

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA Y TECNOLOGÍA



**EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA, FUNCIONAL, SENSORIAL Y NUTRICIONAL
DE DIFERENTES MARCAS COMERCIALES
DE HARINAS PRECOCIDAS DE MAÍZ (*Zea mays* L.)**

Autora: Briggitt Yalfonsy Bermúdez Tapia

Tutora Académica: Profa. Nora Techeira
Tutora Empresarial: Ing. Johanna Salinas

Maracay, Junio 2016

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA Y TECNOLOGÍA

EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA, FUNCIONAL, SENSORIAL Y NUTRICIONAL DE
DIFERENTES MARCAS COMERCIALES
DE HARINAS PRECOCIDAS DE MAÍZ (*Zea mays* L.)

Trabajo de grado presentado bajo la modalidad de Tesis de Grado como requisito para optar
al título de **INGENIERO AGRÓNOMO, MENCIÓN AGROINDUSTRIAL**

Autora: Briggitt Yalfonsy Bermúdez Tapia

Tutora Académica: Profa. Nora Techeira

Tutora Empresarial: Ing. Johanna Salinas

Maracay, Junio 2016

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de existir con el amor de tanta gente a mi lado, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mí siempre amada compañera y amiga, quien me brinda su confianza y amor cada día, compartiendo mis alegrías y tristezas, siendo mi fuente de inspiración y motivación, admiración y orgullo, mi madre Yajaira Tapia, mi logro tu triunfo, nuestro éxito.

Al hombre que con su presencia, amor y apoyo, me ha posibilitado mantenerme en la constante búsqueda de la excelencia, mi padre José Bermúdez, ejemplo de lucha y constancia, a quien amo y admiro.

A mis hermanas Gabriela Pinto y Cristal Pinto por ser pilares fundamentales en mi vida, apoyándome con su amor, ejemplo y motivación constante en todo mi trayecto, por creer en mí, llenando de alegrías y regalos divinos haciéndome tía, a ustedes están dedicados todos mis logros.

A mis sobrinas Krhystel Pacheco, Iris Sánchez y Ashley Peña que al crecer entenderán mis palabras, para ustedes quienes fueron y son uno de mis motores de inspiración en lograr lo que me propongo, les dedico el presente trabajo de investigación. Para que nunca dejen de soñar, entendiendo que con fe, esfuerzo y constancia lograrán el cumplimiento de los mismos. Mi corazón les pertenece.

A mi tía Tebaida Tapia, quien con su alegría, disposición y cariño, me ha visto crecer dedicándome sabios y amorosos consejos en la búsqueda de la excelencia; a mi prima Mariana Molina mi arquitecta, que decidiste emprender un largo viaje, una aventura intelectual y enriquecedora espiritualmente, tú que sabes el orgullo de ser UCEVISTA, se que te alegras de mi éxito, en el país que te encuentres Chile, Argentina, Brasil, te llegara el mensaje de que culmine una meta, ya que todos nuestros conocimientos van dedicados a un país, una bandera, un tricolor con sus estrellas VENEZUELA.

A mi abuelo Ángel Tapia, a quien admiro, quiero y respeto, por todo su apoyo y ánimo de conseguir nuestras metas, a usted mi logro.

A mi abuelas Matilde y Marcolina, a mi Tía Iris, siempre presentes en mi corazón, las extraño y amare siempre; quienes antes de partir al cielo, me enseñaron a creer en Dios, en

mí y en mis sueños, a ser humilde y agradecida con cada respiro; sabiendo que la verdadera fuerza la obtengo de la unión familiar, y la felicidad en disfrutar de cada momento presente compartido con los ángeles terrenales en mi vida como son la familia, amigos, profesores, entre otros, que me han enriquecido de alegrías, conocimientos y saberes. Comparto con ustedes mi logro.

A mis amigos Antonieta Arteaga, Ani Babojian, Victor Monasterio, Scarlet Griman, Yariana Ochoa, Ryan turkington, Diannys Ortiz, Luisana Cárdenas, Catherine Marin, Gustavo Techeira, Yusley Ibarra, José Yamarte, María Aponte, Génesis Monte de Oca y Keyla Ortiz, a que este trabajo sea un motor de motivación para que culminen todos sus sueños personales y profesionales, creciendo espiritualmente como las personas que quiero y forman parte de mi vida.

A TODA MI FAMILIA MI TESORO MAS VALIOSO.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por estar siempre a mi lado, por darme la sabiduría e iluminarme en todo momento.

A mis padres, por su dedicación y amor infinito, que me hicieron ser la persona que hoy soy mi mayor agradecimiento. Los amo.

A mis hermanas Marglys y Glysmar Bermúdez junto a mi amada Angélica Aparicio por su amor y compañía, comparto con ustedes mi logro.

Eternos agradecimientos a mi otra madre, mi profesora, amiga, compañera, jefa, a quien quiero y admiro, mi tutora Nora Techeira, quien con sus consejos y orientaciones ha hecho posible el cumplimiento de uno de mis sueños, por tanta paciencia y cariño brindándome la posibilidad de ir siempre a la búsqueda de la excelencia, por su oportuna disposición a facilitar esta investigación y mi tránsito universitario, por aportarme tantos conocimientos, muchísimas gracias, mi logro su éxito, nuestro triunfo.

A mi tutora empresarial Johanna Salinas por su invaluable ayuda, apoyo y disposición en todo momento para el desarrollo personal y profesional durante los nueve meses de pasantía, por creer en mí y enseñarme que los sueños no tienen límites y que con el cariño, constancia y trabajo se logran las metas.

A mis amigas Gabriela Rodríguez y Nery Mirena, a quienes quiero y aprecio, agradeciendo su ayuda incondicional en esta investigación durante mi estadía en el Laboratorio de I+D de Alimentos Polar Comercial Planta Turmero, por siempre estar pendiente de mi desempeño, por el cariño, por sus alegrías, conocimientos y gratos momentos, por hacerme sentir como en casa muchísimas gracias.

A la Gerencia de Investigación y Desarrollo de Cereales y Derivados, Pascualina Russo, Carlos Vega, Carmelo Melito, Victor Egui, Diana Pérez y Laura Riobueno por los conocimientos impartidos, con mística, en equipos de trabajos con calidad humana donde

los valores, unidad y armonía estuvieron presentes en todo momento. Muchísimas gracias!!.

A la Gerencia de Aseguramiento de la Calidad, Miglleli Rondón, María Hernández, María Moreno, Abraham, Mario Carmona, Claudia Nuñez, Rodolfo García, Rosmary, Andre Urbano, Félix Utrera, Carlos Rivero, Jesús Camargo, Jazmín, Carobi y a todas aquellas personas en la empresa de Alimentos Polar Planta Turmero que con su ayuda facilitaron el trabajo de esta investigación, prestándome el apoyo en sus instalaciones en etapas químicas, reológicas y sensoriales, siempre con tanto cariño y disposición de transmitir sus conocimientos, a ustedes muchas gracias.

A mis queridas profesoras Yasmín Román, Palmira Zambrano, Brunilda Perdomo, gracias por el apoyo, paciencia, cariño, confianza y conocimientos transmitidos que hicieron de esta hermosa experiencia una de las más enriquecedoras y especiales en mi vida.

A mis profesoras Shimazú Martínez y Rosaura Istúriz por su orientación y colaboración, personal y profesional, en el transcurso de la investigación.

A mi amada Universidad Central de Venezuela, por ser la fuente de inspiración para mi desarrollo profesional, por ser el motor de uno de mis sueños, por todos los logros alcanzados a nivel personal, académico y deportivo; GRACIAS.

A mis amigos, mi otra familia, Sthefany Puebla, Edinson Boada, Edith Boada, Elibeth Navas, Miguel Hernández, Alberto Hernández, que siempre creyeron en mí, por su compañía, palabras de aliento y apoyo. Gracias por el ánimo y alegrías compartidas en cada momento.

Gracias a todas aquellas personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este trabajo de investigación.

INDICE

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
INDICE DE CUADROS	ix
INDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
Objetivo General	3
Objetivos específicos	3
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
1.- El maíz (<i>Zea mays</i> L.).....	4
1.1.- <i>Estructura y composición química del grano de maíz.</i>	4
1.2.- <i>Tipos de granos de maíz.</i>	6
2.- Harina precocida de maíz blanco.....	7
2.1.- <i>Proceso de elaboración de harina precocida de maíz.</i>	7
2.2.- <i>Requisitos físico-químicos para harinas precocidas de maíz blanco</i>	9
3.- Harina integral de maíz.....	11
4. Propiedades físico-químicas, químicas, funcionales y nutricionales de harinas.	12
4.1.- <i>Propiedades físicas y físico-químicas.</i>	12
4.2.- <i>Composición química y propiedades nutricionales.</i>	15
4.3.- <i>Propiedades funcionales y reológicas</i>	16
MARCO METODOLÓGICO	20
1.- Lugar de la Investigación.....	20
2.- Identificación de la Muestra.....	20
3.- Plan de muestreo.....	20
4.- Caracterización física y físico-química de las harinas.....	20
4.1.- <i>Granulometría.</i>	20
4.2.- <i>Color.</i>	21
4.3.- <i>Conteo de puntos negros o Speck Counter (SPX).</i>	21
4.4.- <i>Actividad de agua (aw)</i>	22
5.- Composición química y nutricional de las harinas.....	22
5.1.- <i>Humedad.</i>	22
5.2.- <i>Cenizas</i>	22
5.3.- <i>Proteína cruda.</i>	22
5.4.- <i>Grasa cruda.</i>	22
5.5.- <i>Carbohidratos totales</i>	23
5.6.- <i>Fibra dietaria</i>	23
5.7.- <i>Aflatoxinas.</i>	23
5.8.- <i>Vitaminas y minerales.</i>	23
6.- Caracterización reológica y funcional de las harinas y sus masas.....	24
6.1.- <i>Expansión y Separación de Agua</i>	24
6.2.- <i>Viscosidad RVA 30°C</i>	24
6.3.- <i>Perfil amilográfico</i>	24
6.4.- <i>Análisis de textura</i>	24
7.- Evaluación sensorial de las harinas, masas y arepas, obtenidas a partir de las diferentes marcas comerciales.	25

8.- Análisis Estadístico.....	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
1.- Propiedades físicas de las harinas de maíz precocidas, provenientes de las 10 marcas comerciales en estudio.	28
1.1.- Granulometría.....	28
1.2.- Color.....	30
1.3.- Actividad de agua (<i>aw</i>).....	344
1.4.- Conteo de puntos negros o “ <i>Speck counter</i> ” (<i>SPX</i>).....	366
2.- Determinación de la composición química y nutricional de las harinas de maíz precocidas. .	388
2.1.- Composición química.....	388
2.1.1.- Humedad.....	388
2.1.2.- Cenizas.....	40
2.1.3.- Proteína cruda.....	411
2.1.4.- Grasa cruda.....	41
2.1.5.- Carbohidratos totales.....	42
2.1.6.- Fibra dietaria total.....	423
2.2.- Aflatoxinas.....	43
2.3.- Composición nutricional de las harinas de maíz precocidas.....	455
3.- Evaluación de las propiedades reológicas y funcionales de las harinas de maíz precocidas, y de las masas obtenidas a partir de las mismas.....	52
3.1.- Viscosidad RVA.....	53
3.2.- Perfil Amilográfico.....	54
3.2.1- Viscosidad Máxima.....	544
3.2.2- Fragilidad o “Breakdown”.....	56
3.2.2- Asentamiento o “Setback”.....	57
3.3.- Expansión y separación de agua.....	633
3.4.- Textura.....	644
3.4.1- Textura en masa.....	655
3.4.2- Textura en arepa.....	666
4.- Estudio de la tendencia en el comportamiento de los parámetros sensoriales de las distintas marcas comerciales de harinas, de sus masas y productos terminados tipo “arepas”.	70
4.1.- Parámetros sensoriales de las distintas marcas comerciales de harinas.	70
4.1.1.- Puntos negros.....	72
4.1.2.- Color y Olor.....	72
4.1.3.- Materia extraña.....	733
4.2.- Parámetros sensoriales de las masas.....	744
4.2.1.- Formación de la masa.....	744
4.2.2.- Consistencia de la masa.....	744
4.2.3.- Aspereza de la masa.....	766
4.3.- Parámetros sensoriales de las arepas.....	777
4.3.1.- Textura en arepa.....	777
4.3.2.- Aspecto en arepa.....	799
4.3.3.- Olor y sabor en arepa.....	80
CONCLUSIONES.....	¡Error! Marcador no definido.1
RECOMENDACIONES.....	833
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	844

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Distribución ponderal de las principales partes del grano de maíz (FAO, 1993)...5	
Cuadro 2. Composición química de las zonas estructurales de los granos de maíz (%)......6	
Cuadro 3. Requisitos físico-químicos establecidos en la norma COVENIN 2135:96 para la harina de maíz precocida.....10	
Cuadro 4. Agregados de vitaminas y minerales establecidos en la norma COVENIN 2135:96 para la harina de maíz precocida.....10	
Cuadro 5. Requisitos físico-químicos establecidos en la norma CODEX STAN 154,1985 para la harina integral de maíz.....11	
Cuadro 6. Perfil granulométrico de tres marcas comerciales de harina de maíz precocida..13	
Cuadro 7. Características de color, peso específico y pH de una harina precocida comercial de maíz blanco y de las mezclas germen.....14	
Cuadro 8. Contenido de humedad y valores de aw a la temperatura de 30°C en muestras de harina de maíz precocida.....14	
Cuadro 9. Composición química en las harinas precocidas de maíz blanco.....15	
Cuadro 10. Resultados de textura para las masas de harina precocida con diferentes grados de cocción.....18	
Cuadro 11. Propiedades texturales: definición física y sensorial (Dan <i>et al.</i> , 2007).....19	
Cuadro 12. Clasificación sensorial descriptiva de la Harina de Maíz Precocida.....26	
Cuadro 13. Clasificación sensorial descriptiva de la Masa de Harina de Maíz Precocida...26	
Cuadro 14. Clasificación sensorial descriptiva de la Arepa de Harina de Maíz Precocida...27	
Cuadro 15. Color y actividad de agua de las diferentes marcas comerciales de harinas de maíz precocidas.....33	
Cuadro 16. Composición química en base seca de las marcas comerciales de harinas de maíz precocidas evaluadas.....39	
Cuadro 17. Análisis reológicos de las diversas marcas comerciales de harina de maíz precocidas.....53	

Cuadro 18. Resultados del perfil Amilográfico de las diversas marcas comerciales de harina de maíz precocidas.....	55
Cuadro 19. Expansión y separación de agua de las diversas marcas comerciales de harinas precocidas.....	64
Cuadro 20. Textura instrumental de las masas obtenidas a partir de las diversas marcas comerciales de harina de maíz e integrales precocidas.....	66
Cuadro 21. Resultados del análisis de textura instrumental en las arepas obtenidas a partir de las diversas marcas comerciales, según su tiempo de reposo.....	67
Cuadro 22. Resultados del análisis de textura instrumental en las arepas obtenidas a partir de las diversas marcas comerciales, según su tiempo de reposo.....	68

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructuras físicas fundamentales del grano de maíz.....	5
Figura 2. Esquema del procesode elaboración de harina de maíz precocida.	9
Figura 3. Representación esquemática de los cambios que experimenta los gránulos de almidón durante la gelatinización.....	16
Figura 4. Colorímetro Minolta modelo CR-310.....	21
Figura 5. Análisis granulométrico de las harinas comerciales de maíz precocidas, expresados como porcentaje de harina retenida en cada tamiz.....	28
Figura 6. Análisis granulométrico de las harinas de maíz integral precocidas, expresado como porcentaje de harina retenida en cada tamiz.....	30
Figura 7. Cambios que ocurren en los alimentos en función de la actividad del agua a) Oxidación de lípidos; b) reacciones hidrolíticas; c) oscurecimiento no enzimático; d) isoterma de adsorción; e) actividad enzimática; f) crecimiento de hongos; g) crecimiento de levaduras, y h) crecimiento de bacterias.....	35
Figura 8. Conteo de puntos negros realizados en las harinas de maíz precocidas.....	37
Figura 9. Conteo de puntos marrones realizado en las harinas de maíz precocidas.....	37
Figura 10. Conteo de puntos marrones realizados en las harinas integrales.....	38
Figura 11. Análisis de aflatoxinas totales realizados a las diferentes harinas.....	44
Figura 12. Análisis de vitaminas B ₁ , B ₂ y B ₃ realizados a las harinas de maíz precocida e integrales.....	47
Figura 13. Análisis de hierro realizados a las harinas de maíz precocida	52
Figura 14. Curva amilográfica para la harina de maíz precocida de la marca comercial 293.....	58
Figura 15. Curva amilográfica para la harina de maíz precocida de la marca comercial 728.....	58
Figura 16. Curva amilográfica para la harina de maíz precocida de la marca comercial 502.....	59

Figura 17. Curva amilográfica para la harina de maíz precocida de la marca comercial 360.....	59
Figura 18. Curva amilográfica para la harina de maíz precocida de la marca comercial 952.....	60
Figura 19. Curva amilográfica para la harina de maíz precocida de la marca comercial 436.....	60
Figura 20. Curva amilográfica para la harina de maíz precocida de la marca comercial 812.....	61
Figura 21. Curva amilográfica para la harina de maíz precocida de la marca comercial 115.....	61
Figura 22. Curva amilográfica para la harina de maíz integral precocida de la marca comercial 682.....	62
Figura 23. Curva amilográfica para la harina de maíz integral precocida de la marca comercial 174.....	62
Figura 24. Tendencia radial de los atributos sensoriales en harinas de maíz precocida.....	71
Figura 25. Tendencia de los atributos sensoriales en harinas de maíz precocida.....	71
Figura 26. Tendencia de los atributos sensoriales en harinas de maíz integral precocida....	72
Figura 27. Tendencia radial de los atributos sensoriales en masas de harinas de maíz precocida.....	75
Figura 28. Tendencia de los atributos sensoriales en masas de harinas de maíz precocida..	75
Figura 29. Tendencia de los atributos sensoriales en masas de harinas de maíz integral precocida.....	76
Figura 30. Tendencia radial de los atributos sensoriales en arepas de harinas de maíz precocida.....	78
Figura 31. Tendencia de los atributos sensoriales en masas de harinas de maíz precocida..	78
Figura 32. Tendencia de los atributos sensoriales en arepa elaboradas con harinas de maíz integral precocida.....	79

RESUMEN

Las marcas comerciales de harinas de maíz precocida distribuidas en Venezuela, deben afrontar el reto de la calidad, que incluye la composición química, propiedades sensoriales, valor nutricional y propiedades mecánicas y funcionales, siendo de fundamental importancia las características de formación de la masa y la apariencia de las arepas que con dichas harinas se elaboran. Por lo tanto, en el presente trabajo de investigación se realizó un estudio comparativo de calidad de 10 marcas de harinas precocidas de maíz comercializadas en Venezuela, a través de análisis físicos tales como granulometría, color, conteo de puntos negros y aw, donde destacan las marcas 293 y 812 que poseen partículas más pequeñas, que mejoran la textura de la masa y favorecen su formación en un menor tiempo. En el análisis de la composición química se observaron diferencias estadísticamente significativas, en cuanto a su contenido de humedad, fibra dietaria, grasa cruda y cenizas; y en lo que respecta al valor nutricional todas las marcas comerciales cumplieron con lo establecido por las normas COVENIN 2135 (1996) de harina de maíz precocida y el CODEX STAN 154 (1985) para harinas de maíz integral. En los análisis reológicos, se observaron diferencias significativas para la textura en masa, siendo la marca 812 la que reportó la mejor consistencia, adhesividad, mayor grado de cocción y viscosidad máxima; mientras que para la textura en arepa, la 952 fue la que requirió de un mayor esfuerzo mecánico para reducir el producto. En el análisis sensorial destacaron las marcas 812, 115 y 174 con un color crema leve o beige claro, olor a maíz fresco, rápida formación de masa y arepas de aspecto normales. Para que la arepa permanezca en la mesa del venezolano como un alimento de consumo masivo con calidad, requiere de supervisión y mejora continua del producto.

Palabras claves: maíz, harina precocida, masas, arepas, calidad.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.), representa una gran importancia económica a nivel mundial como alimento para la población humana, para el ganado, aves y otras especies animales, además de ser fuente de un gran número de productos industriales (Paliwal, 2001), siendo el más cotidiano en la mesa del venezolano y en la cesta básica nacional la harina de maíz precocida, para su posterior uso en arepas, bollos, polenta, hallacas, empanadas, entre otros.

La harina de maíz precocida es el producto obtenido a partir del endospermo de granos de maíz clasificados para consumo humano, que han sido sometidos a procesos de limpieza, desgerminación, precocción y molienda (COVENIN 2135,1996). Existe una diversidad de empresas que se encargan de la producción de harina precocida y harina integral de maíz blanco, listas para la elaboración de arepas, que evita al consumidor el proceso de moler el grano de maíz y brinda un producto de alta calidad en poco tiempo con solo adicionar agua (FENALCE, 2007). Las harinas precocidas en Venezuela se encuentran en presentaciones de un kilogramo, con un consumo por persona de 37,4 kg/año según el INN (2010).

