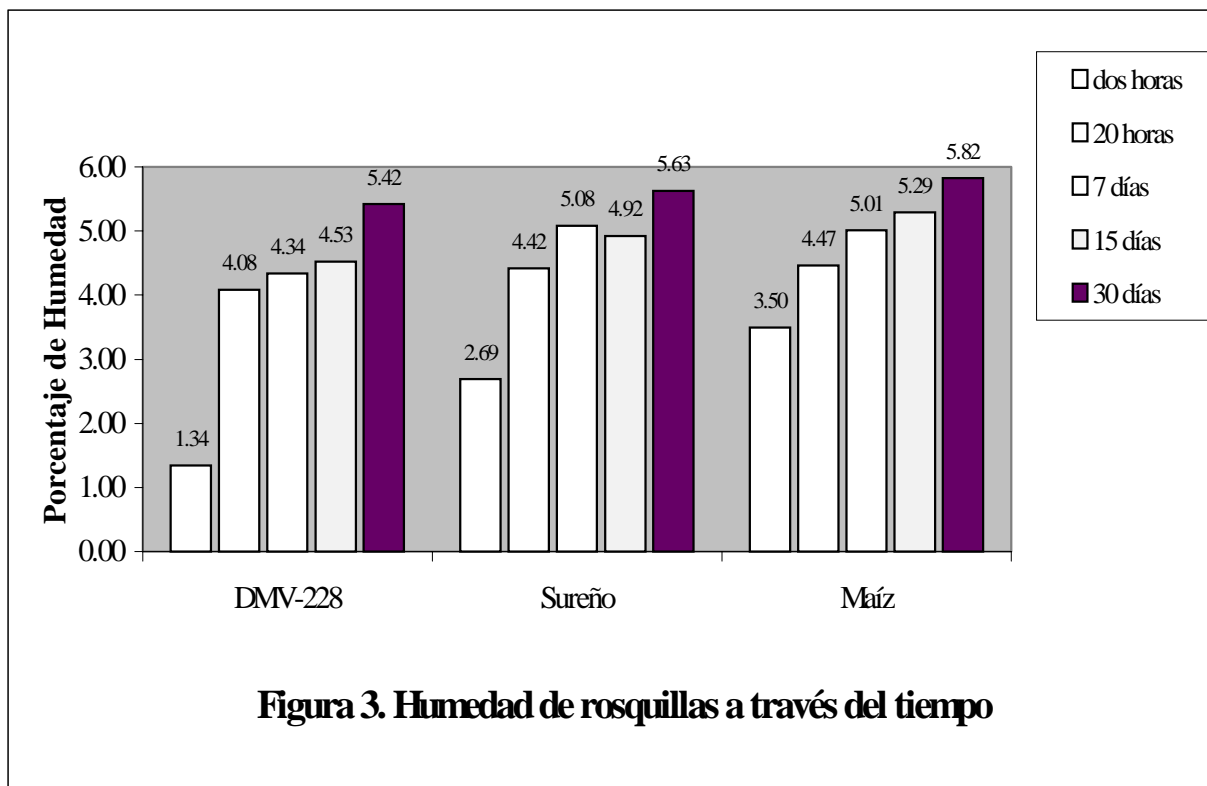
Los cinco tiempos en los cuales se midió la humedad de las rosquillas, fueron significativamente diferentes ($\alpha=0.05$), por lo que se realizó un análisis por separado de cada uno de ellos. La humedad de las rosquillas varía significativamente entre las tres primeras horas de horneadas y las demás fechas. Lo cual sugiere que al salir del horno, las rosquillas todavía contienen humedad y que continúan perdiéndola hasta después de las tres horas después de horneadas.

Otra de las diferencias significativas ($\alpha=0.05$) entre fechas, surgió entre los treinta días y todas las demás mediciones, por que podemos inferir que para este tiempo las rosquillas han acumulado humedad, que puede influenciar principalmente la textura del producto.

Ya separados los tiempos de medición, se encuentran diferencias entre los granos dentro de las 3 horas de horneadas, a los 7 días, 15 días y 30 días, variando la humedad entre las variedades de sorgo, a excepción de la primera medición en donde la diferencia se halla entre el maíz y sureño contra el DMV-228. La primera diferencia, se puede deber principalmente al destiempo de enfriado de cada muestra después de haber salido del horno (Figura 3).