Actualmente, las empresas de harina de maíz precocida e integral experimentan un déficit de materia prima nacional, teniendo que importar de diferentes países gran parte del maíz que se consume, variando así, su rendimiento y tolerancia por el consumidor. Desde el 2012 se importan 2.273.202 toneladas de maíz (FAO, 2015), ya que la producción nacional es mínima. Venezuela se autoabastecía en maíz blanco hasta 2007, último año en el que se logró producir todo el volumen que se necesitaba para abastecer a las industrias, generando excedentes (Pestana, 2013). Para el año 2014 si bien la cosecha de maíz fue superior a la del 2012, todavía no fue posible satisfacer la demanda de la agroindustria, para producir 1.400.000 toneladas de harina que demanda el mercado (Pestana, 2014).

Retomar la autosuficiencia en maíz blanco es posible, siempre que se cumplan las condiciones mínimas de rentabilidad sostenida en los precios de las cosechas, se realicen inversiones en tecnología de última generación en maquinarias y equipos agrícolas, se establezca la seguridad jurídica y personal en el campo, es decir políticas agrarias que

contribuyan a incrementar la producción nacional, para cubrir un alto porcentaje de la demanda de las diferentes empresas del país. (Pestana, 2013).

En Venezuela, las harinas precocidas de maíz blanco se comercializan de dos maneras: las que son elaboradas por el estado venezolano que tiene el control del 52% y la industria privada que abastece el 48% (Mendoza, 2013). La diversidad de marcas comerciales de harinas de maíz precocida distribuidas en Venezuela, deben afrontar el reto de la calidad, que incluye la composición química, propiedades sensoriales (apariencia, textura, sabor y aroma), valor nutricional y propiedades mecánicas y funcionales, entre otras (Abbott, 1999).

No obstante, en el mercado de las harinas de maíz precocida, se hace referencia a los parámetros de calidad relacionados con el aspecto de las harinas, las características de formación de la masa y la apariencia de las arepas, provocando que las distintas marcas comerciales utilicen principalmente estas características para competir por ser líderes en el mercado; donde en la conceptualización de la harina ideal para preparar arepas, la dureza o suavidad de la masa ocupa un lugar importante, además de la blancura (Egui, 1996).

Sin embargo, el verdadero éxito de un producto masivo radica en la facilidad y ahorro de tiempo en su preparación por parte del grupo familiar, siguiendo las instrucciones establecidas en el empaque. Mientras la posibilidad de fracaso en la preparación exista, también existirán consumidores frustrados que buscarán en una marca determinada lo que en otra no lograron obtener. El consumidor recuerda y sabe lo que tuvo y lo que tiene, pero no siempre conoce con claridad lo que quiere. Lo que quiere sin embargo es lo más cercano a lo “necesario” y es aquí donde las industrias y sus grupos de trabajos (aseguradores de la calidad, investigación y desarrollo, producción y mercadeo) están alertas para captar a tiempo estos nuevos requerimientos o necesidades potenciales en el consumidor. (Egui, 1996).

Por lo señalado anteriormente, en la planta procesadora donde se llevará a cabo el estudio, se evaluarán físicoquímica, funcional, sensorial y nutricionalmente las principales marcas comerciales de harinas de maíz precocidas, distribuidas en Venezuela, con el fin de

realizar un estudio comparativo de sus diferentes características y propiedades, para así poder establecer cuál o cuáles de estas harinas cumplen con los estándares de calidad para el consumidor venezolano.

OBJETIVOS

Objetivo General

Realizar un estudio comparativo de calidad de 10 marcas comerciales de harinas precocidas de maíz (*Zea mays* L.), distribuidas en Venezuela, a través de su evaluación física, química, funcional, sensorial y nutricional.

Objetivos específicos

- 1.- Determinar las propiedades físicas de 10 marcas comerciales de harinas de maíz precocidas.
- 2.- Determinar la composición química y nutricional de las harinas de maíz precocidas.
- 3.- Evaluar las propiedades reológicas y funcionales de las harinas precocidas de maíz y de las masas obtenidas a partir de las mismas.
- 4.- Estudiar la tendencia del comportamiento de los parámetros sensoriales de las distintas marcas comerciales de las harinas, sus masas y productos terminados tipo “arepas”.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.- El maíz (*Zea mays* L.)

El maíz (*Zea mays* L.) es una planta anual, que posee la siguiente clasificación taxonómica: familia *Poaceae*, subfamilia *Andropogonoideae*, tribu *Zeeae* y género *Zea*. Se trata de una especie dotada de un amplio sistema radicular fibroso, que se reproduce por polinización cruzada, la flor femenina (elote, mazorca, choclo o espiga) y la masculina (espiguilla) se hallan en distintos lugares de la planta. Las panojas o espigas (generalmente una por tallo), son las estructuras donde se desarrolla el grano, en un número variable de hileras (12 a 16), produciendo de 300 a 1.000 granos, que pesan entre 190 y 300 g. por cada 1.000 granos (FAO, 1993; Gear, 2006; De Sousa, 2009).

Según FAO (1993), Gear (2006), Gwirtz y García (2014) y Techeira (2006) el maíz es junto con el trigo y el arroz, uno de los cereales más importantes del mundo, debido a su aporte en elementos nutritivos, moderado costo, capacidad para generar saciedad inmediata, y ser la materia prima básica con mayor desarrollo en el mundo alimentario, ya que permite obtener una amplia variedad de alimentos procesados, de acuerdo a los tratamientos a los que es sometido.

1.1.- Estructura y composición química del grano de maíz.

Botánicamente, el grano de maíz se denomina cariopsis, es decir que cada grano contiene el revestimiento de la semilla o cubierta seminal. En la Figura 1, se muestran las cuatro estructuras físicas fundamentales del grano: el pericarpio (cáscara o salvado), la cual si se remueve sirve como subproducto para animales, el endospermo, utilizado para la elaboración de harinas de maíz precocidas o flakes, el germen destinado al proceso de aceite y la piloriza (tejido inerte que une el grano y el carozo), la distribución ponderal de las mismas se encuentra en el Cuadro 1 (FAO, 1993).

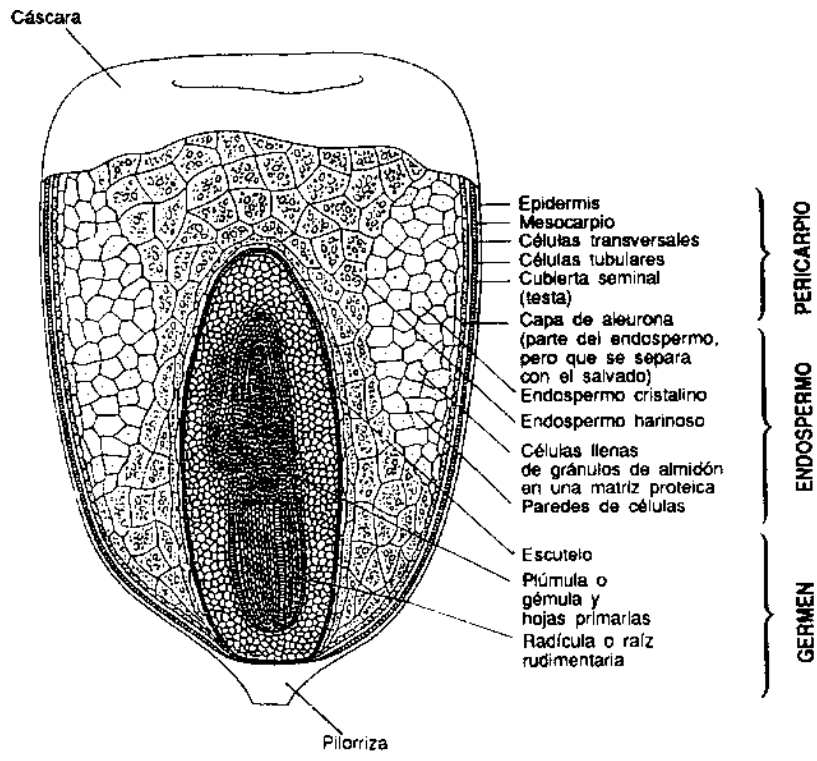


Figura 1. Estructuras físicas fundamentales del grano de maíz (FAO, 1993).

Cuadro 1. Distribución ponderal de las partes del grano de maíz (FAO, 1993).

Estructura	Porcentaje de distribución ponderal
Pericarpio	5-6
Aleurona	2-3
Endospermo	80-85
Germen	10-12

En el Cuadro 2, se muestra la composición química de las diferentes partes del grano de maíz, pudiéndose apreciar que el pericarpio se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda (86,7%), representada principalmente por hemicelulosa, celulosa y lignina (Burga y Duensing, citado por FAO, 1993; Gwartz y García, 2014). El endospermo en cambio, contiene una elevada proporción de almidón (87,6%) y proteína cruda (8,0%), pero un contenido relativamente bajo de los otros componentes. El germen se caracteriza por un mayor contenido de grasa cruda (33,2%) y niveles relativamente altos de proteínas (18,4%)

y minerales (33,20%) (Watson, 1987; citado por FAO, 1993; Gwartz y García, 2014). Cabe destacar que la composición química también varía de acuerdo a la variedad y condiciones agronómicas (Caldwell y Fast, 2000).

Cuadro 2. Composición química en base seca de las zonas estructurales de los granos de maíz (%).

Componente químico (%)	Watson (1987), citado por FAO (1993)			Crosbie y Ross (2007)
	Pericarpio	Endospermo	Germen	Endospermo
Humedad	-----	-----	-----	15,00
Proteína cruda	3,70	8,00	18,40	10,00
Grasa cruda	1,00	0,80	33,20	4,00
Fibra cruda	86,70	2,70	8,80	3,00
Cenizas	0,80	0,30	10,50	1,00
Almidón Total	7,30	87,60	8,30	65,00
Azúcares Totales	0,34	0,62	10,80	2,00

1.2.- Tipos de granos de maíz.

En la norma COVENIN 1935 (1987) se presenta la clasificación de los tres tipos principales de maíz:

a) Duro o córneo: variedad o híbrido con alto grado de dureza y apariencia traslúcida (Guerrero, 1999). Es resistente al daño por insectos y mohos en campo y durante el almacenamiento, sin embargo su rendimiento es menor al de los maíces dentados (Paliwal, 2001). Este tipo de maíz es requerido principalmente por la industria de la molienda seca. Tradicionalmente se utilizaba para la obtención de polenta, pero sus usos se han multiplicado progresivamente, se emplea para la fabricación de cereales para desayuno o como alimento para animales (Gear, 2006).

b) Semiduro o Dentado: presenta características intermedias entre el maíz córneo y el amiláceo. Su endospermo contiene más almidón blando u opaco que los tipos duros, los cuales presentan una mayor proporción de almidón vítreo (Gwartz y García, 2014). Cuando el grano comienza a secarse, el almidón blando en la parte superior del grano se contrae y

produce una pequeña depresión, que otorga la apariencia de un diente. Es de mayor rendimiento, pero presenta una mayor susceptibilidad al ataque por insectos y a las enfermedades (Paliwal, 2001). Según Gear (2006), son muy utilizados por la industria de molienda húmeda para la obtención de alcohol, almidones y fructosa, entre otros ingredientes empleados en la industria alimentaria.

c) Blando o Amiláceo: Es un grano de consistencia blanda, apariencia opaca y generalmente de tamaño grande, se le conoce también como harinoso. A causa de la naturaleza blanda del almidón del endospermo estos maíces son altamente susceptibles a la descomposición y a los ataques de gusanos y otros insectos en las mazorcas, que ocurren tanto en el campo como durante su almacenamiento. (Paliwal, 2001). Es utilizado en la fabricación de harinas porque le confiere un color más blanco, además que facilita la molienda del grano. Su nombre biológico es Maíz amiláceo (*Zea mays amilacea Sturt*) y sus granos están constituidos principalmente por almidón blando y son escasamente o no dentados. (De Sousa, 2009).

2.- Harina precocida de maíz blanco.

Es el producto obtenido a partir del endospermo de granos de maíz (*Zea mays* L.) blancos clasificados para consumo humano, que han sido sometidos a procesos de limpieza, desgerminación, precocción y molienda. Si la misma es enriquecida lleva la adición de vitaminas y minerales según lo exigido y aprobado por la autoridad sanitaria competente. (COVENIN 2135, 1996).

2.1.- Proceso de elaboración de harina precocida de maíz.

De acuerdo a De Sousa (2009), el esquema tecnológico a seguir para el proceso de elaboración de la harina de maíz precocida y harina integral de maíz se presenta en la Figura 2, y consiste principalmente en cinco etapas: limpieza, desgerminación, laminación, molienda y llenado del empaque.

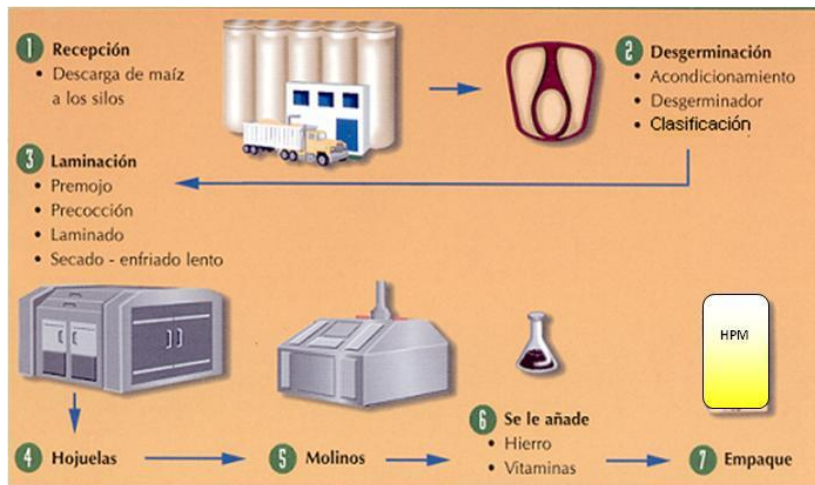


Figura 2. Esquema tecnológico para proceso de elaboración de harina de maíz precocida (De Sousa, 2009).

1. Limpieza de los granos de maíz: en esta etapa se separan las partículas de mayor tamaño y se extraen las partículas extrañas (impurezas) que los granos de maíz puedan contener, tales como tierra, piedras, palos, trozos de mecate, entre otros; para facilitar el secado y disminuir los riesgos de daños posteriores.

2. Desgerminación: es el proceso de eliminación de la cáscara y germen del grano, donde el grano es previamente humectado con vapor y agua para facilitar la remoción, mediante fricción entre una malla rotativa y una malla perforada calibrada, obteniendo el endospermo denominado grits. En la harina integral de maíz se ajusta para no remover la cáscara del grano.

3. Laminación: el endospermo preremojado en los tanques de reposo se precocina mediante inyección de vapor de agua a 100°C, lo cual permite que las moléculas de almidón pierdan su rigidez, otorgando plasticidad para la laminación. En el molino laminador se transforma en hojuelas al presionarlo entre dos rodillos con rotación diferencial. Posteriormente las hojuelas se secan rápidamente con aire caliente proveniente de un ventilador, para disminuir la retrogradación de los almidones.

4. Molienda: Consiste en disminuir el tamaño de las hojuelas previamente obtenidas en el proceso de laminación, a través de molinos rodillos, con diferentes estrías y cernidores, que permiten controlar los niveles de granulometría óptima, obteniéndose la harina precocida con el menor daño posible al almidón, posteriormente se enriquece con vitaminas y minerales.

5. Empaque: Es el proceso que consiste en el llenado de 1 Kg de harina de maíz precocida en el empaque respectivo, provenientes de los formadores de bolsa para ser enviados al sistema de corte, doblado y sellado del paquete.

2.2.- Requisitos físico-químicos para harinas precocidas de maíz blanco

Las diferencias existentes en la composición química de las distintas variedades de maíz, provocan la obtención de harinas que difieren en sus propiedades físico-químicas, físicas, químicas y reológicas (Egui, 1996). Estas diferencias también están asociadas a los tiempos de cosecha y postcosecha del maíz. (Caldwell y Fast, 2000).

La harina de maíz precocida destinada al consumo humano debe cumplir con una serie de requisitos físico-químicos establecidos en la norma COVENIN 2135 (1996) (Cuadro 3), donde además se señala lo siguiente:

1. No se permite el uso de aditivos (las vitaminas y sales minerales no se consideran aditivos según la normativa legal vigente). En el Cuadro 4 se denotan los agregados de vitaminas y minerales.

2. En la elaboración de la harina de maíz precocida la formulación de hierro a utilizar debe ser de 30 mg.Kg⁻¹ de harina bajo la forma de fumarato ferroso y de 20 mg.Kg⁻¹ de harina bajo la forma de hierro reducido.

3. Cuando la harina de maíz se someta a un ensayo de tamizado, el 100% del producto debe pasar por un tamiz de 0,841 mm. (N°20), según la norma Venezolana COVENIN 254:98

Cuadro 3. Requisitos físico-químicos establecidos en la norma COVENIN 2135 (1996) para harina de maíz precocida.

Características	Requisitos	Método de ensayo
Humedad (% máx.)	13,50	COVENIN 1553
Ceniza (% máx.)	1,00 (*)	COVENIN 1783
Grasa cruda (% máx.)	2,00 (*)	COVENIN 1785
Proteína cruda (% min.)	7,00 (*)	COVENIN 1195
Expansión en cm. (máx.)	8,50	COVENIN 1553

(*) Porcentaje en base seca.

Cuadro 4. Agregados de vitaminas y minerales establecidos en la norma COVENIN 2135 (1996) para la harina de maíz precocida.

Características	Unidades	Límites			Método de ensayo
		Min.	Prom.	Máx.	
Vitamina A	ER	135	270	405	COVENIN 2318
	UI/100g	450	900	1350	
Tiamina	mg. / 100 g.	0,20	0,30	0,50	COVENIN 2381
Riboflavina	mg. / 100 g.	0,16	0,25	0,40	COVENIN 1184
Niacina	mg. / 100 g.	3,30	5,10	8,20	COVENIN 1185
Hierro	mg. / 100 g.	3,00	5,00	8,00	COVENIN 1170

3.- Harina integral de maíz.

Es el alimento que se obtiene de los granos de maíz (*Zea mays* L.) totalmente maduros, sanos, no germinados, mediante un proceso de molienda durante el cual se pulveriza el grano hasta que alcanza un grado apropiado de finura. Durante su elaboración es posible que se separen partículas gruesas de los granos de maíz molido, y vuelvan a molerse para mezclarlas luego con toda la materia de la que fueron separadas (CODEX STAN 154, 1985).

La harina integral de maíz destinada al consumo humano debe cumplir con una serie de requisitos físico-químicos establecidos en la norma CODEX STAN 154 (1985) (Cuadro 5), donde además se señala lo siguiente:

1. La harina integral de maíz deberá ser inocua y apropiada para el consumo humano.
2. La harina integral de maíz deberá estar exenta de sabores y olores extraños y de insectos vivos.
3. La harina integral de maíz no deberá tener suciedad (impurezas de origen animal, incluidos insectos muertos), de estar presente será en cantidades que no puedan representar un peligro para la salud humana.

Cuadro 5. Requisitos físico-químicos para la harina integral de maíz, establecidos en la norma CODEX STAN 154 (1985)

Factor/Descripción	Límite	Método de Análisis
Ceniza	Máx.: 3,0 % referido al peso seco	AOAC 923.03, ISO 2171:1980 Método ICC No. 104/1 (1990)
Proteína cruda (N X 6,25)	Mín.: 8,0 % referido al peso seco	Método ICC 105/1 Método ISO 1871 (1975).
Grasa No Refinada	Mín.: 3,1 % referido al peso seco	AOAC 945.38F; 920.39 CISO 5986:1983
Granulosidad	El 95 % o más debe pasar por un tamiz de 1,70 mm. El 45 % o más debe pasar por un tamiz de 0,71 mm. El 35 % o menos debe pasar por un tamiz de 0,212 mm	AOAC 965.22 (Método del Tipo I con especificaciones de tamizado como en los tamices de ensayo ISO 3310/1 1982)

4. Propiedades físico-químicas, químicas, funcionales y nutricionales de harinas de origen comercial.

4.1.- Propiedades físicas y físico-químicas.

Entre las propiedades físico-químicas de los granos de cereales y de productos derivados como las harinas, el color es una de las más importantes ya que se considera como un atributo de calidad, que determina su aceptabilidad por parte del consumidor (Giese, 1995; Egui, 1996). En cuanto al maíz, esta característica es fundamental para los consumidores de Norte América, América Central y del Sur, prefiriendo el maíz blanco para el consumo de harinas de maíz precocidas, y el maíz amarillo para cereales de desayuno, meriendas y alimentación animal (Gwirtz y García, 2014).

De acuerdo a Hernández *et al.* (1999) y Egui (2003), el color de la harina de maíz se ve afectado por la proporción de pericarpio y grasa, el grado de cocción de la harina, su granulometría y la condición de almacenamiento del maíz. Estudios realizados por Egui (2003), en determinadas marcas de harinas de maíz precocidas en Venezuela, indican que algunas son más blancas que otras, debido a una menor precocción y a bajos niveles de puntos marrones, lo cual señala que tiene menor contenido de pericarpio.

Por su parte, otra de las características físicas de relevancia es la granulometría de las harinas, que determina su uso en la alimentación humana y animal; ésta se ve afectada principalmente por la dureza del grano, sus condiciones de almacenamiento y la eficiencia del proceso de molienda (Flores *et al.*, 2002).

El tamaño de partícula de las harinas se relaciona con su capacidad de hidratación y formación de masas con buenas características reológicas (Contreras, 2009); las harinas que no se encuentran dentro de los parámetros de granulometría establecidos en la normativa, afectan la textura de las masas, medida en términos de aspereza, tal como se aprecia en los resultados obtenidos por Egui (2005), para el perfil granulométrico de diferentes marcas comerciales de harinas de maíz precocidas (Cuadro 6), donde se puede apreciar que las

marcas 2 y 3 presentarán problemas de aspereza, debido a la mayor retención en el tamiz de 0,420 mm., ya que partículas gruesas generan una mayor sensación de aspereza, lo que resulta desagradable para el consumidor (Egui,1996).

Cuadro 6. Perfil granulométrico de tres marcas comerciales de harinas de maíz precocidas (Egui, 2005).

Abertura del Tamiz (mm)	Marca 1 (%)	Marca 2 (%)	Marca 3 (%)
0,595	0,1	0,8	0,7
0,420	23	28	25
0,250	57	49	50
0,180	15	14	15
Fondo	5	8	8

En estudios similares, Flores *et al.* (2002), al evaluar la distribución del tamaño de partícula de tres marcas comerciales de harinas de maíz nixtamalizado, determinaron que solo dos de ellas reunían las condiciones de granulometría establecidas en la normativa mexicana, ya que el 75% de las mismas era capaz de pasar por el tamiz número 75, equivalente a 243 μm .

Asimismo, dentro de las características físico-químicas, las determinaciones de pH y acidez en harinas y almidones desempeñan un rol fundamental, ya que son indicadores del uso de aditivos o del inicio de procesos fermentativos. La acidez es uno de los índices más comunes de la materia prima vegetal, y la misma se debe a la presencia de diversos ácidos orgánicos en proporciones variables, principalmente: cítrico, málico, tartárico, oxálico, fórmico, succínico y galacturónico, los cuales influyen en el sabor, el color y la estabilidad durante el almacenamiento (Belitz y Grosch, 1985; Rached *et al.*, 2006).

Hernández *et al.* (1999), al evaluar el pH, color y peso específico de una harina precocida de maíz blanco comercial, y de mezclas de esta harina con diferentes niveles de germen de maíz (6, 8, 10 y 12%), obtuvieron los resultados que se muestran en el Cuadro 7, donde se observa que el color de las mezclas, expresado como porcentaje de blancura, varío desde

90,75 a 91,48%, siendo el de la mezcla 6 HG (91,48%), el valor que más se aproximó al porcentaje de blancura obtenido para la harina precocida de maíz blanco (92,52%), lo cual es lógico ya que es la mezcla con el menor porcentaje de sustitución (6%). Los valores obtenidos para el peso específico (entre 0,62 y 0,63 g.mL⁻¹) y el pH (entre 6,09 y 6,14) de las mezclas, fueron similares al reportado para la harina precocida (0,60 g.mL⁻¹ y 5,92), lo cual demuestra que la adición de harina de germen desgrasado no afecta el peso específico de la harina original, por lo que las condiciones de empacado de esas harinas no tendrían que experimentar ningún tipo de modificación.

Cuadro 7. Características de color, peso específico y pH de una harina precocida comercial de maíz blanco y de las mezclas con germen (Hernández *et al.*, 1999).

Muestra	Color (% blancura)	Peso específico (g.mL ⁻¹)	pH
Harina precocida	92,52	0,60 ± 0,01	5,92 ± 0,03
6% Harina germen	91,48	0,63 ± 0,00	6,09 ± 0,01
8 % Harina germen	90,84	0,63 ± 0,00	6,09 ± 0,01
10% Harina germen	90,79	0,62 ± 0,00	6,09 ± 0,02
12% Harina germen	90,75	0,62 ± 0,00	6,14 ± 0,02

En cuanto a la actividad de agua (aw), ésta es también una propiedad físico-química intrínseca, que se relaciona de manera no lineal con el contenido de humedad, mediante las isotermas de sorción. (Badui, 2006). Todos los alimentos tienen aw muy variables, que dependen de su contenido de humedad, sales, proteínas, grasa y fibra, así como del grado de cocción. Las harinas precocidas han sido catalogadas como productos de baja humedad (de 5 a 13%) con niveles de aw que oscilan entre 0,3 – 0,7, tal como se presenta en el Cuadro 8. para diferentes marcas comerciales de harinas de maíz precocida. (Egui, 1996).

Cuadro 8. Contenido de humedad y valores de aw a la temperatura de 30°C, en muestras de harina de maíz precocida (Egui, 1996).

Parámetro	Marca 1	Marca 2	Marca 3	Marca 4	Marca 5
Humedad (%)	12,35	12,42	12,38	11,98	12,90
Actividad de agua (a 30°C)	0,507	0,586	0,552	0,513	0,613

4.2.- Composición química y propiedades nutricionales.

En el Cuadro 9, se presentan los resultados obtenidos en diferentes trabajos de investigación para la composición química de harinas precocidas de maíz, destacándose su alto contenido en carbohidratos (desde 77,92 hasta 81,40%) y proteína cruda (de 7,07 hasta 10,62 %), por lo cual es considerada como un producto alimenticio con un gran valor energético (Toro *et al.*, 2011).

Cuadro 9. Composición química en base seca de harinas precocidas de maíz blanco (Hernández *et al.*, 1999; Hussein *et al.*, 2011; Toro *et al.*, 2011).

Parámetros	Hernández <i>et al.</i> (1999)	Hussein <i>et al.</i> (2011)	Toro <i>et al.</i> (2011)		
			Marca A	Marca B	Marca C
Humedad	12,13±0,21	9,10±0,01	9,29	10,46	10,13
Proteína cruda	8,24±0,06	10,62±0,11	7,35	7,07	7,38
Grasa cruda	0,83±0,04	4,00±0,22	1,54	1,53	2,50
Fibra cruda	0,54±0,05	4,00±0,06	-----	-----	-----
Cenizas	0,34±0,01	2,50±0,03	0,42	0,40	0,64
Carbohidratos totales	77,92±0,37	78,88±0,88	81,40	80,54	79,35

Las bajas proporciones de grasa y fibra cruda son deseables en este tipo de productos, ya que de acuerdo a lo señalado por Egui (2003), pequeñas cantidades de estos componentes son indicadores directamente proporcionales de la eficiencia del proceso de desgerminación del maíz, para su posterior transformación en harinas. La norma COVENIN 2135(1996) establece un límite máximo de 2% de grasa cruda en base seca.

No obstante, la obtención de harinas de maíz exclusivamente del endospermo trae como consecuencia un producto final muy pobre en vitaminas y minerales, por lo cual obligatoriamente debe realizarse su fortificación, con el fin de prevenir malnutrición por déficit de micronutrientes (Gwartz y García, 2014). Si bien las harinas de maíz se pueden fortificar con diversos nutrientes, la OMS (2009) indica que la atención debe dirigirse al hierro, ácido fólico, vitamina B12, vitamina A y zinc, los cinco micronutrientes de mayor importancia en países en desarrollo.

4.3.- Propiedades funcionales y reológicas.

En productos como las harinas y arepas, sus características de cocción, la textura, la capacidad de absorción de agua, el grado de pegajosidad, la expansión de volumen, la dureza y el desarrollo de viscosidad, entre otras propiedades funcionales, se ven afectadas principalmente por su contenido de almidón y por la proporción amilosa-amilopectina, que determinan su comportamiento durante los fenómenos de gelatinización, pasting y retrogradación (Satin, 1998; Coronel, 2011).

En estado nativo, los gránulos de almidón son insolubles y presentan una capacidad limitada de absorción de agua; sin embargo cuando se les somete a altas temperaturas y esfuerzo mecánico en presencia de agua, gelatinizan modificando su estructura y absorbiendo agua en grandes cantidades, lo que provoca un hinchamiento irreversible y pérdida del orden intragranular. Cuando los gránulos colapsan y se produce la exudación de sus componentes moleculares, ocurre la disminución de la viscosidad (Figura 3) (Zhou *et al.*, 1998; Liu *et al.*, 2002; De Sousa, 2009). En harinas precocidas de maíz, la capacidad de absorber agua por parte del almidón gelatinizado regulará el uso del producto, determinando la cantidad de agua a incorporar para lograr la consistencia o atributo deseado (Egui, 1997).

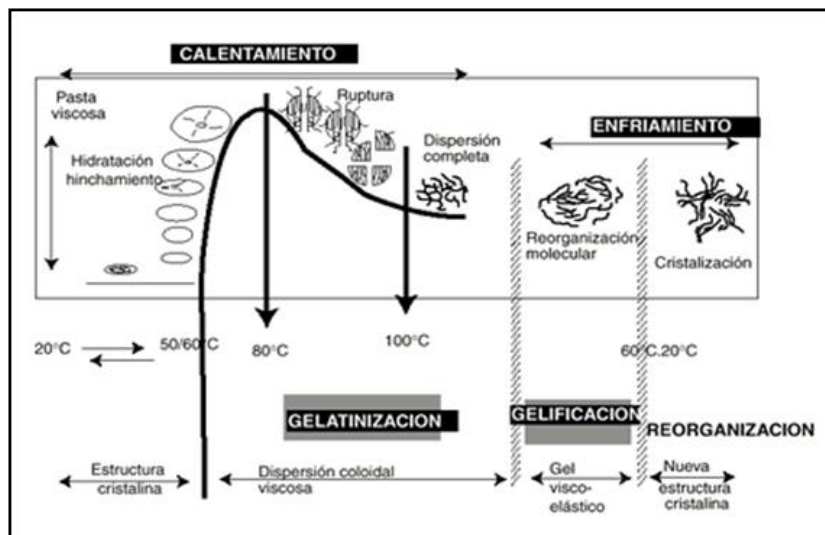


Figura 3. Representación esquemática de los cambios que experimentan los gránulos de almidón durante la gelatinización (Howling, 1980).

Un factor importante es la rapidez con que el gránulo de almidón se hidrata, conocida como velocidad de absorción o instantaneidad. Si se coloca una cierta cantidad de harina precocida en agua, los almidones comenzaran a hidratarse hinchándose a una velocidad que estará en función del grado de cocción, lo que provocará que la suspensión se haga más viscosa o espesa. Este proceso llegará a un máximo que se observará cuando el almidón ya no pueda absorber más agua y la viscosidad se mantenga constante o comience a disminuir; en este punto se encuentra la máxima consistencia y el tiempo para alcanzarla (tiempo de amasado). Ambos parámetros son netamente dependientes de la velocidad de absorción de agua, la cual está en función del grado de cocción de la harina, de la granulometría y de la variedad de maíz (relación amilosa-amilopectina) (Howling, 1980; Tester y Karkalas, 1996; Egui, 1997; Karim *et al.*, 2008).

Otro fenómeno de importancia que sucede como consecuencia del proceso de gelatinización de los almidones, es la retrogradación, proceso en el cual ocurre la recristalización de las cadenas de los polímeros de amilosa y amilopectina, acompañado por el endurecimiento del gel y la pérdida de agua, fenómeno que se conoce con el nombre de sinéresis (Keetels *et al.*, 1996; Ishiguro, 2000; Zhang *et al.*, 2005; Karim *et al.*, 2008). Este fenómeno es importante durante el proceso de obtención de las masas, ya que harinas cuyos almidones experimentan una elevada retrogradación, tienden a desarrollar altos valores de viscosidad en el enfriamiento, lo que se traduce en masas más firmes y pesadas (Coronel, 2011).

Las propiedades funcionales de las harinas de maíz precocidas determinan las características reológicas de las masas que con ellas se elaboran, en estudios realizados por Desarrollo de productos Alimentos Polar (1997) se determinó el efecto de diferentes grados de cocción de distintas marcas comerciales de harinas precocidas de maíz, sobre la textura de sus masas (Cuadro 10). Los resultados obtenidos indican que entre la dureza y la adhesividad instrumental de la masa existe una relación directamente proporcional con su grado de cocción. Aunado a esto, la medición instrumental de la textura guarda relación con la percepción sensorial del consumidor, a tal punto que masas con resultados de dureza superiores a los 200 g (muestras A, B y C) fueron calificadas como duras y pegajosas,

mientras que las muestras D, E y F resultaron más agradables y prácticas para la elaboración de arepas, debido a un grado intermedio de cocción de las harinas.

Cuadro 10. Resultados de textura para las masas de harina precocidas con diferentes grados de cocción (Desarrollo de Productos Alimentos Polar, 1997).

Muestra*	Percepción Instrumental		Percepción Sensorial	
	Dureza (g.)	Adhesividad (g.)	Consistencia	Pegajosidad
A	240,8	75,2	Muy dura	Pegajosa
B	289,6	72,2	Muy dura	Pegajosa
C	210,2	65,0	Dura	Pegajosa
D	180	61,0	Suave	Normal
E	128	34	Suave	Normal
F	148,8	45,2	Suave	Normal

*Ordenadas desde A (mayor grado de cocción) hasta F (menor grado de cocción).

No obstante no se puede dejar de lado las propiedades o características de textura que han sido clasificadas en tres categorías; atributos mecánicos, geométricos y de composición. Los primeros dan una indicación del comportamiento mecánico del alimento ante la deformación, mientras que los secundarios son los que resultan de la combinación de las propiedades primarias. El Cuadro 11, muestra el significado tanto físico como sensorial de algunas de estas propiedades. (Dan *et al.*, 2007).

Cuadro 11. Propiedades texturales: definición física y sensorial (Dan *et al.*, 2007)

Propiedades	Definición física	Definición sensorial
Dureza	Fuerza necesaria para atribuir una deformación causada.	Fuerza requerida para comprimir una sustancia entre los dientes molares (en caso el de sólido) o entre la lengua y el paladar (en el caso de semi-sólido).
Cohesividad	Grado en el cual un material puede ser deformado antes de que se rompa.	Grado en el cual una sustancia se comprime entre los dientes antes de romperse.
Elasticidad	Tasa a la cual un material deformado vuelve a su condición no deformada después de que la fuerza deformada se retira.	Grado en que un producto vuelve a su forma original cuando se ha comprimido entre los dientes.
Adhesividad	Trabajo necesario para superar las fuerzas de atracción entre la superficie del alimento y la superficie de los otros materiales con los que el alimento entra en contacto.	Fuerza requerida para remover el material que se adhiere a la boca durante el proceso normal de comer.
Fracturabilidad	Fuerza con la cual el material fractura un producto con alto grado de dureza y bajo grado de cohesividad.	Fuerza con la cual una muestra se desmenuza, agrieta o destroza.
Masticación	Energía requerida para masticar un alimento sólido hasta llevarlo a un estado listo para ingerir.	Cantidad de tiempo (en segundos) requerida para masticar la muestra a una velocidad de fuerza de aplicación constante, para reducirlo a una consistencia adecuada para ser ingerido.
Gomosidad	Energía requerida para desintegrar un alimento semi-sólido a un estado listo para ingerir.	Densidad que persiste a lo largo de la masticación, energía requerida para desintegrar un alimento semi-sólido a un estado listo para ingerir.
Crocancia	Calidad de crocante en un alimento.	Sensación que se percibe al masticar un alimento duro, consistente y quebradizo.

MARCO METODOLÓGICO

1.- Lugar de la Investigación.

Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Nuevos Productos y el Laboratorio de Aseguramiento de la Calidad de harinas, de la empresa Alimentos Polar Comercial C.A. Planta Turmero, ubicada en la Carretera Nacional la Encrucijada Turmero - Estado Aragua.

2.- Identificación de la Muestra.

Se analizaron ocho (8) marcas comerciales de harinas precocidas de maíz y dos (2) marcas comerciales de harinas precocidas de maíz integral, distribuidas en el mercado venezolano, las cuales fueron identificadas con los siguientes códigos aleatorios: 728, 502, 952, 360, 115, 293, 812, 436, 682 y 174.

3.- Plan de muestreo.

Las muestras fueron adquiridas de manera aleatoria en establecimientos comerciales, automercados e hipermercados de las ciudades de Maracay, Valencia y Cumaná. Se recolectaron dos lotes de un kilogramo por marca, para un total de 20 muestras.

4.- Caracterización física y físico-química de las harinas.

4.1.- Granulometría.

Se determinó de acuerdo a la norma COVENIN 2135 (1996) para harinas de maíz precocida, en el Rotap marca Tyler. Los resultados fueron expresados como porcentaje de retención de harina en cada tamiz.

4.2.- Color.

El análisis de color se realizó con un colorímetro marca Minolta modelo CR-310 (Figura 4), haciendo uso de la escala CIE Lab, reportándose valores de luminosidad L^* ($L = 0$ es negro y $L = 100$ es blanco), y de coordenadas de cromaticidad a^* y b^* (valores positivos de a^* muestran tendencia hacia las tonalidades de color rojo, valores negativos de a^* hacia las tonalidades de color verde, valores positivos de b^* hacia las tonalidades de color amarillo y valores negativos de b^* hacia las tonalidades de color azul). Las mediciones se realizaron por triplicado y de acuerdo el manual del colorímetro Minolta.

En el espacio de color $L^* a^* b^*$, la diferencia de color se expresó como un valor numérico sencillo: ΔE , que indica la magnitud de la diferencia de color respecto a una placa estándar. Se define mediante la siguiente ecuación: $\Delta E: ((\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2)^{1/2}$



Figura 4. Colorímetro Minolta modelo CR-310

4.3.- Conteo de puntos negros o Speck Counter (SPX).

Se utilizó el equipo *Speck Counter* modelo Semolina para el conteo de puntos negros en la harina. La muestra se distribuyó uniformemente sobre la superficie del escáner y el equipo registró una foto que fue exportada al programa Scanpro y por diferencia de colores se determinaron los puntos totales, negros, marrones e impactantes que contenía la muestra. Se utilizó como referencia el Manual del *Speck Counter* (2008).

4.4.- Actividad de agua (*aw*)

Se determinó de acuerdo a la metodología de la AOAC N° 978.18 (1995), utilizando un analizador de actividad de agua marca Aqua Lab modelo Cx-2 acoplado a un baño térmico regulado a $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Las muestras se colocaron en la plataforma de acondicionamiento por 10 minutos y el análisis se realizó por triplicado.

5.- Composición química y nutricional de las harinas.

5.1.- Humedad: se determinó por duplicado a través de un método gravimétrico siguiendo los lineamientos de la norma COVENIN 1553 (1980) para productos de cereales y leguminosas, utilizando una estufa con circulación de aire marca Memmert modelo U-30, a la temperatura de $130 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Los resultados fueron expresados como porcentaje de humedad.

5.2.- Cenizas: se realizó por duplicado de acuerdo a la norma COVENIN 1783 (1981) para cereales y leguminosas, usando una mufla eléctrica marca Thermo Scientific modelo Thermoline, regulada a una temperatura de $525 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Los resultados fueron expresados como porcentaje de cenizas en base seca.

5.3.- Proteína cruda: se determinó de acuerdo a la norma COVENIN 1195 (1980) para cereales y leguminosas, con un digestor de proteínas marca Foss Tecator modelo 2006 y un destilador de proteínas marca Foss Tecator modelo Kjeltex 2200. El análisis se realizó por duplicado y los resultados fueron expresados como porcentaje de proteínas en base seca usando como factor de conversión 6,25.

5.4.- Grasa cruda: se realizó según la norma COVENIN 1785 (1981) para cereales y leguminosas, modificando el solvente señalado en la norma, en este caso se utilizó hexano. Estas modificaciones fueron validadas por la Gerencia de Aseguramiento de la Calidad de APC Planta Turmero. El análisis se realizó por duplicado y los resultados fueron expresados como porcentaje de grasa cruda en base seca.

5.5.- Carbohidratos totales: se expresó en base seca y se determinó por diferencia del contenido de cenizas, proteína cruda y grasa cruda, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\%CHOt = 100 - (\% \text{ Cenizas} + \% \text{ Proteína cruda} + \% \text{ Grasa cruda}).$$

5.6.- Fibra dietaria: se determinó a partir de un método enzimático empleando el Kit Megazyme, “Determinación de fibra dietaria total, soluble e insoluble” basado en el método AOAC 991.43 (1991) y AACC 32-07 (1991). El análisis se realizó por duplicado y los resultados fueron expresados como porcentaje de fibra dietaria total en base seca.

5.7.- Aflatoxinas: se preparó la muestra en pools de 20g., mezclando 10g. de harina del lote 1 con 10 g. de harina del lote 2, de la misma marca. Su determinación se realizó a través de un método inmunocromatográfico semi-cuantitativo empleando el equipo RIDAQUICK Scan. La muestra fue acondicionada con procesos de molienda y cribas metálicas de 12/64” y 8/64” para luego mezclarse con metanol al 70%, el sobrenadante se incorporó al microtubo con el solvente móvil y el mismo se depositó en formato de tira reactiva para ser leído en el equipo. Se utilizó como referencia el manual del equipo.