Medina (1998), encontró que las diferencias de humedad entre las tortillas de sorgo y maíz fueron significativas, sin embargo, este autor basa estas diferencias en el tiempo de

reposo del grano después de ser cocido (Sorgo 2 horas, maíz 16 horas). En el presente estudio no se dio tiempo de reposo a los granos y la diferencia aparece de los 7 días en adelante, por lo cual se puede suponer que la absorción de humedad en esos días por el maíz y sorgo sureño, se dio por factores ambientales (meses de junio y julio tienen alta precipitación)



4.4.2 pH

Dentro de las fechas en las que esta característica fue evaluada, se establecieron diferencias entre el primer día y los siete y 21 (Cuadro 8). Lo que puede ser causado por el alto porcentaje de componentes lácteos que posee la rosquilla, los cuales al paso del tiempo hacen que cambie su pH.

Las diferencias entre granos no se dan en ninguna fecha. Si consideramos que la composición química de ambos granos es similar (Serna-Saldívar, 1996), se esperaría que ningún factor influenciara el cambio de pH entre los granos.

Todas las muestras se diferenciaron del control agua destilada la cual tuvo un promedio de pH de 6.2. Es decir, que las rosquillas aumentaron la acidez del agua destilada, por los ácidos que contienen.

Cuadro 8. pH entre rosquillas elaboradas con tres granos en tres fechas.

Fecha (Días)	Tipo de grano	pH	Separación de medias para las fechas
1	DMV-228	5.97	A
	Maíz	5.09	
	Sureño	6.06	
7	DMV-228	5.90	B
	Maíz	5.84	
	Sureño	5.91	
21	DMV-228	5.81	B
	Maíz	5.80	
	Sureño	5.91	

¹ Medias con letras similares en la misma columna no son diferentes significativamente, bajo la prueba de medias Tukey con nivel de significancia de 0.05

4.4.3 Análisis proximal

La composición química de las rosquillas fue determinada por el análisis proximal en el cual nos damos cuenta de la poca variación entre las rosquillas de diferentes granos (Cuadro 9). Los componentes principales de este producto, son los carbohidratos (Extracto Libre de Nitrógeno) y la Grasa (Extracto Etéreo), constituyendo ésta última, uno de los componentes que más fácil pueden descomponerse.

Cuadro 9. Análisis Proximal de las rosquillas elaboradas con tres granos

Prueba	Maíz	DMV-228	Sureño
Humedad	6.21	5.80	5.98
Materia seca	93.79	94.20	94.02
Materia Orgánica	90.01	89.69	89.68
Cenizas	3.78	4.51	4.34
Proteína Cruda	15.96	16.10	15.90
Extracto etéreo	22.24	23.07	23.46
Fibra cruda	0.85	0.67	0.74
Extracto Libre de Nitrógeno	50.96	49.85	49.58

4.4.4 Calidad del grano

Los análisis de calidad del grano demuestran que todos los granos fueron aptos para consumo humano y cumplían con las normas de calidad de la Propuesta de Normas de Calidad para Grano en Centroamérica (Zamorano y PRODEPAH, 1995) sin embargo, todos poseían una plaga primaria, que en el primer paso del proceso se eliminaba, sin alterar el producto.

4.4.5 Pruebas microbiológicas

Las pruebas microbiológicas realizadas no presentaron datos significativos para reportarse como contaminaciones en las rosquillas. Una razón muy fuerte es la poca humedad que este producto mantuvo en el transcurso del estudio.

4.5 PRUEBAS DE PREFERENCIA

Las rosquillas fueron probadas por personas residentes en la Comunidad de Sabanagrande, en tres fechas: 1, 7 y 15 días de elaboradas, en los cuales la preferencia de la gente por una rosquilla en especial no cambió. El grano DMV228, fue escogido por las más del 50% de personas encuestadas en cada fecha, mientras que el Maíz y el Sureño variaron su preferencia de un día a otro. La probabilidad de que este hecho sea real es bastante alta. (Cuadro 10).

Las diferencias que se dan entre estas pruebas y las de aceptación quizá se deban al cambio de plaza, por lo que el consumidor no es el mismo. Cabe señalar que el criterio de las personas encuestadas en la EAP está muy influenciado por el consumo de rosquillas fabricadas en la ciudad de Danlí (El Paraíso, Honduras), las cuales son muy diferentes a las elaboradas en Sabanagrande.

Cuadro 10. Resultados de las pruebas de preferencia. Sabanagrande, 2000.

Fecha (días)	Número de personas que prefirieron la rosquilla			Probabilidad
	Maíz	Sureño	DMV-228	
1	43	6	51	0.001
7	20	21	60	0.001
15	6	25	69	0.001

4.6 EVALUACIÓN DE COSTO/BENEFICIO Y DE MERCADO

4.6.2 Análisis de Costos y Beneficios

El análisis de costos incluye datos obtenidos durante el período de marzo-abril, donde el precio de sorgo es más bajo que el maíz (Cuadro 11). Los precios ambos granos, están sujetos a cambios según la temporada y la zona en donde se comercialicen. El precio de venta es igual para las dos clases de rosquillas, porque las características de calidad que

se evaluaron no difieren significativamente, por lo tanto pueden competir con el mismo precio ambas rosquillas. La cal difiere en su costo, pues para el sorgo se utilizó 1% en peso de grano, más que para el maíz.

Cuadro 11. Análisis económico de la elaboración de rosquillas con dos granos

CONCEPTO	CANTIDAD	Unidad	PRECIO		COSTO TOTAL	
			AD	UNITARIO	(L.)	
			SORG	MAIZ	SORG	MAIZ
			O	O	O	O
Grano	45.45	kg	2.64	3.30	120.00	150.00
Cal Sorgo	1.36	kg	0.92		0.84	
Maíz	0.9	kg		0.92		1.26
Agua	1130	l	0.007	0.007	7.91	7.91
Cuajada	38.18	kg	44.00	44.00	1680.00	1680.00
					0	
Manteca	6	kg	13.53	13.53	81.18	81.18
Crema	5	kg	33.00	33.00	165.00	165.00
Sal	0.23	kg	3.74	3.74	0.85	0.85
Mano de Obra	54	h/hombr	15.20	15.20	820.80	820.80
		e				
Gas Propano	133.69	l	4.00	4.00	535.09	535.09
Electricidad	18.3	kw/h	1.10	1.10	20.13	20.13
Depreciación Estufa*	1.5	Horas	0.25	0.25	0.375	0.375
Depreciación Molino*	0.83	Horas	4.25	4.25	3.52	3.52
Depreciación Horno	18.3	Horas	1.00	1.00	18.30	18.30
Total costos variables					3454.00	3484.43
					1	
Costos Fijos						
Costos administrativos*	2	día	10.00	10.00	20.00	20.00
Total de costos fijos					20.00	20.00
TOTAL DE COSTOS					3474.00	3504.43
					1	
INGRESOS POR VENTAS						
ROSQUILLAS 10 g.	4180	Unidad		1.00	4707.00	4180.00
Maíz					0	
	4707		1.00			
Sorgo						
UTILIDAD					1235.90	675.57
					9	
RENTABILIDAD SOBRE COSTOS					0.355	0.192

* Datos tomados de Medina (1998)

La rentabilidad al usar uno u otro grano difiere casi en un 40%, esto se debe principalmente al mayor rendimiento registrado por el sorgo en la elaboración de rosquillas.

4.6.3 Análisis de Mercado

A pesar de no haber hecho una segmentación formal del mercado, donde se evaluaran características geográficas, demográficas, conductuales y psicográficas del consumidor meta (Kotler y Armstrong, 1994), las plazas en donde se realizaron las pruebas de aceptación y preferencia conglomeran a personas de varias regiones y ciudades (Sabanagrande es un paradero en la vía al Sur de Honduras). Adicionalmente las rosquillas son consumidas por grupos de toda edad y género.