5.8.- Vitaminas y minerales: se enviaron pools de 50 g. de los diferentes lotes al laboratorio externo GIFSA. Para ello se tomaron 25 g. del lote 1 de harina de maíz precocida o harina integral de maíz y 25 g. del lote 2 de la misma marca, se mezclaron y se colocaron en bolsas herméticas.

La determinación de hierro se realizó de acuerdo a la norma COVENIN 1409 (1979) usando un espectrofotómetro de absorción atómica. Los resultados se expresaron como mg. de hierro por cada 100 g. de muestra.

Los análisis de vitamina A, niacina, tiamina y riboflavina se determinaron por cromatografía líquida de alta presión (HPLC). La vitamina A fue expresada en UI / 100 g. de muestra y las otras vitaminas en mg. / 100 g de muestra.

6.- Caracterización reológica y funcional de las harinas y sus masas.

6.1.- Expansión y Separación de Agua.

Se realizó de acuerdo a la norma COVENIN 2135(1996) para harina precocida de maíz, usando un consistómetro marca Bostwick.

6.2.- Viscosidad RVA 30°C

Se evaluó la viscosidad de la muestra a temperatura constante de 30°C, durante 13 minutos con un analizador rápido de viscosidad (RVA) marca Newport Scientific modelo RVA-4, siguiendo la metodología de ensayo “Standard 30” de la AACC 76-21 (2000), preparando una suspensión al 32% de muestra en 68% de agua. Se realizó una sola repetición y se reportó la velocidad de absorción de agua (RVU/min), viscosidad máxima (RVU), viscosidad final (RVU) y viscosidad de caída (RVU).

6.3.- Perfil Amilográfico.

Se evaluó el perfil amilográfico con un analizador rápido de viscosidad (RVA) marca Newport Scientific modelo RVA-4, siguiendo la metodología de ensayo “Standard 1” de la AACC 76-21(2000) preparando una suspensión al 16% de muestra en 84% de agua. Se realizó una sola repetición y se reportó: pico máximo de viscosidad (RVU), caída de la viscosidad (RVU), viscosidad de setback (RVU), viscosidad final (RVU), temperatura de gelatinización (°C) y tiempo de pico requerido para alcanzar la viscosidad máxima (min).

6.4.- Análisis de textura.

El análisis de textura se realizó con un Texturómetro marca Stable Micro Systems modelo TA XT Plus.

6.4.1.- Textura en masa.

Se preparó la masa en una relación harina:agua 1:1,7 y el ensayo consistió en penetrar cinco bolitas de masa de 30 g. cada una, luego de 20 minutos de reposo. Se utilizó el adaptador AD160 y la probeta cónica de perspex P/45C, con una altura inicial del ensayo de 30 mm. Los resultados se expresaron como valores de fuerza y área en unidades del sistema internacional (SI).

6.4.2- Textura en arepa.

Se preparó la masa en una relación harina:agua 1:1,7; luego se pesaron 4 bolas de 120 g. cada una y se formaron cuatro arepas, que fueron sometidas a cocción en una plancha de cocina por 5 minutos de cada lado. Se utilizó el adaptador AD/60, cabezal P/025 HS y la base de acero con círculos concéntricos HDP/90.

El análisis de perfil de textura consistió en penetrar cinco puntos de la arepa reportando los valores de fuerza y área, en unidades del sistema internacional (SI). El análisis se realizó recién preparada la arepa y luego a las 2, 4 y 24 horas.

7.- Evaluación sensorial de las harinas, masas y arepas, obtenidas a partir de las diferentes marcas comerciales.

Para el análisis sensorial se utilizó la técnica empleada por el Laboratorio de Aseguramiento de Calidad en la planta Turmero, con una escala de clasificación de aceptación de harina, masa y arepa de maíz del 1 al 5, siendo (1) inaceptable, (2) objetable, (3) aceptable, (4) normal y (5) óptimo, con sus respectivos descriptores según el atributo. Este análisis fue llevado a cabo por el panelista entrenado de turno correspondiente que emite un único juicio.

En los Cuadros 12, 13 y 14 se denotan las clasificaciones sensoriales utilizadas en harina, masa y arepa, con sus respectivos descriptores, atributos y escalas.

Cuadro 12. Clasificación sensorial descriptiva de la Harina de Maíz Precocida.

HARINA								
Atributo	Descriptorios	Escala	Atributo	Descriptorios	Escala	Atributo	Descriptorios	Escala
PUNTOS OSCUROS Y CONCHA	Muy pocos	5	COLOR	Blanco crema/ blanco	5	OLOR	Olor fresco	5
	Pocos	4		Amarillo leve	4		Maíz	4
	Moderados	3		Amarillo moderado/ caramelo/ muy blanco	3		Almacenado /leve quemado	3
	Muchos	2		Oscuro	2		Objetable	2
	Inaceptable	1		Muy oscuro/ gris	1		Inaceptable	1

Cuadro 13. Clasificación sensorial descriptiva de la Masa de Harina de Maíz Precocida

MASA								
Atributo	Descriptorios	Escala	Atributo	Descriptorios	Escala	Atributo	Descriptorios	Escala
FM*	Normal	5	CF**	Muy manejable	5	ASPEREZA	No tiene	5
	Rápido	4		Manejable	4		Poco	4
	Lento	3		Poco manejable	3		Moderada	3
	Muy lento	2		Masa dura / blanda	2		Áspera	2
	No forma masa	1		Masa floja	1		Inaceptable	1

*Formación de masa

** Consistencia final de la masa

Cuadro 14. Clasificación sensorial descriptiva de la Arepa de Harina de Maíz Precocida.

AREPA								
Atributo	Descriptor	Escala	Atributo	Descriptor	Escala	Atributo	Descriptor	Escala
TEXTURA AREPA	Óptimo	5	ASPECTO AREPA	Óptimo	5	OLOR/ SABOR AREPA	Olor fresco	5
	Normal	4		Normal	4		Maíz	4
	Aceptable	3		Aceptable	3		Almacenado /leve quemado	3
	Objetable	2		Objetable	2		Objetable	2
	Inaceptable	1		Inaceptable	1		Inaceptable	1

Debido a que el panelista proviene de un panel entrenado se procedió con su único juicio exclusivo a evaluar los diferentes atributos sensoriales en harina, masa y arepa.

8.- Análisis Estadístico.

Con el fin de determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las diez (10) marcas comerciales de harina de maíz precocida y harina de maíz integral y los dos (2) lotes evaluados para cada una de ellas, respecto a sus propiedades físicas, químicas, nutricionales, funcionales y reológicas, se realizó un análisis de varianza simple (ANOVA), con un nivel de significación del 5%, haciendo uso del programa Statistix 7.0;

Posteriormente, de existir diferencias estadísticamente significativas entre las medias, los resultados eran sometidos a la prueba de comparación de medias de Tukey ($p < 0,05$), con el fin de detectar cuáles medias eran diferentes.

En lo que respecta a la evaluación sensorial, el análisis fue realizado a través de un estudio de tendencias, en vista de que no se contó con ninguna réplica en las observaciones sensoriales, por lo que no se disponía de la información mínima necesaria para estimar el error experimental, al tratarse de observaciones puntuales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.- Propiedades físicas de las harinas de maíz precocidas, provenientes de las 10 marcas comerciales en estudio.

1.1.- Granulometría.

Las muestras de harinas de maíz precocidas, de las diferentes marcas comerciales, fueron evaluadas para conocer la distribución del tamaño de sus partículas o grado de subdivisión de las mismas. Los resultados obtenidos para cada una de las diferentes muestras de harina de maíz precocida se muestran en la Figura 5, donde se puede apreciar que el mayor porcentaje de retención se obtuvo en los tamices de 40 mesh equivalente a una abertura de 0,420 mm. y 60 mesh (0,250 mm.), cumpliendo con lo establecido por la norma COVENIN 2135 (1996), que señala que el 100% de la harina debe pasar por el tamiz de 20 mesh (0,841mm.).

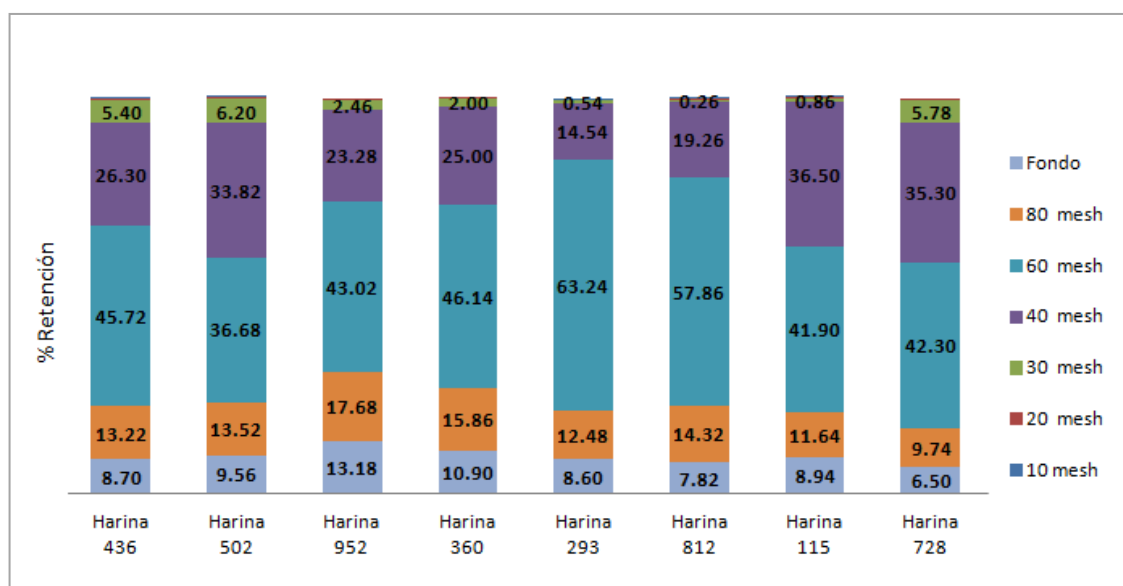


Figura 5. Análisis granulométrico de las harinas comerciales de maíz precocidas, expresados como porcentaje de harina retenida en cada tamiz.

Asimismo en la Figura 5 se observa que las marcas 115, 728 y 502 tienen un mayor porcentaje de retención en el tamiz N°40 (0,420mm), lo cual es desfavorable, ya que al presentar una mayor proporción de partículas de mayor tamaño, estas harinas muestran una apariencia más gruesa, retardando la absorción de agua y por consiguiente la formación de masa. Por el contrario, las harinas más finas (marcas 293 y 812), que presentan una mayor proporción retenida en el tamiz N°60 (0,250 mm), poseen partículas más pequeñas, que mejoran la textura de la masa y favorecen su formación en un menor tiempo.

Cabe destacar que estudios realizados por Egui (1996) corroboran lo señalado anteriormente, ya que este autor señala que la sensación de aspereza generada por la fracción superior a 60 mesh tiende a disminuir al final del amasado, llegando inclusive a desaparecer, siendo la aspereza generada por la fracción superior a 40 mesh, la más persistente y desagradable.

En la Figura 6 se observan los porcentajes de retención en cada tamiz para la harinas de maíz integral precocidas, donde se puede notar que la harina con el mayor grado de retención en el tamiz N°30 (0,841 mm) fue la 682 (15,74%), que incluso llega a presentar una fracción retenida de 3,62% en el tamiz N°20. Esto pudiera atribuirse al hecho de que en el proceso de elaboración de harinas integrales se utiliza el grano completo, que presenta una mayor proporción de pericarpio (5-6%), lo cual incrementa la proporción de partículas gruesas en el tamiz (FAO, 1993).

No obstante, la harina integral 174 solamente presenta una retención de 0,28% en el tamiz N°30, lo cual pudiera explicarse por diferencias en las condiciones de proceso, ya que estudios realizados por Gómez (2012) indican que en la harina de maíz integral se realiza un último control granulométrico en los cernidores, para evitar así la presencia de grumos durante la humidificación.

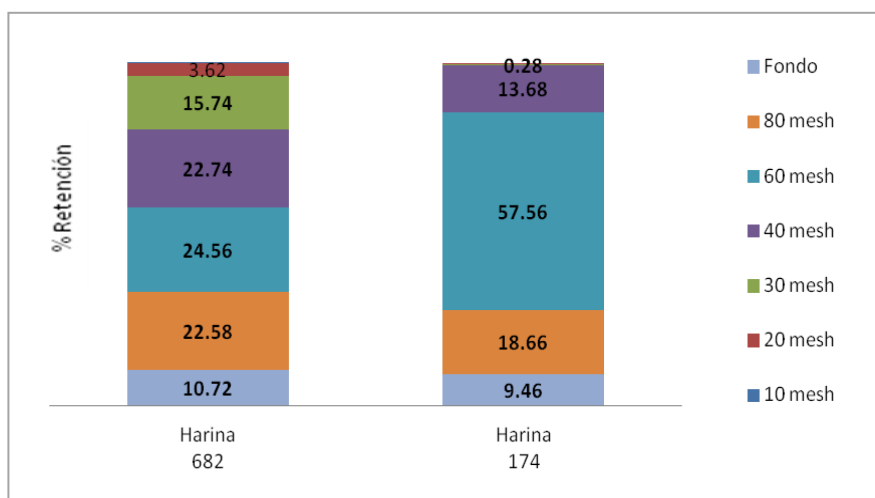


Figura 6. Análisis granulométrico de las harinas de maíz integral precocidas, expresado como porcentaje de harina retenida en cada tamiz.

1.2.- Color.

En el Cuadro 15 se muestran los valores obtenidos para el índice de luminosidad (L) y las coordenadas de cromaticidad (a y b), pudiéndose apreciar que éstos fueron estadísticamente diferentes para todas las muestras de harinas de maíz precocidas evaluadas, mientras que en las harinas integrales solo se reportaron diferencias significativas para la coordenada de cromaticidad “a”.

Respecto al índice de luminosidad (L) de las harinas de maíz precocidas, los resultados obtenidos indican que las harinas 952, 728 y 360 son las que aparentemente muestran una mayor tendencia al color blanco, con valores de 87,49; 86,70 y 86,14, respectivamente; mientras que las harinas 115 y 502 tienden a ser más oscuras, ya que reportaron los valores más bajos de luminosidad (84,49 y 84,65, respectivamente).

En lo que se refiere a la coordenada de cromaticidad “a”, que indica la posición de las muestras en el eje de rojo (valores positivos) a verde (valores negativos), todos los resultados obtenidos para las harinas en estudio fueron negativos, y estaban comprendidos

entre -0,11 y -1,06, presentando tonalidades con tendencia a las coloraciones verdosas. Las marcas 360 y 952 de harinas de maíz precocidas fueron las que reportaron las coordenadas de cromaticidad más alejadas del cero (0) (-1,06 y -0,93, respectivamente), por lo que presentan las tonalidades con mayor tendencia significativa al color verde ($p < 0,05$), lo cual contribuye a disminuir su índice de blancura.

En cuanto a la coordenada de cromaticidad “b”, que se mueve en una escala de azul (valores negativos) a amarillo (valores positivos), se observó para todas las muestras de harinas de maíz precocidas en estudio, los resultados fueron positivos (entre 12,29 a 15,66), es decir, que sus tonalidades tienden a las coloraciones amarillas, encontrándose los valores más altos ($p < 0,05$) en las marcas 115, 436 y 812, ya que el color de la harina se ve afectado por el contenido de pericarpio, grasa y el grado de cocción. En lo que respecta a las harinas integrales, no se observaron diferencias estadísticamente significativas.

Según De Sousa (2009), estudios de color del grit de maíz señalan que valores de luminosidad (L) elevados, indican la claridad del producto o su tendencia al color blanco, mientras que su disminución luego de elaborada la harina se debe a que, el almidón nativo en el endospermo vítreo posee un color claro blanquecino, mientras que al gelificarse este se opaca y tiende a ser más oscuro. En la escala “a”, los valores negativos tienden a colores verdes que indican la inmadurez del grano utilizado y que disminuyen luego de la molienda. Por su parte, la escala “b” presenta colores amarillos que aumentan en el producto final, lo cual es adjudicado a la transformación de los almidones y las posibles reacciones no enzimáticas.

Al calcular el valor de ΔE , indicado en el Cuadro 15, se determinó la magnitud de la diferencia de color existente entre cada una de las muestras de harinas de maíz y la placa estándar, siendo mayor dicha diferencia para la harina integral 682, con un valor de ΔE igual a 21,55 con respecto a la harina 174 con un ΔE de 20,85 respectivamente; mientras que en las harinas de maíz precocida la menor diferencia de color, respecto a la placa estándar, se obtuvo para la harina 952, que presentó un ΔE igual a 14,22, el cual se corresponde con su elevado índice de luminosidad.

Cuadro 15. Color y actividad de agua de las diferentes marcas comerciales de harinas de maíz e integrales precocidas.

Producto	Marca	Color				Aw
		L	a	b	ΔE	
Harina de maíz precocida	293	85,88 ± 0,04 ^d	-0,92 ± 0,03 ^d	13,68 ± 0,15 ^c	16,55 ± 0,10 ^d	0,64 ± 0,01 ^a
	728	86,70 ± 0,05 ^b	-0,90 ± 0,03 ^{cd}	12,29 ± 0,07 ^e	14,99 ± 0,07 ^f	0,62 ± 0,05 ^a
	502	84,65 ± 0,04 ^g	-0,82 ± 0,02 ^c	13,50 ± 0,01 ^{cd}	17,31 ± 0,02 ^c	0,63 ± 0,05 ^a
	360	86,14 ± 0,04 ^c	-1,06 ± 0,01 ^e	13,33 ± 0,08 ^d	16,13 ± 0,03 ^e	0,63 ± 0,01 ^a
	952	87,49 ± 0,02 ^a	-0,93 ± 0,03 ^d	11,99 ± 0,10 ^f	14,22 ± 0,07 ^g	0,61 ± 0,01 ^a
	436	86,01 ± 0,06 ^{cd}	-0,11 ± 0,06 ^a	15,02 ± 0,08 ^b	17,40 ± 0,09 ^c	0,60 ± 0,01 ^{ab}
	812	85,09 ± 0,12 ^e	-0,91 ± 0,03 ^{cd}	15,66 ± 0,07 ^a	18,53 ± 0,11 ^a	0,56 ± 0,04 ^b
	115	84,89 ± 0,06 ^f	-0,66 ± 0,05 ^b	14,97 ± 0,07 ^b	18,15 ± 0,08 ^b	0,40 ± 0,01 ^c
Harina de maíz integral precocida	682	82,23 ± 0,07 ^A	-0,28 ± 0,01 ^A	17,15 ± 0,10 ^A	21,55 ± 0,11 ^A	0,37 ± 0,02 ^B
	174	82,32 ± 0,13 ^A	-0,64 ± 0,01 ^B	16,22 ± 0,02 ^A	20,85 ± 0,10 ^B	0,56 ± 0,01 ^A

a-g: Letras minúsculas iguales en una misma columna indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras ($p < 0,05$)

A-B: Letras mayúsculas iguales en una misma columna indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras ($p < 0,05$)

Esto permite confirmar que el color blanco de las harinas de maíz precocidas, se acerca más al color blanco de placa estándar, debido a que no contienen pericarpio, capa de aleurona (que separa el endospermo del pericarpio o salvado), ni germen, zonas estructurales del grano que contienen una mayor proporción de vitaminas liposolubles y carotenoides, compuestos químicos que otorgan coloraciones amarillas (FAO, 1993).

Cabe destacar que a nivel comercial los consumidores son exigentes, siendo el color uno de los atributos sensoriales más importantes, ya que determina la primera impresión sobre un producto y su aceptación (Bedoya, 2008), razón por la cual los consumidores prefieren arepas de color blanco. En la actualidad, más del 85% de la producción nacional corresponde a maíz de grano blanco semiduro, utilizado en un 80% por la industria de molienda seca en la elaboración de harinas precocidas, el restante se emplea en las empresas procesadoras de maíz pilado y para el consumo fresco (Segovia y Alfaro, 2009).

1.3.- Actividad de agua (aw).

Los valores obtenidos para la actividad de agua de las muestras de harinas en estudio se presentan en el Cuadro 15, pudiéndose apreciar que existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras, a un nivel de significancia de $\alpha=0,05$. Los valores obtenidos para las harinas comerciales de maíz e integrales precocidas variaron desde 0,64 hasta 0,37, siendo la harina 115 y la harina integral 682, las que presentaron menor actividad de agua de 0,40 y 0,37, respectivamente. Los valores más bajos de aw de estas harinas pudieran atribuirse al hecho de que aparentemente no recibieron el proceso de humectación posterior al proceso de molienda para compensar la pérdida de humedad inicial del producto.

Estudios realizados por Egui (1996) y De Sousa (2009), establecen que el rango óptimo para las harinas de maíz precocida es de 0,50 a 0,70, valores aceptables en productos como las harinas, debido a su rápida rotación en el mercado venezolano.