5. CONCLUSIONES

Al finalizar este estudio se concluye:

- El proceso de elaboración de rosquillas de sorgo, es muy similar al realizado con maíz, salvo algunas excepciones como el tiempo de cocción del sorgo, porcentaje de cal y remoción del pericarpio.
- No existen diferencias entre de las rosquillas elaboradas con sorgo y las de maíz en cuanto a características sensoriales (color, olor, sabor, textura y apariencia), evaluadas por consumidores. Así también no se encontraron diferencias de dureza y pH entre los granos.
- El color de las rosquillas de maíz fue más claro, rojo y amarillo que el color de las rosquillas elaboradas con sorgo.
- La humedad de las rosquillas, cambió en el transcurso de treinta días, siendo la variedad DMV-228, la que menos acumuló humedad durante este tiempo. Este cambio se debió al manejo del ambiente después del horneado. Esta característica fue la única que varió a través del tiempo entre las evaluadas por fechas.
- Las evaluaciones de preferencia al consumidor, demostraron que las rosquillas de DMV-228, fue la preferida en tres fechas, sin haber cambios influenciados en el tiempo.
- El análisis económico comparando ambos granos, sólo tiene como variantes el precio de cada grano, el cual es determinado por la época del año y la disponibilidad en el mercado, y el rendimiento grano - rosquilla que es mayor en el sorgo. Por lo que la rentabilidad de éste, resulta mayor.

6. RECOMENDACIONES

- Evaluar las características sensoriales y físicas a lo largo del tiempo de almacenado, como complemento a los datos obtenidos en este estudio. Principalmente el de color y rancidez de las rosquillas.
- Establecer el empaque adecuado para almacenar las rosquillas sin tener cambios en humedad o dureza de la rosquilla.
- Utilizar sorgo DMV-228 para la elaboración de rosquillas, por su mayor preferencia por el consumidor
- Evaluar otras variedades de sorgo, principalmente de maicillos, que se cultiven en zonas marginales.
- Evaluar la calidad nutricional de sorgo nixtamalizado y compararla con la de maíz.
- Utilizar cal de buena calidad y establecer su pureza con pruebas de laboratorio, para obtener el porcentaje óptimo en el proceso de nixtamalización.
- Realizar el proceso de horneado con equipo de calentamiento uniforme.
- Efectuar un análisis económico más completo, junto con una investigación y análisis de mercado para complementar este estudio.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALVO, C. 1989. Otros Sistemas de Medida: Hunter, Munsell, etc. *In* El color en alimentos. Medidas instrumentales. Ed. Por Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago de Chile. p. 36-47

DEWALT, K.M. 1983. Sorghum Consumption and Diet in Southern Honduras. *In* Fighting Hunger with Research: A Five-Year Technical Research Report of the Grain Sorghum/Pearl Millet Collaborative Research Support Program. Edited by Judy F. Winn. Lincoln, USA, INTSORMIL. p 123-126

FAO. 1995. El Sorgo y el Mijo en la nutrición humana. Colección FAO: nutrición y alimentación No.27. Roma, Italia. 197 p.

HOSENEY, C. 1994. Principles of Science and Technology. 2nd Ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul. USA. 378 p.

KOTLER, P.; ARMSTRONG, G. 1994. Mercadotecnia. 6ta. Edición. Prentice Hall Hispanoamericana. México. 826 p.

MECCKENSTOCK, D.; GÓMEZ, F.; PETERSON, G. 1993. Honduras/Project TAM-131. *In* INTSORMIL: Annual Report. Ed. by John Yohe, Joan Frederick and Dorothy Stoner. Lincoln, USA, INTSORMIL. p. 205-215

MEDINA, J. 1998. Evaluación de la calidad tortillera de cinco variedades de maicillos mejorados. Tesis Ing. Agr. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 31 p.

PACHECO, R. 1998. Caracterización agronómica de dieciséis maicillos mejorados en diferentes localidades. Tesis Ing. Agr. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 48 p.

PRODEPAH; CITESGRAN. 1995. Propuest, Normas de Calidad de Grano para Centroamérica. Escuela Agrícola Panamericana, Zamoranom, Honduras. 57 p.

RESURRECCIÓN, A.V. 1998. Consumer Sensory testing for product Development. Aspen publication, Maryland, USA. 254 p.

ROONEY, L.W.; WANISKA, R.D. 1988. Food and Nutricional Quality of Sorghum and Millet. *In* INSORMIL Annual Report. Lincoln, USA, INTSORMIL. p. 163-182

ROONEY, L.W. 1995. Quality of Sorghum. *In* INSORMIL Annual Report. Lincoln, USA, INTSORMIL.