Según lo demuestra el mapa de estabilidad de alimentos (cambios que ocurren en los alimentos en función de la actividad del agua), establecido por Badui (2006) y representado

en la Figura 7, las harinas precocidas bajo el rango actual de aw estarían propensas a sufrir los siguientes tipos de deterioros (dependiendo de la temperatura de almacenamiento y de la humedad relativa del ambiente):

- 1) Oxidación de lípidos
- 2) Actividad enzimática
- 3) Oscurecimiento no enzimático
- 4) Pérdida de nutrientes solubles en agua (vitaminas y minerales)

No obstante, se debe tener especial cuidado durante períodos de elevada humedad relativa, ya las harinas almacenadas absorben humedad, pudiendo alcanzar valores de aw de 0,70 o más, con lo cual se crea el medio propicio para la infestación por insectos, aumento de la carga de mohos y levadura y reacciones químicas de deterioro.

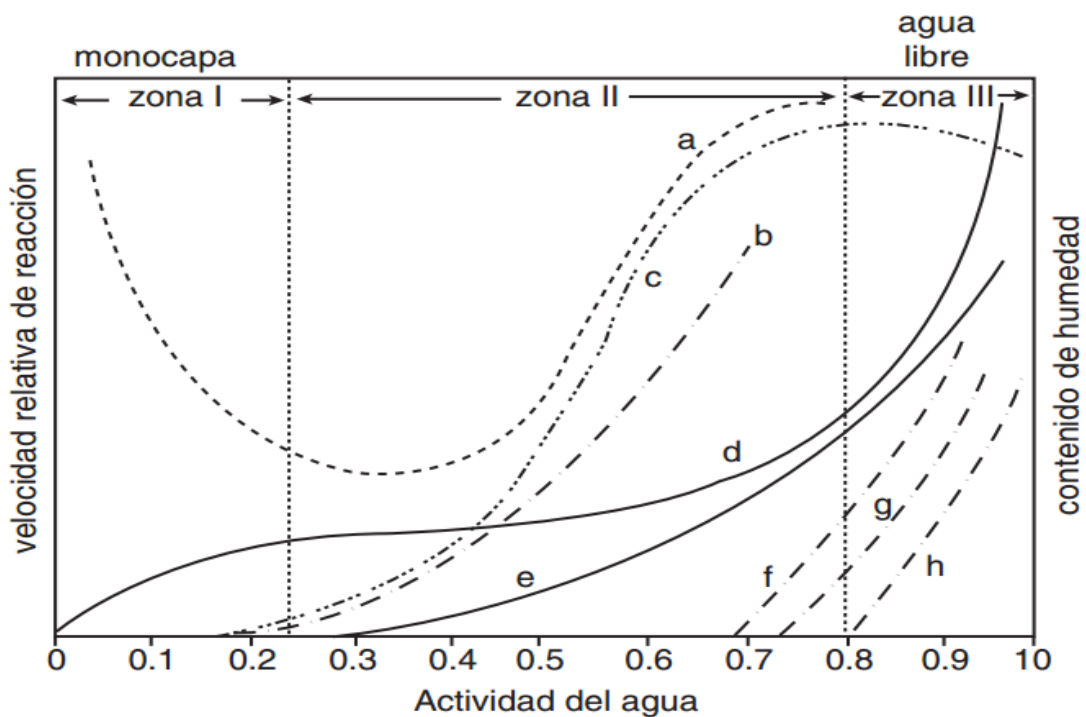


Figura 7. Cambios que ocurren en los alimentos en función de la actividad del agua. a) Oxidación de lípidos; b) reacciones hidrolíticas; c) oscurecimiento no enzimático; d) isoterma de adsorción; e) actividad enzimática; f) crecimiento de hongos; g) crecimiento de levaduras, y h) crecimiento de bacterias. (Badui, 2006).

La vida útil para las harinas de maíz precocidas es de 6 a 7 meses. Sin embargo debido a la rápida rotación y consumo de estos productos posiblemente ninguno de estos factores de

deterioro lleguen a manifestarse en el tiempo para hacerla objetable sensorialmente por el consumidor a menos que las condiciones de almacenamiento sean extremas (temperaturas superiores a 38°C, humedad relativa superior a 80%, almacenes con poca ventilación y propensas a infestación), (Egui, 1996).

1.4.- Conteo de puntos negros o “Speck counter” (SPX)

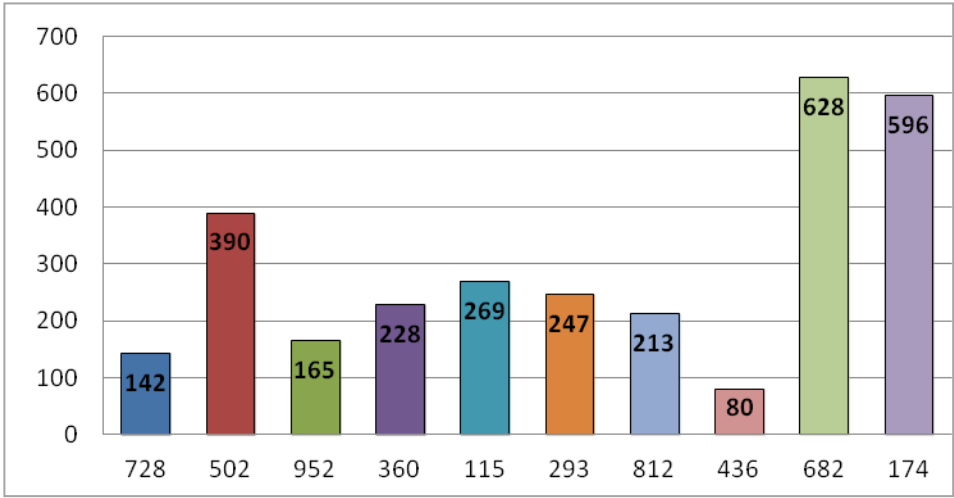
En cada etapa de elaboración de la harina se llevan a cabo una serie de controles y pruebas que aseguran la calidad del producto. Entre los parámetros evaluados se encuentra las condiciones normales de funcionamiento del equipo y los parámetros del producto terminado tales como expansión de la masa, humedad, contenido de hierro, grasa, microbiología, análisis sensorial y conteo de puntos negros (De Sousa, 2009).

En la Figura 8, se puede apreciar que las marcas comerciales de harinas de maíz precocidas que presentan mayor cantidad de puntos negros fueron la 502, 115, 293 y 360 ya sea por ajustes en el proceso de desgerminación, variedad de maíz utilizado, entre otros; mientras que las harinas integrales (marcas 174 y 682) poseen mayor presencia de puntos negros que las harinas de maíz precocidas, por ser harinas de alto rendimiento (en las cuales se utiliza el grano de maíz entero, que contiene pericarpio y piloriza).

Cabe destacar que los puntos negros están asociados a la piloriza del grano de maíz, y se originan durante el proceso de desgerminación, debido a un mal ajuste en la fricción de la malla rotativa y la perforada. Los puntos negros en gran cantidad no son deseables, ya que son percibidos como contaminantes en el acabado las harinas por los consumidores (Bhuvanewari *et al.*, 2010).

Asimismo, haciendo uso del “speck counter” se hizo un conteo de puntos marrones, asociados al pericarpio del grano de maíz (Figuras 9 y 10). Los resultados obtenidos indican, que la mayor proporción de puntos marrones en las harinas de maíz precocidas, lo presenta la marca 502 seguida de la 115 y 812 (9.900, 8.230 y 6.700, respectivamente), siendo los más bajos para las marcas 952, 728 y 436 (1.374, 1.314 y 1.364, respectivamente). En

cambio, en las harinas integrales el contenido de puntos marrones es superior, de 33.596 para la marca 682 y de 20.761 para la 174, debido posiblemente a que se trata de harinas de alto rendimiento, donde se ajustan las mallas para que el grano se utilice entero (FAO, 1993). No obstante, la marca 682 reporta valores más altos que la 174, debido a las diferencias granulométricas existentes, que señalan que la harina 682 presenta un mayor contenido de pericarpio.



Muestras 728, 502, 952, 360, 115, 293, 812, 436: Harinas de maíz precocidas
 Muestras 682 y 174: Harinas de maíz integral precocidas

Figura 8. Conteo de puntos negros realizados en las harinas de maíz precocidas.

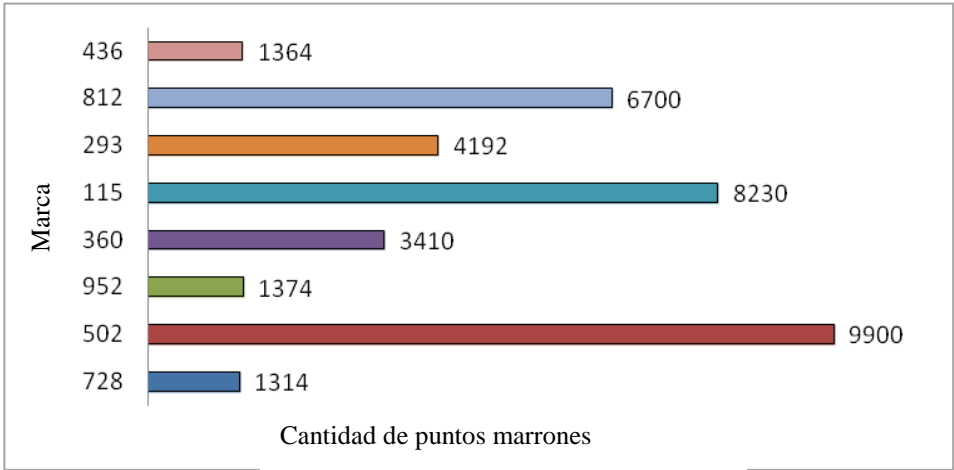


Figura 9. Conteo de puntos marrones realizado en las harinas de maíz precocidas

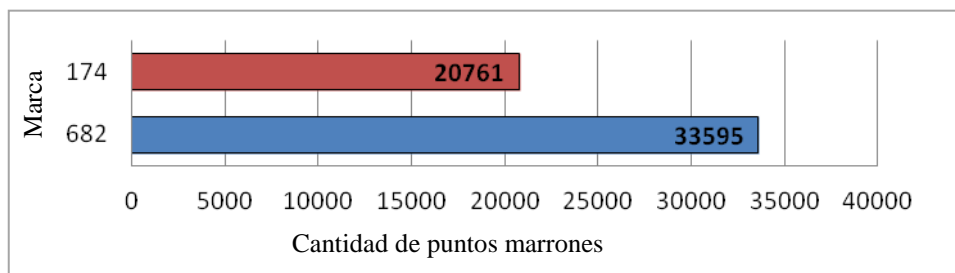


Figura 10. Conteo de puntos marrones realizados en las harinas integrales

2.- Determinación de la composición química y nutricional de las harinas de maíz precocidas.

2.1.- Composición química.

El análisis proximal de las harinas de maíz precocidas en estudio, se presenta en el Cuadro 16, donde se observan los valores obtenidos para la composición química en base seca de las diferentes muestras de harinas analizadas.

2.1.1.- Humedad

En lo que respecta al contenido de humedad, se observa que existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras, tanto para las harinas de maíz precocidas como para las harinas integrales. Entre las harinas de maíz precocidas, la marca 115 fue la que reportó el valor más bajo de humedad (9,19%), mientras que para las harinas integrales, el menor contenido de humedad se obtuvo en la muestra 682 (8,11%). Estos valores pudieran explicarse debido a que posiblemente en estas harinas no se realiza el proceso de humidificación al final del proceso de elaboración, con la finalidad de recuperar la humedad perdida, lo cual se confirma con sus bajos valores de actividad de agua señalados anteriormente. Además, se debe tener especial cuidado con las harinas integrales de maíz, ya que si se humidifican en exceso, se puede acelerar el proceso de rancidez, debido a su alto contenido de grasa por el uso del grano completo.

Cuadro 16. Composición química en base seca de las marcas comerciales de harinas de maíz precocidas evaluadas.

Producto	Marca	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteína cruda (%)	Grasa cruda (%)	Carbohidratos totales (%)	Fibra dietaria (%)
Harina de maíz precocida	293	13,03 ± 0,63 ^a	0,72 ± 0,02 ^a	8,21 ± 0,27 ^a	2,42 ± 0,06 ^a	88,65	4,53 ± 0,12 ^a
	728	12,58 ± 0,84 ^a	0,58 ± 0,05 ^{cd}	7,87 ± 0,14 ^a	1,82 ± 0,47 ^b	89,73	2,37 ± 0,70 ^b
	502	12,39 ± 0,42 ^a	0,64 ± 0,05 ^{bc}	7,76 ± 0,30 ^a	1,98 ± 0,22 ^{ab}	89,62	2,61 ± 0,09 ^b
	360	12,33 ± 0,47 ^a	0,69 ± 0,03 ^{ab}	7,69 ± 0,15 ^a	2,18 ± 0,08 ^{ab}	89,43	2,61 ± 0,43 ^b
	952	12,30 ± 0,40 ^a	0,45 ± 0,01 ^e	7,45 ± 0,28 ^a	1,20 ± 0,01 ^c	90,90	2,69 ± 0,05 ^b
	436	12,17 ± 0,06 ^{ab}	0,31 ± 0,03 ^f	7,77 ± 0,17 ^a	0,65 ± 0,11 ^d	91,27	1,93 ± 0,10 ^b
	812	11,35 ± 0,05 ^a	0,74 ± 0,02 ^a	7,90 ± 0,56 ^a	2,14 ± 0,04 ^{ab}	89,23	3,51 ± 0,13 ^{ab}
115	9,19 ± 0,18 ^c	0,49 ± 0,10 ^{dc}	7,73 ± 0,04 ^a	1,29 ± 0,32 ^c	90,48	2,88 ± 0,77 ^b	
Harina de maíz integral precocida	682	8,11 ± 0,89 ^B	1,24 ± 0,04 ^A	8,47 ± 0,28 ^A	4,43 ± 0,04 ^A	85,87	7,36 ± 1,19 ^A
	174	11,29 ± 0,91 ^A	1,10 ± 0,05 ^B	8,60 ± 0,22 ^A	4,21 ± 0,33 ^A	86,01	6,70 ± 0,76 ^A

a-b: Letras minúsculas iguales en una misma columna, indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras ($p < 0,05$).

A-B: Letras mayúsculas iguales en una misma columna, indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras ($p < 0,05$).

Cabe destacar, que ninguna de las diez muestras consideradas, presentó contenidos de humedad superiores a los niveles permitidos por la norma COVENIN 2135 (1996), la cual establece un máximo de 13% para la harina de maíz precocida, dada la importancia de controlar el contenido de humedad del producto, para evitar la proliferación de microorganismos que provocarían su deterioro. Sin embargo, la harina 293 presenta un valor de humedad de 13,03%, superando ligeramente el máximo permitido.

Los resultados obtenidos para el contenido de humedad de todas las muestras de harinas analizadas, fueron similares a los reportados por Vergara (2012), quien obtuvo valores comprendidos entre 12,30 y 12,40% al evaluar harinas de maíz blanco precocidas de diferentes marcas comerciales; y por Torres *et al.*, (2011) al analizar distintas marcas comerciales de harinas de maíz precocidas (9,29 a 10,13%).

2.1.2.- Cenizas

En cuanto a la fracción de cenizas, se observa que existen diferencias estadísticamente significativas entre las muestras de harinas evaluadas. En el caso de las harinas de maíz precocidas, la marca 436 fue la que presentó el menor contenido de cenizas (0,31%), que se traduce en una menor proporción de minerales; mientras que la marca 812 fue la que reportó el valor más alto (0,74%). Sin embargo, al compararlas con las harinas integrales, se puede apreciar que las marcas 682 y 174 presentan una mayor proporción de cenizas (1,24 y 1,10%, respectivamente), ya que al ser obtenidas a partir del grano entero de maíz presentan una mayor cantidad de minerales provenientes del germen y del pericarpio (FAO, 1993).

No obstante, todas las muestras de harinas de maíz precocidas cumplen con lo establecido en la norma COVENIN 2135 (1996), que señala un valor máximo permitido del 1,0%; mientras que las harinas integrales precocidas cumplen con lo indicado por el CODEX STAN 154 (1985), que establece un valor máximo de 3,0% de cenizas.

De Sousa (2009) realizó estudios en grits y harinas de maíz precocida, donde evidenció que el contenido de cenizas del grit era de 0,87%, valor superior al obtenido para la harina

(0,68%), debido a la pérdida de los constituyentes químicos por efectos del proceso. Por su parte, Torres *et al.* (2011), al evaluar harinas de maíz precocidas de las marcas A, B y C, obtuvieron valores de 0,42; 0,40 y 0,64 %, respectivamente, lo que evidencia que todas las harinas están dentro de la norma COVENIN 2135 (1996) y que las diferencias son definidas en atención a la composición química de los granos de maíz.

2.1.3.- Proteína cruda

En cuanto a los valores de proteína cruda determinados para las harinas en estudio, se puede apreciar que no hubo diferencias significativas entre muestras (Cuadro 16), observándose que todas las muestras de harinas de maíz blanco precocida cumplen con la norma COVENIN 2135 (1996), que establece un valor mínimo de 7%; así como las harinas integrales precocidas cumplen con lo establecido por el CODEX STAN 154 (1985), que establece un valor mínimo de 8,0% de proteínas.

Cabe destacar, que los resultados obtenidos para el contenido de proteínas de las muestras evaluadas en el presente estudio, fueron similares a los reportados en diferentes marcas comerciales de harinas de maíz precocidas por Vergara (2012) (de 7,5 a 8,0%) y por Torres *et al.* (2011) (desde 7,07 hasta 7,38%).

2.1.4.- Grasa cruda

En lo que respecta al contenido de grasa cruda, se observa que existen diferencias estadísticamente significativas entre las muestras de harina de maíz precocidas, ya que las marcas 293, 360, 812 fueron las que reportaron los valores más altos (2,42; 2,18; 2,14%, respectivamente), resultados incluso ligeramente superiores al establecido en la norma COVENIN 2135 (1996), que señala un máximo de 2,0% de grasa. Cabe destacar que a mayor contenido de grasa, el proceso de desgerminación es menos eficiente para las harinas de maíz precocida. Caso contrario en las harinas 436, 952 y 115, que tienen un menor contenido de grasa (0,65; 1,20 y 1,29%), indicando que hubo una mayor eficiencia en el

proceso de desgerminación del grano de maíz, ya que la separación eficiente del pericarpio, endospermo y germen influye sobre el porcentaje de grasa del producto final.

Estudios realizados por Vergara (2012), corroboran el ligero aumento del porcentaje de grasa en algunas marcas de harina de maíz precocida (con valores promedio de 2,3 y 2,5%), los cuales se vieron afectados por los factores antes mencionados, arrojando valores superiores a lo permitido por la norma COVENIN 2135 (1996).

En cuanto a las harinas integrales precocidas (marcas 682 y 174), no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre muestras, y los valores obtenidos (4,43 y 4,21%, respectivamente), cumplen con lo indicado por el CODEX STAN 154 (1985), que establece un mínimo de 3,1% de grasa cruda. Según la FAO (1993), el pericarpio y el germen son los componentes que aportan mayor cantidad de grasa al maíz (1,0 y 33,2% respectivamente), es decir, que la presencia de estos componentes en las etapas de laminación y molienda de la hojuela del maíz incrementan el contenido de grasa de la harina de maíz integral precocida.

2.1.5.- Carbohidratos totales

Las harinas de maíz precocida en estudio contienen carbohidratos totales en un rango de 88,66 a 91,27%, superiores a los resultados obtenidos por Toro *et al.* (2011), para 3 marcas comerciales de harinas de maíz precocidas (A, B y C) (81,40; 80,54; 79,35%, respectivamente), debido principalmente a diferencias en la composición química del grano, a diferencias en el producto terminado y a la variabilidad en la eficiencia del proceso de desgerminación de cada empresa, que incidirá en el contenido de carbohidratos totales; mientras que las harinas de maíz integral precocida obtuvieron valores de 85,87 y 86,01% para las marcas 682 y 174, respectivamente.

2.1.6.- Fibra dietaria total

Los resultados obtenidos indican, que existen diferencias estadísticamente significativas entre las muestras de harinas de maíz e integral precocidas evaluadas, ya que las harinas

integrales (682 y 174), fueron las que reportaron el mayor contenido de fibra dietaria (7,36 y 6,70%, respectivamente), lo cual era de esperarse, ya que la mayor proporción de fibra se encuentra en el pericarpio (86,70%) (FAO, 1993).

Por lo tanto, el contenido de fibra dietaria es otro indicador del rendimiento en el proceso de desgerminación del maíz (separación de pericarpio y germen), ya que a menor proporción de fibra, más eficiente fue el proceso. Entre las harinas de maíz precocidas, la de menor rendimiento fue la 436 con 1,93% de fibra, seguida de la 502, 360, 952 y 728, con valores de fibra comprendidos entre 2,37 y 2,69%.

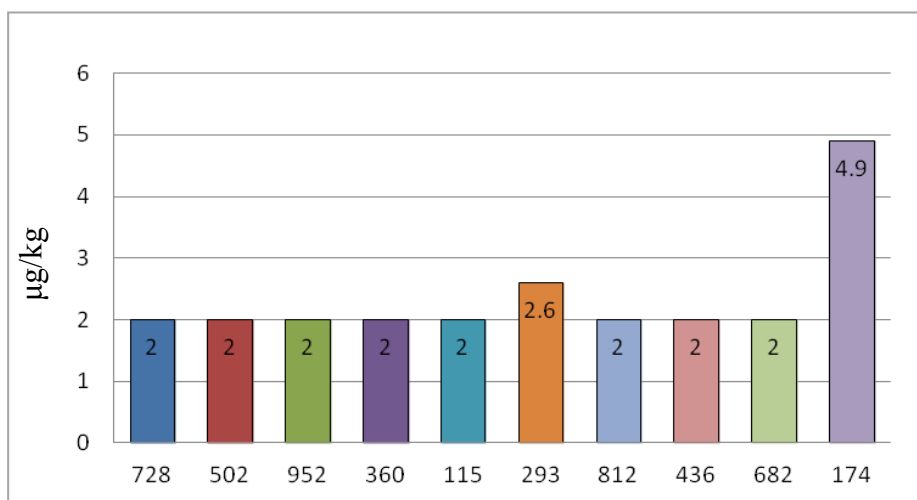
Cabe destacar que la cáscara del grano de maíz es rica en fibra, lo cual favorece la salud cardiovascular ya que disminuye la absorción de grasas a nivel intestinal previniendo así el aumento del colesterol y los triglicéridos, por lo que se recomienda en personas que sufren de sobrepeso y obesidad. También la fibra previene y trata el estreñimiento ya que el maíz contiene fibra insoluble. Estos atributos favorecen a las harinas de maíz integral precocida, ya que la harina de maíz tiene en comparación al grano entero, menos fibra. (Industrias KEL, 2016)

2.2.- Aflatoxinas

En Venezuela, desde la época colonial, el maíz ha sido el cultivo anual más ampliamente extendido, por ser la base de la alimentación en la mayor parte de la población y por su fácil adaptación a diversas condiciones agroecológicas, llegando a constituir la principal actividad agrícola de numerosas familias. Por esta razón, se considera de suma importancia conocer la incidencia de hongos y micotoxinas en sus granos y subproductos, ya que pueden ocasionar efectos dañinos sobre la salud humana y animal; además que las condiciones imperantes en nuestro país, propias de áreas tropicales, son favorables para la proliferación de este tipo de microorganismos y la síntesis de sus toxinas. Por otra parte, en el ámbito nacional e internacional hay mucha información sobre la detección de hongos y micotoxinas en granos de maíz, pero no en harina precocida, la cual forma parte importante de la dieta del venezolano (Chavarri *et al.*, 2012).

Debido a esto, muchos países establecieron límites para la suma de las aflatoxinas B1, B2, G1, y G2; y a veces de manera combinada con un límite específico para la aflatoxina B1. El intervalo de tolerancia máximo decretado por 17 países de América Latina (donde también existe un límite armonizado con el MERCOSUR) y África, así como por los Estados Unidos, es de $20 \mu\text{g}.\text{Kg}^{-1}$ (FAO, 2004).

Los resultados obtenidos para el contenido de aflatoxinas totales se presentan en la Figura 11, donde se puede apreciar que éstos fueron bajos en todas las muestras analizadas, con valores promedio de 2 hasta $2,6 \mu\text{g}.\text{Kg}^{-1}$ en todas las marcas de harinas de maíz evaluadas; con excepción de la muestra 174 de harina integral, que alcanzó un valor promedio de $4,9 \mu\text{g}.\text{Kg}^{-1}$, siendo la marca con una mayor incidencia de aflatoxinas.



Muestras: 728, 502, 952, 360, 115, 293, 812, 436 Harinas de maíz precocidas
Muestras: 682 y 174 Harinas de maíz integral precocidas

Figura 11. Contenido de aflatoxinas totales realizados a las diferentes harinas comerciales

Estos resultados coinciden con estudios realizados por Chavarri *et al.* (2012) en harinas de maíz precocida, quienes reportaron valores de 0,6 hasta $2,72 \mu\text{g}/\text{kg}$ para cuatro marcas de harina integral, ya que las harinas con mayor proporción de germen y pericarpio (integrales) se caracterizan por presentar alta contaminación fúngica.

No obstante, todos los valores de aflatoxinas estuvieron por debajo de $20 \mu\text{g.Kg}^{-1}$ (Figura 11), que es el nivel máximo de aflatoxinas permitido para el maíz. En base a las diversas investigaciones relacionadas con el riesgo del consumo de alimentos contaminados con aflatoxinas a nivel mundial, es indispensable el monitoreo riguroso y continuo de esta micotoxina en los granos de maíz y sus derivados, como la harina de maíz precocida, a pesar que la concentración sea baja, ya que es un cereal de consumo masivo (Chavarri *et al.* 2012).

2.3.- Contenido de vitaminas y minerales de las harinas de maíz precocidas

Las harinas de maíz precocida, son productos que han reemplazado al grano de maíz entero como componente importante de la dieta en muchos lugares del mundo. Al igual que con todos los cereales, la mayoría de los micronutrientes están concentrados en las capas exteriores del grano; por lo tanto, al remover esas capas en el proceso de desgerminación, se pierde la mayoría de las vitaminas y de los minerales, tal es el caso del maíz entero que contiene tiamina, piridoxina y fósforo, además de ser una fuente importante de riboflavina, niacina, folato, biotina, hierro y zinc. Los micronutrientes que no se encuentran en cantidades significativas son calcio, vitaminas A y E. Sin embargo, tales pérdidas pueden ser compensadas a través del enriquecimiento o fortificación sin afectar la calidad o aceptación de los alimentos preparados con harinas. (DSM, 2016; Gwirtz y García, 2014; Pasricha *et al.*, 2012)

La concentración de vitaminas y minerales que se incorpora se debe calcular sobre la base de los requerimientos nutricionales y los patrones de consumo; estimando las pérdidas experimentadas durante el almacenamiento y la cocción. En Venezuela, la harina refinada de maíz se enriquece con una premezcla de vitaminas y minerales que contiene vitamina A, tiamina, riboflavina, niacina y hierro (DSM, 2016).

En la Figura 12, se presentan los resultados obtenidos para la cuantificación de las vitaminas B₁ (tiamina), B₂ (riboflavina) y B₃ (niacina) en las muestras en estudio, pudiéndose apreciar que varían de unas a otras. En cuanto a la tiamina, las marcas 812, 293, 115, 360, 952, 174, 682 y 502 reportaron los valores más bajos (entre 0 y 0,11 mg. / 100g.);

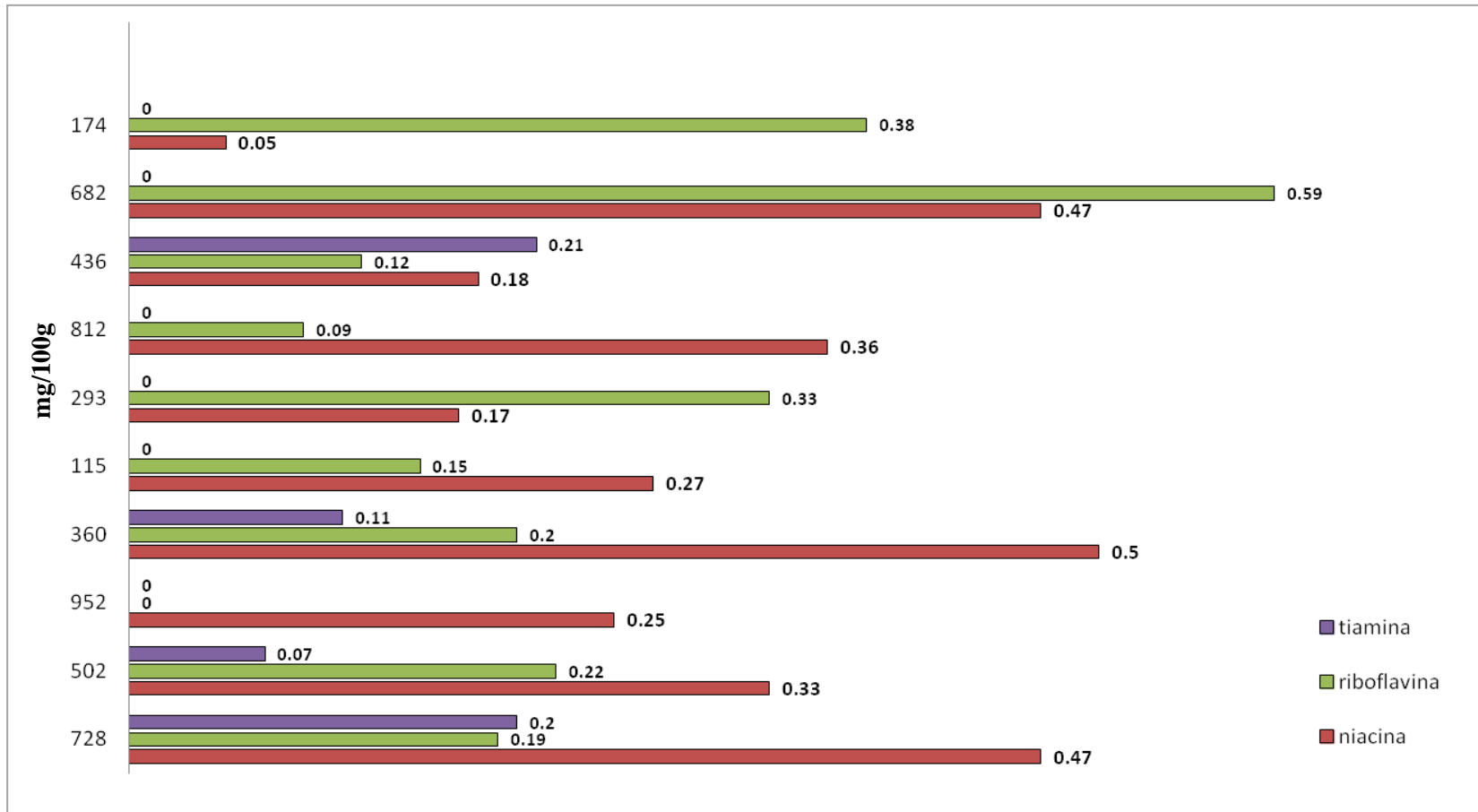
mientras que para las marcas 728 y 436 los resultados obtenidos fueron de 0,20 y 0,21 mg. / 100g., respectivamente; cumpliendo con lo establecido por la norma COVENIN 2135 (1996) que indica que el contenido de tiamina debe ser entre 0,20 y 0,50 mg. / 100g.

En lo que respecta al contenido de riboflavina, en las marcas 436, 812, 115 y 952 se obtuvieron valores comprendidos entre 0 y 0,15 mg. / 100 g., inferiores a lo exigido por la norma COVENIN 2135 (1996), que establece contenidos de 0,16 a 0,40 mg. / 100 g.; mientras que la riboflavina se encuentra en mayor cantidad en las harinas integrales, la marca 682 de harina integral precocida reportó un valor superior al límite máximo permitido (0,59 mg. / 100 g.).

Los resultados obtenidos para el contenido de niacina en todas las marcas comerciales de harinas de maíz evaluadas, fueron inferiores al límite mínimo señalado por la norma COVENIN 2135 (1996), que establece límites entre 3,30 y 8,20 mg. / 100 g. Sin embargo las harinas de maíz precocida tienen mayor cantidad que las harinas integrales precocidas.

Cabe destacar, que las marcas comerciales de harinas precocidas evaluadas, son vehículos para el consumo de nutrientes del complejo B, debido a su alta demanda en el mercado venezolano (DSM, 2016). Sin embargo, se observa que son pocas las marcas que entran en el rango normado, aunque el consumidor recibe tiamina y riboflavina, no son en las cantidades exigidas por la norma, no obstante cumplen con la norma COVENIN 2135 (1996) por criterios de aceptación o rechazo en defectos críticos, que establece el análisis de 5 elementos (vitaminas y minerales), pero se acepta con el cumplimiento de 3 elementos; o en el caso de hacer el análisis a 4 elementos, se acepta con que estén 2 de ellos presentes en el producto terminado. Solo las harinas 812, 115 y 952 no cumplen con la normativa.

No obstante, la variabilidad obtenida para el complejo de vitaminas B₁, B₂ y B₃ se atribuye no solo en la dosificación utilizada para el enriquecimiento durante el proceso de humectación, sino también al contenido de vitaminas en la materia prima (el maíz), que se



Muestras 728, 502, 952, 360, 115, 293, 812, 436: Harinas de maíz precocidas
 Muestras 682 y 174: Harinas de maíz integral precocidas

Figura 12. Contenido de vitaminas B1, B2 y B3 realizados a las harinas de maíz precocida e integrales

ve afectado por las condiciones ambientales, la genética, la edad de la planta y la ubicación geográfica (Nuss y Tanumihardjo, 2010).

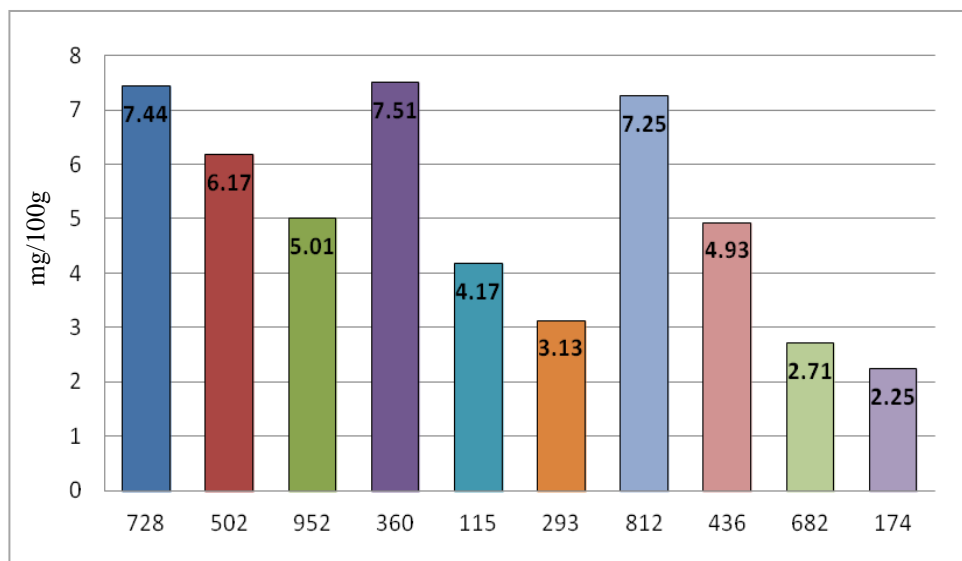
Badui (2006) y DSM (2016), señalan que existen algunos factores que influyen sobre la estabilidad de las vitaminas durante las fases de preparación y almacenamiento de harinas refinadas o integrales de maíz. Además, indican que las vitaminas A, D y el ácido fólico son inestables cuando se exponen al oxígeno, la luz solar y el calor; mientras que la vitamina B₁ (tiamina) es sensible al calor y a los álcalis, y la vitamina B₂ (riboflavina) a la luz y medios alcalinos. La vitamina B₃ (niacina) es la más estable y en general no es afectada por la luz, el calor ni el pH.

Cabe destacar, que es de gran importancia controlar las cantidades en que se dosifican las vitaminas, ya que por ejemplo la riboflavina tiene un color amarillo brillante, y es posible que los consumidores rechacen los alimentos que la contienen, lo que determina que se limite la cantidad usada en la fortificación. En Venezuela, fue necesario reducir el nivel de riboflavina en la harina refinada de maíz fortificada de 4 mg.Kg⁻¹ a 2,5 mg.Kg⁻¹ de harina refinada por este motivo. El color de la harina refinada de maíz fortificada con 2,5 mg.Kg⁻¹ no cambia y es bien aceptado por los consumidores (DSM, 2016).

En lo que respecta al contenido de hierro, los resultados obtenidos se muestran en la Figura 13, donde se puede notar que todas las marcas de harina de maíz precocidas cumplen con lo establecido por COVENIN 2135 (1996), que establece un rango de (3,0 - 8,0) mg de hierro por cada 100 g. de harina, encontrándose las muestras 728, 360 y 812 muy cercanas al límite superior (con valores de 7,44; 7,51 y 7,25 mg. de hierro / 100g., respectivamente). En cambio, el contenido de hierro reportado para las harinas integrales (682 y 174) fue bajo (2,71 y 2,25 mg. de hierro / 100g.), comparado con las harinas de maíz blanco precocidas y con la norma.

El hierro tiene propiedades organolépticas y físicas aceptables, y puede ser añadido a la harina refinada y a la harina integral de maíz. Con frecuencia se producen problemas de color cuando se agrega sulfato ferroso o fumarato ferroso como fuentes de hierro. El hierro

elemental también tiene sus desventajas como es el tamaño fino de sus partículas, que hacen que éste se separe de la harina refinada o la harina integral cuando se utilizan purificadores con separación por aire, pudiendo ser captado por las barras magnéticas si éstas están ubicadas cerca del lugar de envasado. No obstante, en Venezuela se usa una mezcla de fumarato ferroso y hierro reducido con buenos resultados (DSM, 2016)



Muestras 728, 502, 952, 360, 115, 293, 812, 436: Harinas de maíz precocidas.
Muestras 682 y 174: Harinas de maíz integral precocidas

Figura 13. Análisis de hierro realizados a las harinas de maíz precocida

3.- Evaluación de las propiedades reológicas y funcionales de las harinas precocidas de maíz, y de las masas obtenidas a partir de las mismas.

Estudios reológicos aplicados a las harinas, como los análisis de viscosidad, perfil amilográfico, expansión y separación de agua, evidencian el comportamiento de los almidones como principal componente responsable de la formación y transformación de la masa al ser preparada. (De Sousa, 2009), entendiéndose a la reología como el estudio de la deformación y el flujo de la materia (Barnes *et al.*, 1982).

3.1.- Viscosidad RVA a 30°C.

En el Cuadro 17 se presentan los resultados obtenidos para el estudio de la viscosidad a 30°C, donde se puede apreciar que para las harinas de maíz precocidas existen diferencias significativas para una sola marca (812), que reporta el mayor valor de velocidad de absorción de agua (94,59 RVU / min.) de viscosidad máxima (146,08 RVU) y de viscosidad final (124,54 RVU), siendo aparentemente la harina con el mayor grado de precocción. En cambio, para las harinas integrales no se observaron diferencias significativas entre muestras. Estos valores permiten inferir cómo será el comportamiento de la masa durante la preparación y brinda información sobre los resultados que obtendrá el consumidor.

Cuadro 17. Análisis reológicos de las diversas marcas comerciales de harina de maíz e integrales precocidas.

Viscosidad RVA				
Marca	Velocidad absorción de agua (RVU/min)	Viscosidad máxima (RVU)	Viscosidad final (RVU)	Viscosidad de Caída (RVU)
293	48,39 ± 1,60 ^b	86,50 ± 1,89 ^b	63,38 ± 1,24 ^b	23,13 ± 0,65 ^a
728	20,89 ± 6,48 ^b	51,13 ± 18,09 ^b	41,91 ± 15,67 ^b	9,21 ± 2,42 ^b
502	20,89 ± 6,48 ^b	51,13 ± 18,09 ^b	41,91 ± 15,67 ^b	9,21 ± 2,42 ^b
360	30,24 ± 2,53 ^b	86,58 ± 16,97 ^b	70,75 ± 12,61 ^b	15,84 ± 4,36 ^{ab}
952	18,16 ± 0,93 ^b	38,75 ± 0,59 ^b	30,59 ± 0,94 ^b	8,17 ± 1,53 ^b
436	23,52 ± 16,58 ^b	60,63 ± 21,98 ^b	47,08 ± 13,44 ^b	13,54 ± 8,54 ^{ab}
812	94,59 ± 7,49 ^a	146,08 ± 12,96 ^a	124,54 ± 14,20 ^a	21,55 ± 1,24 ^{ab}
115	30,83 ± 28,46 ^b	82,66 ± 43,61 ^b	71,29 ± 37,18 ^b	11,38 ± 6,43 ^{ab}
682	29,41 ± 23,07 ^A	66,30 ± 33,41 ^A	62,00 ± 32,76 ^A	4,29 ± 0,65 ^A
174	68,51 ± 1,94 ^A	117,34 ± 0,24 ^A	93,00 ± 5,07 ^A	24,33 ± 5,30 ^A

RVU: unidad característica del equipo RVA, 1 RVU equivale a 12cP.

a-b: Letras minúsculas iguales en una misma columna, indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras ($p < 0,05$). Para las muestras: 728, 502, 952, 360, 115, 293, 812, 436 harinas de maíz precocidas

A-B: Letras mayúsculas iguales en una misma columna, indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras ($p < 0,05$). Para las muestras: 682 y 174 harinas de maíz integral precocidas

La viscosidad máxima ideal para la elaboración de las masas se encuentra entre 130 y 160 RVU, equivalente a la consistencia o dureza apropiada para la elaboración de las arepas. Estudios realizados por Desarrollo de productos Alimentos Polar (1997), señalan que una harina de maíz, con una velocidad de absorción ≥ 100 RVU / min., alcanza rápidamente la viscosidad ideal (entre 0 y 1 min), pero continua absorbiendo agua y sus masas adquieren una consistencia más dura en el tiempo. En cambio, harinas con velocidad de absorción de agua entre 70 y 100 RVU / min., como la marca 812 en estudio, adquieren la viscosidad ideal en 2 a 3 min., alcanzando estabilidad luego de 6 a 8 min., generando masas duras. Sin embargo, harinas con velocidad de absorción de agua entre 40 y 70 RVU / min. (marcas 293 y 174), alcanzan la viscosidad ideal a los 3 a 4 min., logrando la estabilidad luego de 0,5 a 1 min., manteniéndose cerca de la consistencia ideal sin endurecer en el tiempo. Por el contrario, harinas con velocidad de absorción menores a 40 RVU / min. (marcas 728, 502, 360, 952, 436, 115 y 682), no logran alcanzar la viscosidad ideal y su máxima consistencia ocurre a los 3 o 4 min., obteniéndose una masa floja, que requiere más harina para mejorar su consistencia, considerándose harinas poco precocidas.