SERNA SALDÍVAR, S.O.; GOMEZ, M.H.; ROONEY, L.W. 1990. Technology, Chemistry and Nutritional Value of Alkaline-Cooked Corn Products. *In* Advances in Cereal Science and Technology. Volume X. Ed. by Y. Pomeranz. American Association of Cereal Chemist Inc, St. Paul, USA. p. 243-303

SERNA SALDÍVAR, S.O. 1996. Química, Almacenamiento e industrialización de los cereales. México, AGT Editor S.A. 521 p.

8. ANEXOS

Anexo 1. Encuesta de aceptación**Evaluación Sensorial**

Fecha _____

No. Encuesta _____

Nombre: _____

Tome una rosquilla de cada muestra y califique cada una de las características en la siguiente escala:

Excelente= 5

Bueno= 4

Regular = 3

Malo = 2

Pésimo= 1

Muestra	Apariencia*	Color	Olor	Sabor	Textura
Z.58	_____	_____	_____	_____	_____
Z.29	_____	_____	_____	_____	_____
Z.43	_____	_____	_____	_____	_____

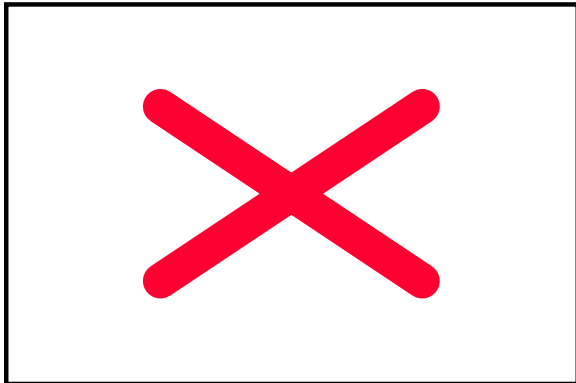
Si la rosquilla estuviera a la venta, ¿La compraría?

Si ___ No ___

Comentarios y observaciones

***Nota: Apariencia se refiere al conjunto de características que hacen o no atractiva la rosquilla al consumidor**

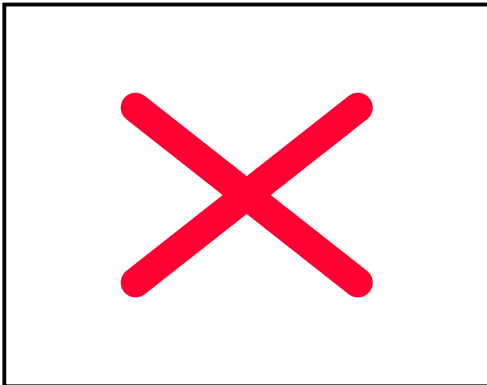
Anexo 2. Reposo para el secado de grano



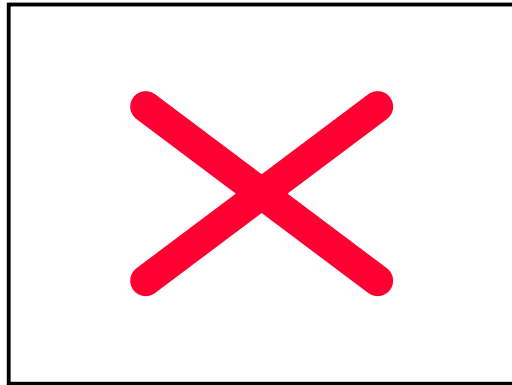
Anexo 3. Granos cocidos y lavados



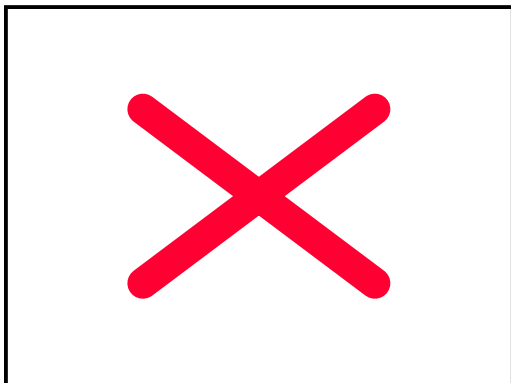
Anexo 4. Mezcla de sorgo con cuajada



Anexo 5 Moldeado de las rosquillas



Anexo 6. Moldeado de las rosquillas



Anexo 7. Rosquillas después de horneadas