3.2.- Perfil Amilográfico.

En el Cuadro 18, que se presenta a continuación se observan los resultados obtenidos en el estudio amilográfico, pudiéndose apreciar que existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), en los parámetros: viscosidad pico o máxima, estabilidad al calentamiento o “breakdown” y asentamiento o “setback”. Los perfiles amilográficos obtenidos para cada una de las muestras en estudio se presentan en las Figuras 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 y 23.

3.2.1- Viscosidad Máxima.

El incremento de la viscosidad de las diferentes suspensiones de harinas de maíz estudiadas, cuando éstas son sometidas a calentamiento bajo agitación constante, ocurre hasta un valor máximo conocido como viscosidad pico o máxima, el cual está relacionado

con el máximo tamaño que alcanzan los gránulos de almidón hinchados, sin que ocurra la desintegración total de los mismos (Hoover y Sosulski, 1986; AACC, 2007).

Cuadro 18. Resultados del perfil Amilográfico de las diversas marcas comerciales de harina de maíz e integrales precocidas.

Perfil Amilográfico						
Marca	Pico máximo de viscosidad (RVU)	Punto mínimo de viscosidad (RVU)	Fragilidad (RVU)	Viscosidad Final (RVU)	Asentamiento (RVU)	Tiempo de pico (min)
293	185,67±0,35 ^c	218,71±1,24 ^a	3,96±0,88 ^b	412,84±11,08 ^a	231,13±9,84 ^a	6,00±0,00 ^{abc}
728	212,25±24,16 ^{bc}	205,58±22,63 ^a	6,67±1,53 ^b	480,29±28,58 ^a	274,71±5,95 ^a	6,40±0,85 ^{abc}
502	187,63±17,85 ^c	181,38±10,67 ^a	6,25±7,19 ^b	456,80±44,02 ^a	275,42±33,35 ^a	6,74±0,38 ^{ab}
360	197,17±4,12 ^c	191,54±5,01 ^a	5,63±0,88 ^b	458,41±9,66 ^a	266,88±4,66 ^a	7,00±0,00 ^a
952	213,29±11,14 ^{bc}	208,21±11,96 ^a	5,09±0,82 ^b	499,66±16,50 ^a	291,46±4,54 ^a	6,87±0,19 ^{ab}
436	205,00±29,11 ^{bc}	197,83±25,93 ^a	7,17±3,18 ^b	478,63±102,47 ^a	280,80±76,54 ^a	6,97±0,05 ^a
812	287,63±3,71 ^a	203,25±2,47 ^a	84,38±1,24 ^a	414,29±14,55 ^a	211,04±17,03 ^a	4,97±0,05 ^c
115	270,38±29,99 ^{ab}	251,34±47,14 ^a	19,05±17,15 ^b	556,88±99,76 ^a	305,54±52,62 ^a	5,40±0,47 ^{bc}
682	180,25±29,46 ^A	154,00±12,14 ^A	26,25±17,32 ^A	378,08±2,83 ^A	224,08±9,31 ^A	5,40±0,57 ^A
174	179,00±13,20 ^A	160,04±6,31 ^A	18,96±6,89 ^A	345,21±19,74 ^A	185,17±13,44 ^B	5,57±0,05 ^A

RVU: unidad característica del equipo RVA, equivalente a 12cP.

a-b: Letras minúsculas iguales en una misma columna, indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras ($p < 0,05$). Para las muestras: 728, 502, 952, 360, 115, 293, 812, 436 harinas de maíz precocidas

A-B: Letras mayúsculas iguales en una misma columna, indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras ($p < 0,05$). Para las muestras: 682 y 174 harinas de maíz integral precocidas

La muestra de harina de maíz precocida (812) fue la que presentó el mayor valor de viscosidad máxima (287,63 RVU) con un tiempo de desarrollo equivalente a 4,97 min.; seguida de la marca 115 (270,38 RVU y tiempo de 5,40 min.), mientras que las muestras 728, 952 y 436, desarrollaron valores de viscosidad intermedia (212,25; 213,29 y 205,00 RVU, respectivamente), con tiempos comprendidos entre 6,40 y 6,97 min.; siendo las marcas 293, 502 y 360, las que reportaron los valores más bajos (185,67; 187,63 y 197,17 RVU) con tiempos desde 6 hasta 7 min. En cambio, las harinas de maíz integral precocidas 682 y 174 no presentaron diferencias estadísticamente significativas con valores de (180,25 y 179) RVU con tiempos de desarrollo de 5,40 y 5,57min para la viscosidad máxima.

Los mayores valores de viscosidad máxima, alcanzados por las harinas 812 y 115, indican que la proporción de almidón contenida en las mismas presenta un mayor poder de hinchamiento, y por consiguiente, una mayor capacidad de retención de agua (Adebowale y Lawal, 2003; Choi y Kerr, 2004; Sandhu *et al.*, 2008).

En otros estudios, De Sousa (2009), obtuvo un valor de 230,83 RVU para la viscosidad máxima de una suspensión de harina de maíz precocida.

3.2.2- Fragilidad o “Breakdown”.

El término “breakdown” se entiende como la diferencia entre la viscosidad máxima y la viscosidad obtenida después del período de calentamiento constante a 95°C. Es un índice que permite evaluar la fragilidad de los gránulos de almidón frente al calentamiento continuo y bajo estrés mecánico (Rasper, 1980). Si el valor es alto, indica que habrá menor resistencia de los gránulos hinchados a la desintegración mecánica, y menor estabilidad de la suspensión de almidón o harina (Mazur *et al.*, 1957; Ortega y Eliasson, 2001; Olayide, 2004). Si la viscosidad permanece constante, atende a que los gránulos de almidón presentan una gran estabilidad frente a la desintegración mecánica (Rasper, 1980; Pitchon *et al.*, 1981; González, 1997; Rao *et al.*, 1997).

En lo que respecta a las harinas de maíz precocidas, la marca 812 estadísticamente diferente fue la que presentó el menor valor de estabilidad (84,38 RVU), lo cual se traduce en una mayor fragilidad de sus gránulos de almidón durante los procesos de cocción. En cuanto a las harinas integrales, no reportaron diferencias significativas entre muestras; sin embargo, los valores obtenidos (18,96 y 26,25 RVU) fueron superiores a los encontrados para la mayoría de las harinas de maíz precocidas. Esto se debe a que las harinas de maíz integral presentan un grado de precocción superior a algunas harinas de maíz precocidas, por lo cual sus gránulos de almidón presentan menor resistencia frente al calentamiento continuo bajo estrés mecánico, permitiendo así que las moléculas de almidón pierdan su rigidez y otorguen plasticidad para la laminación.

3.2.2- Asentamiento o “Setback”

El asentamiento o “setback” se define como la diferencia entre la viscosidad máxima y la viscosidad al inicio del período de enfriamiento a 50°C. Es un índice utilizado para expresar la tendencia de los almidones a retrogradar, por lo tanto, mientras mayor sea el valor de este índice, mayor será la tendencia de los componentes de la pasta de almidón a retrogradar, producto del incremento en la viscosidad de la suspensión durante el enfriamiento. (Mazur *et al.*, 1957; Rasper, 1980; Vergara, 2012).

Al observar los resultados obtenidos se puede apreciar que no existen diferencias significativas para el asentamiento entre las muestras de harinas de maíz precocidas, mientras que en las harinas integrales precocidas la marca 174 de harina de maíz integral fue la que presentó diferencia, con el menor valor de asentamiento (185,17 RVU), indicativo de su menor tendencia a la retrogradación. Según Coronel (2011), este fenómeno es importante, ya que almidones que experimenten elevada retrogradación, tienden a desarrollar altos valores de viscosidad en el enfriamiento lo que se traduce en masas firmes y pesadas, que generan arepas más firmes y rígidas en el enfriamiento.

Estudios realizados por Vergara (2012) a dos marcas comerciales de harinas de maíz precocida arrojaron valores de asentamiento de 234,25 y 200,08 RVU, ligeramente inferiores a los obtenidos para las harinas comerciales en estudio.

Por último, al observar el patrón de los perfiles amilográficos (Figuras 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 y 23), se puede apreciar que todas las harinas en estudio desarrollaron el perfil característico de almidones provenientes de cereales, donde la viscosidad de la suspensión se mantiene estable durante la fase de calentamiento constante, sin alcanzar un pico pronunciado de viscosidad, y con valores de viscosidad máxima comprendidos entre 176 y 420 UB (Miles *et al.*, 1984; Leelavathi *et al.*, 1987 y Lu *et al.*, 2008).

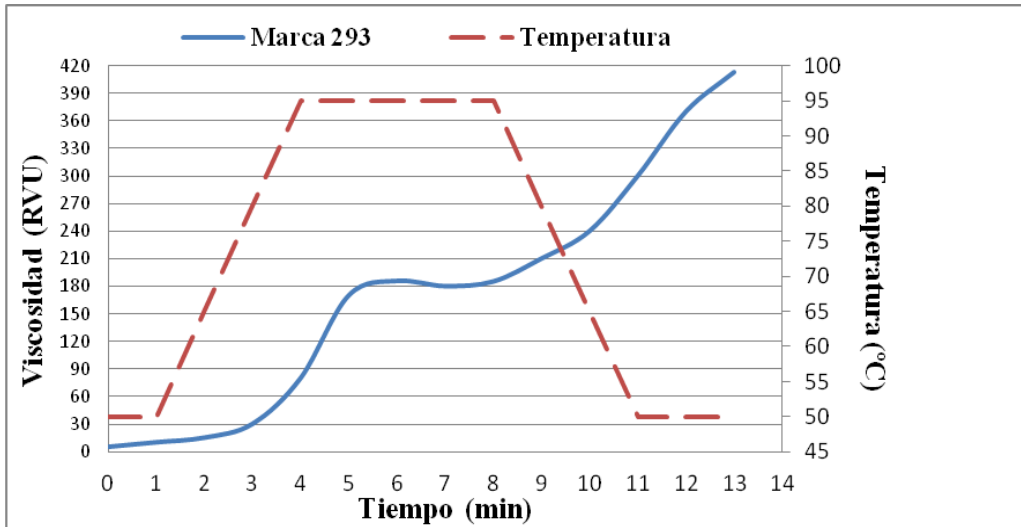


Figura 14. Curva amilográfica para la harina de maíz precocida de la marca comercial 293.

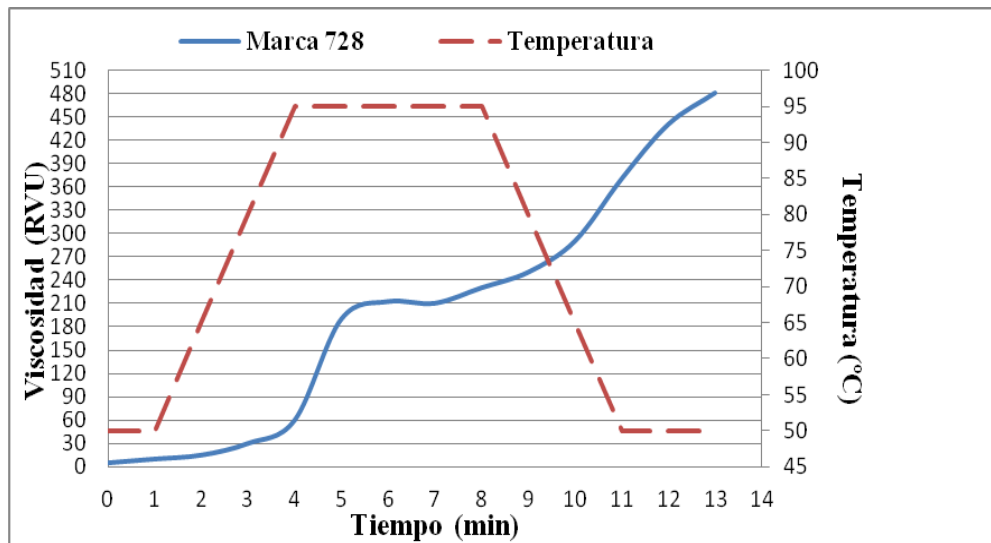


Figura 15. Curva amilográfica para la harina de maíz precocida de la marca comercial 728.

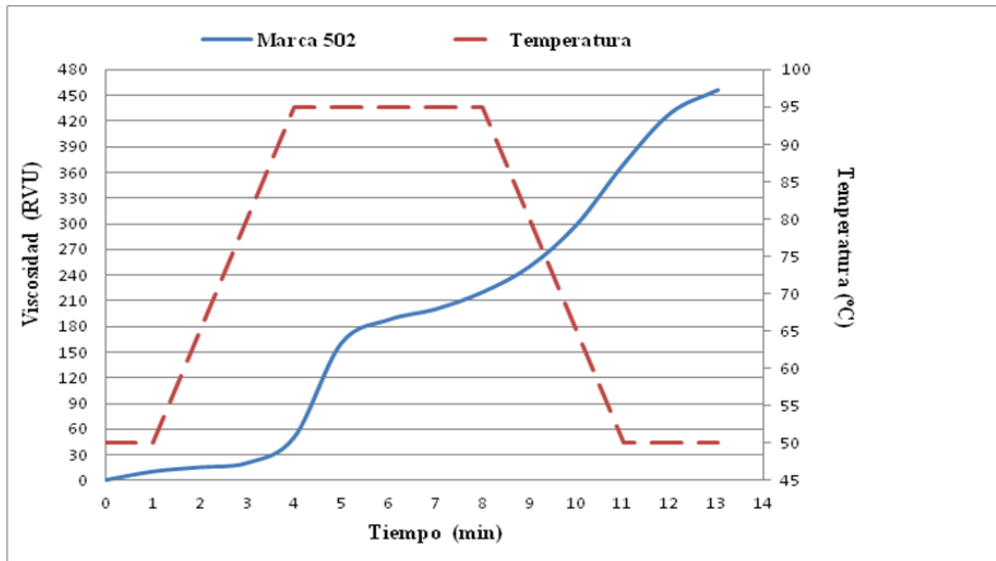


Figura 16. Curva amilográfica para la harina de maíz precocida de la marca comercial 502.

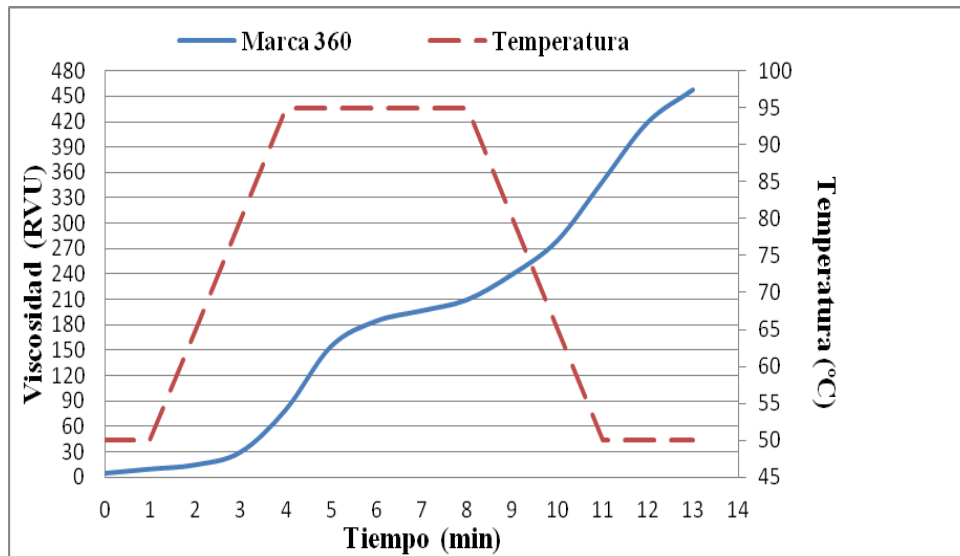


Figura 17. Curva amilográfica para la harina de maíz precocida de la marca comercial 360.

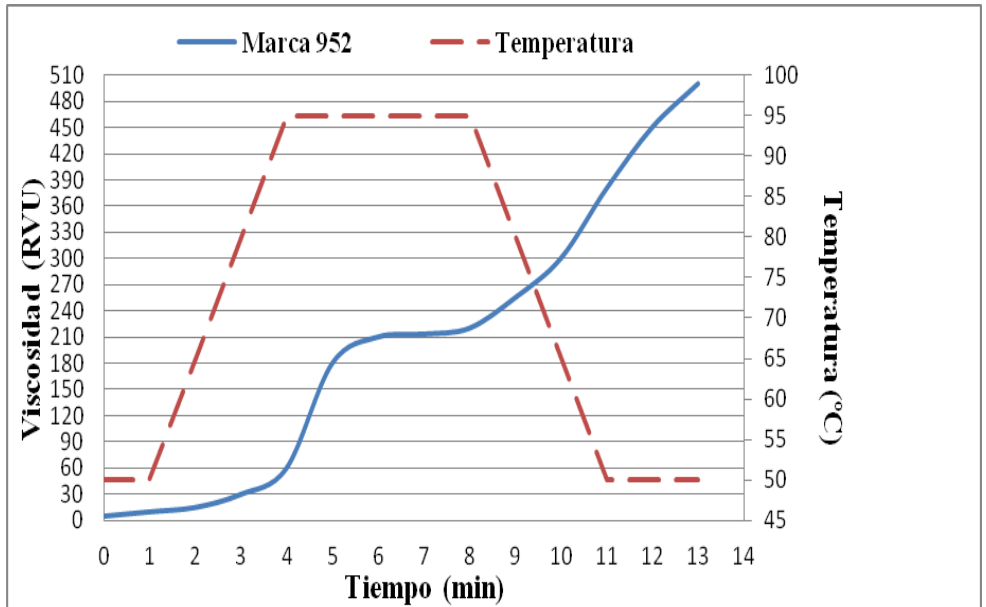


Figura 18. Curva amilográfica para la harina de maíz precocida de la marca comercial 952.

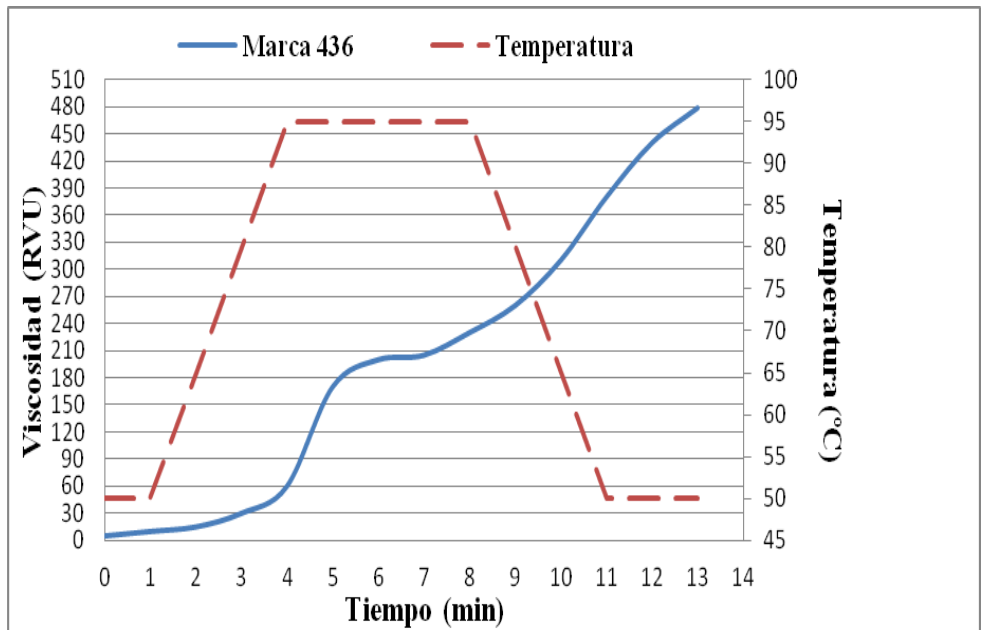


Figura 19. Curva amilográfica para la harina de maíz precocida de la marca comercial 436.

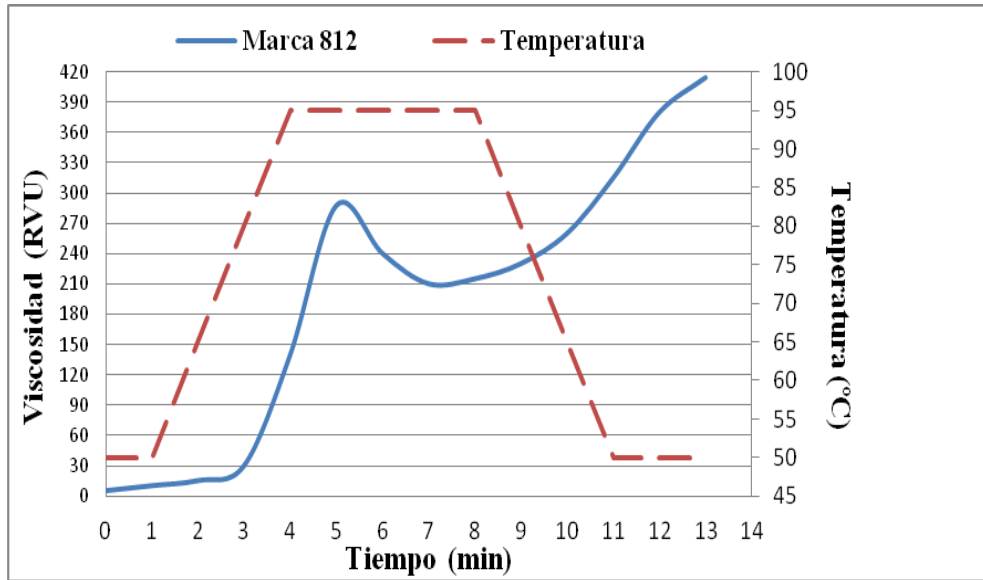


Figura 20. Curva amilográfica para la harina de maíz precocida de la marca comercial 812.

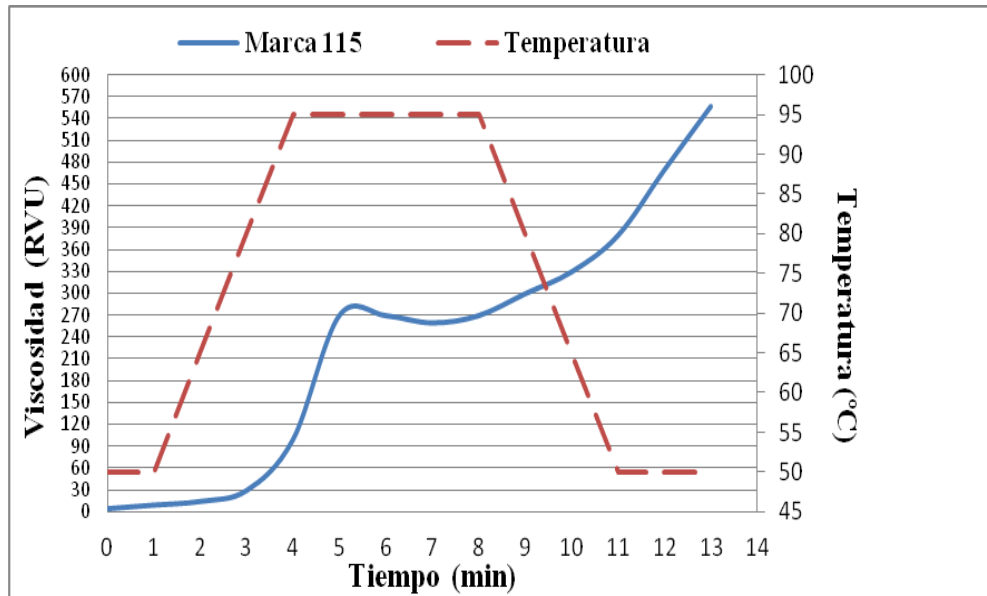


Figura 21. Curva amilográfica para la harina de maíz precocida de la marca comercial 115.

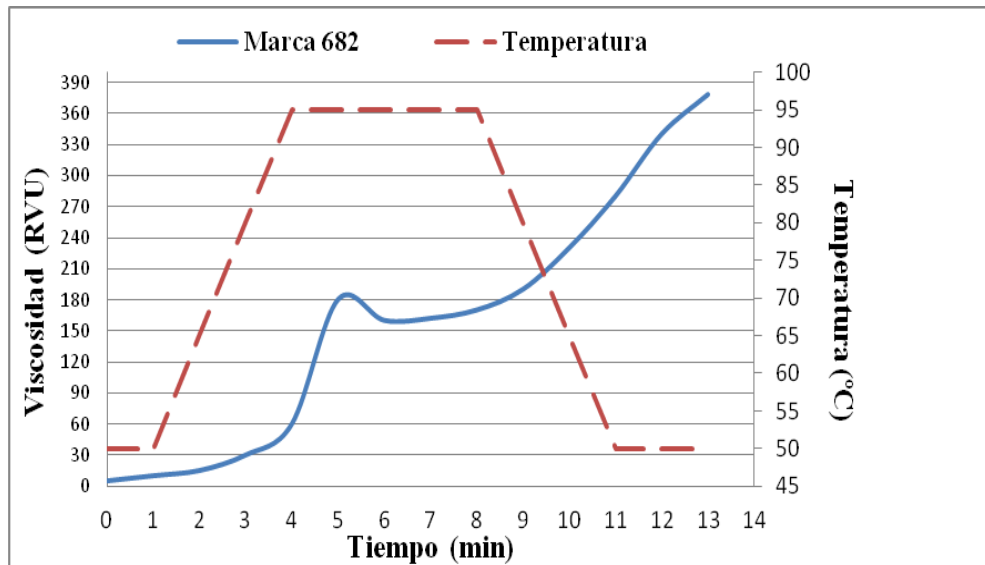


Figura 22. Curva amilográfica para la harina de maíz integral precocida de la marca comercial 682.

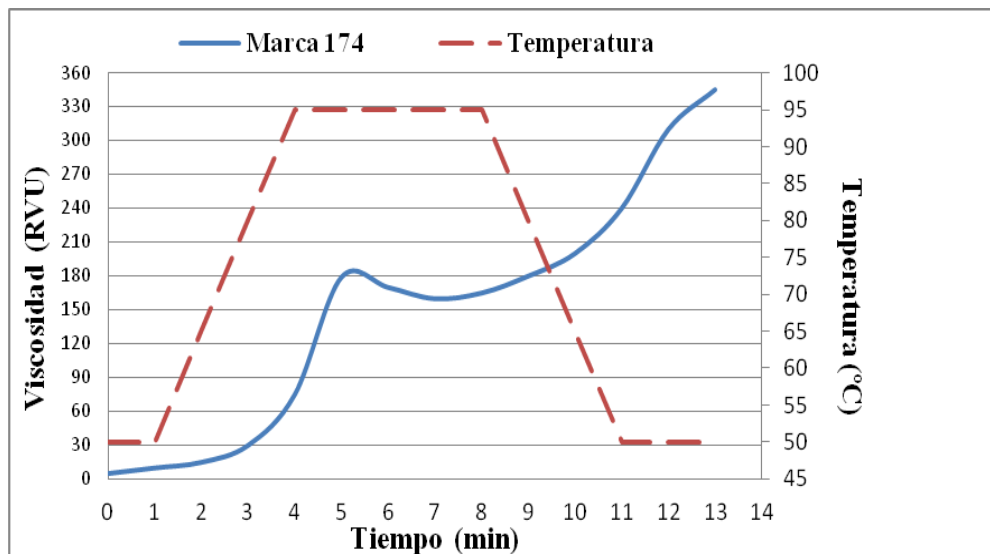


Figura 23. Curva amilográfica para la harina de maíz integral precocida de la marca comercial 174.

3.3.- *Expansión y separación de agua.*

La expansión es una propiedad que se fundamenta en la capacidad de absorción de agua y formación de masa de las harinas precocidas o pregelatinizadas, provocando el incremento en la viscosidad y la consistencia. La consistencia se manifiesta por la mayor resistencia de la masa a expandirse, al ser liberada del recipiente que la contiene; bajo proporciones fijas de mezclado de harina y agua, el diámetro de expansión de la masa es inversamente proporcional al grado de gelatinización de la harina en un tiempo determinado. (COVENIN 2135, 1996).

La separación de agua o sinéresis que puede experimentar un gel, sucede generalmente en masas formadas por harinas que contienen altas proporciones de amilosa, generando geles opacos y firmes, con mayor tendencia a la retrogradación. Los materiales más crudos, es decir, con menor grado de precocción, generan una mayor separación de agua, debido a su menor capacidad para la retención de agua. (Egui, 1996)

En cuanto a los valores de expansión y separación, determinados para las harinas en estudio (Cuadro 19), se puede apreciar que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre muestras. Sin embargo, solo las marcas 293, 360, 812 y 174 de harinas de maíz e integrales precocidas, con valores de expansión de 8,35; 5,95; 6,72 y 6,64 cm., respectivamente, cumplen con lo señalado por la norma COVENIN 2135 (1996), que establece un máximo de 8,50 cm. de expansión.

En cambio, las harinas 728, 502, 952, 436, 115 y 682, reportan valores de expansión superiores a 8,50 cm., lo cual es indicativo de su menor grado de precocción, y por consiguiente, de la menor resistencia de la masa a expandirse. Este comportamiento se confirma con los resultados obtenidos para el índice de separación de agua, que fueron superiores en las harinas con el mayor grado de expansión, indicativo entonces de la menor capacidad de estas harinas de retener el agua en el proceso de formación de la masa.

Cuadro 19. Expansión y separación de agua de las diversas marcas comerciales de harinas precocidas

Producto	Marca	Expansión (cm)	Separación (mm)
Harina de maíz precocida	293	8,35±0,00 ^a	14,12±0,00 ^a
	728	9,55±1,06 ^a	17,75±3,18 ^a
	502	9,18±0,05 ^a	14,69±2,57 ^a
	360	5,95±1,79 ^a	12,73±4,98 ^a
	952	10,92±0,57 ^a	18,94±9,45 ^a
	436	9,45±0,62 ^a	12,74±7,67 ^a
	812	6,72±0,47 ^a	7,64±3,34 ^a
	115	9,84±2,84 ^a	10,90±5,52 ^a
Harina de maíz integral precocida	682	10,09±1,54 ^A	6,65±2,05 ^A
	174	6,64±0,30 ^A	5,16±1,19 ^A

a-b: Letras minúsculas iguales en una misma columna, indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras ($p < 0,05$)

A: Letras mayúsculas iguales en una misma columna, indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras ($p < 0,05$)

3.4.- Textura.

Según Anzaldúa (1994) y Chen y Linus (2013), la textura se define como todos los atributos reológicos y estructurales de un producto alimenticio, que pueden ser percibidos por los sentidos del tacto, vista, oído, y que se manifiesta cuando el alimento sufre deformación. Por su parte, Bourne (1982) señala que la textura es el grupo de características físicas que surgen de los elementos estructurales de los alimentos, que se detectan principalmente por la sensación del tacto y que están relacionados con la deformación, la desintegración y el flujo de los alimentos bajo una fuerza; se miden objetivamente por funciones de masa, tiempo y longitud.

Al ser la textura una característica sensorial como el sabor y olor, el ser humano es el mejor juez; no obstante también se puede evaluar haciendo uso de técnicas instrumentales, químicas y microscopía (Mejías, 2003).

Existen un gran número de equipos desarrollados para "medir" instrumentalmente la textura, la mayoría de ellos muy populares y de amplio uso en la industria alimentaria. Esta situación responde a que, en muchas ocasiones, para controlar industrialmente la textura de un producto, se considera suficiente evaluar un atributo, sobre todo cuando éste predomina sobre el resto en la sensación final de textura (dureza en los guisantes, crujibilidad en las galletas o viscosidad en los alimentos líquidos). En muchos casos, y para un gran número de alimentos, el atributo de textura predominante está bien definido y su control instrumental se resuelve seleccionando la variable mecánica responsable de la sensación; en otros, el predominio de un atributo no está tan claro y antes de seleccionar el método instrumental hay que determinar qué atributo o atributos influyen más en su textura (Costell, 2002)

Cabe destacar, que estudios realizados por Egui (1996) y Vergara (2012) afirman que a medida que aumenta el grado de precocción de la harina, los valores de dureza y adhesividad de la masa aumentan linealmente, determinando el comportamiento y las características de textura de las masas.

3.4.1- Textura en masa.

En el Cuadro 20 se muestran los valores de consistencia, fuerza máxima de adhesividad y adhesividad de las masas elaboradas con las diferentes harinas precocidas en estudio, observándose que existen diferencias estadísticamente significativas en cada uno de los parámetros evaluados.

En lo que respecta a la consistencia y a la adhesividad, se observa que los valores más altos se obtuvieron en la masa elaborada a partir de la harina de maíz precocida de la marca 812 (92,72 y 48,60 g., respectivamente), mientras que las marcas 502 y 952 fueron las que reportaron los valores más bajos (de 33,41 y 20,88 g. para consistencia, y de 2,89 y 0,92 g. para adhesividad), siendo entonces masas de consistencia más suave y menos adhesivas. Las harinas de maíz integral precocidas no presentaron diferencias significativas entre ellas.

Cuadro 20. Textura instrumental de las masas obtenidas a partir de las diversas marcas comerciales de harina de maíz e integrales precocidas.

Producto	Marca	Consistencia (g)	Fuerza máx. de adhesividad (g)	Adhesividad (g.min)
Harina de maíz precocida	293	51,83 ± 9,72 ^{ab}	9,02 ± 0,02 ^{ab}	15,01 ± 0,62 ^{ab}
	728	35,52 ± 18,45 ^{ab}	5,74 ± 2,16 ^{ab}	4,79 ± 4,48 ^b
	502	33,41 ± 5,55 ^b	5,36 ± 0,42 ^{ab}	2,89 ± 2,94 ^b
	360	61,99 ± 12,77 ^{ab}	9,35 ± 2,58 ^{ab}	13,86 ± 2,84 ^{ab}
	952	20,88 ± 0,86 ^b	3,06 ± 2,19 ^b	0,92 ± 1,04 ^b
	436	36,85 ± 4,79 ^{ab}	7,32 ± 0,05 ^{ab}	10,34 ± 3,32 ^{ab}
	812	92,72 ± 4,79 ^a	21,97 ± 4,55 ^a	48,60 ± 12,26 ^a
	115	59,68 ± 34,56 ^{ab}	13,44 ± 11,14 ^{ab}	18,47 ± 25,38 ^{ab}
Harina de maíz integral precocida	682	65,05 ± 25,28 ^A	13,48 ± 7,95 ^A	29,54 ± 24,38 ^A
	174	81,35 ± 2,41 ^A	15,89 ± 3,64 ^A	29,81 ± 4,19 ^A

a-b: Letras minúsculas iguales en una misma columna, indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras ($p < 0,05$)

A: Letras mayúsculas iguales en una misma columna, indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras ($p < 0,05$)

La marca de harina de maíz precocida 812 tiene la consistencia y adhesividad óptimas, ya que estudios realizados por Egui (1996), indican que harinas con mediano grado de cocción (viscosidad entre 110-180 RVU y expansión entre 5,5- 6,5 cm) generan masas de textura suave, con poca aspereza, ligeramente adhesivas y fáciles de moldear; contrario a las harinas con bajo grado de cocción (viscosidad <110 RVU y expansión > 7 cm), que producen masas más suaves, menos adhesivas pero también más ásperas.

3.4.2- Textura en arepa

El análisis de perfil de textura en arepa determina una variedad de parámetros, tales como: dureza de la concha (externa), fuerza máxima de adhesividad (adhesividad), dureza de la masa interna, cohesividad, elasticidad, gomosidad, masticabilidad y resiliencia. En los Cuadros 21 y 22 se presentan los resultados obtenidos para cada marca de harina de maíz precocida.

Cuadro 21. Resultados del análisis de textura instrumental en las arepas obtenidas a partir de las diversas marcas comerciales, según su tiempo de reposo

Marca	Tiempo de Reposo	Dureza Concha (g)	Fuerza máx. adhesividad 2	Dureza masa (g)	Fuerza máx. adhesividad 1
293	0 h	263,95± 36,30 ^a	-69,66± 2,12 ^a	161,28± 0,97 ^a	-61,95± 12,83 ^a
728		250,90± 11,36 ^a	-89,67± 8,58 ^a	156,52± 4,93 ^a	-81,58± 10,45 ^a
502		327,19± 21,99 ^a	-104,33± 6,90 ^a	166,91± 16,89 ^a	-93,47± 7,32 ^a
360		262,20± 32,74 ^a	-81,07± 2,93 ^a	138,39± 7,27 ^a	-74,07± 8,35 ^a
952		326,40± 57,04 ^a	-98,22± 4,34 ^a	185,02± 12,02 ^a	-96,61± 7,53 ^a
436		304,26± 39,20 ^a	-91,77± 11,20 ^a	148,31± 17,65 ^a	-78,98± 5,32 ^a
812		229,06± 22,06 ^a	-88,19± 1,74 ^a	130,38± 10,39 ^a	-83,96± 7,60 ^a
115		253,32± 46,02 ^a	-72,30± 20,62 ^a	148,74± 34,26 ^a	-65,99± 19,38 ^a
682		226,51± 21,85 ^A	-61,61± 0,80 ^A	144,48± 34,79 ^A	-51,31± 4,28 ^A
174		223,81± 9,82 ^A	-67,11± 23,40 ^A	106,58± 23,35 ^A	-58,10± 21,64 ^A
293	2 h	1164,50 ± 46,48 ^{ab}	-176,11± 3,25 ^a	703,70 ± 25,07 ^a	-158,09± 3,11 ^a
728		1140,60 ± 188,70 ^{ab}	-120,77± 11,48 ^a	703,58 ± 37,35 ^a	-84,11± 25,74 ^a
502		1143,90 ± 28,45 ^{ab}	-140,59± 35,01 ^a	639,36 ± 2,65 ^a	-106,81± 23,76 ^a
360		1096,90 ± 79,26 ^b	-127,48± 56,57 ^a	566,71 ± 47,09 ^a	-105,32± 48,72 ^a
952		1591,60 ± 202,34 ^a	-185,58± 109,94 ^a	706,36 ± 100,16 ^a	-148,39± 111,31 ^a
436		1366,70 ± 157,71 ^{ab}	-195,88± 54,38 ^a	714,89 ± 100,61 ^a	-155,47± 48,52 ^a
812		1207,90 ± 64,40 ^{ab}	-205,99± 6,57 ^a	629,13 ± 69,80 ^a	-188,70± 3,50 ^a
115		1274,00± 134,74 ^{ab}	-149,47± 82,00 ^a	659,26 ± 5,93 ^a	-125,77± 102,52 ^a
682		962,20 ± 0,43 ^A	-130,61± 59,38 ^A	620,63 ± 85,90 ^A	-114,68± 54,75 ^A
174		1070,80 ± 58,89 ^A	-182,37± 45,89 ^A	631,79 ± 4,66 ^A	-169,86± 44,94 ^A
293	4 h	1338,80± 35,12 ^a	-201,27± 35,56 ^a	714,80± 103,24 ^a	-191,93± 36,69 ^a
728		1507,10± 163,41 ^a	-221,84± 22,85 ^a	955,21± 56,70 ^a	-200,20± 16,43 ^a
502		1388,90± 205,90 ^a	-199,44± 36,35 ^a	715,88± 197,52 ^a	-168,06± 26,03 ^a
360		1387,80± 257,76 ^a	-220,17± 31,21 ^a	792,74± 70,27 ^a	-201,89± 32,10 ^a
952		1920,90± 223,94 ^a	-256,21± 114,27 ^a	973,40± 126,04 ^a	-221,84± 99,34 ^a
436		1569,00± 46,36 ^a	-213,73± 84,33 ^a	773,21± 34,93 ^a	-181,87± 70,02 ^a
812		1341,60± 33,53 ^a	-247,70± 21,32 ^a	752,97± 14,79 ^a	-235,36± 19,51 ^a
115		1401,50± 215,29 ^a	-208,12± 15,58 ^a	837,49± 101,44 ^a	-191,31± 35,98 ^a
682		1156,70± 8,85 ^A	-176,25± 24,88 ^A	752,13± 75,52 ^A	-159,14± 22,07 ^A
174		1138,30± 9,22 ^A	-193,03± 45,47 ^A	673,35± 13,06 ^A	-182,03± 61,82 ^A
293	24 h	3800,80 ± 427,06 ^a	-448,63± 159,02 ^a	2502,1± 11,55 ^a	-296,92 ± 406,33 ^a
728		3281,60± 292,25 ^a	-190,37± 269,22 ^a	1790,80 ± 352,81 ^a	-8,93 ± 12,63 ^a
502		3047,80 ± 660,96 ^a	0,00± 0,00 ^a	1791,80± 354,26 ^a	0,00 ± 0,00 ^a
360		3080,50± 273,02 ^a	-313,54± 79,54 ^a	2048,00± 279,94 ^a	-324,80 ± 120,63 ^a
952		3506,60 ± 161,64 ^a	-406,41± 574,75 ^a	1958,00± 136,37 ^a	-365,69 ± 517,17 ^a
436		3786,10 ± 713,88 ^a	-572,07± 39,49 ^a	2379,60± 486,41 ^a	-499,11± 1,30 ^a
812		3088,40 ± 482,96 ^a	-556,83± 25,81 ^a	1727,30± 19,19 ^a	-439,19 ± 73,74 ^a
115		3610,80± 594,98 ^a	-59,660± 84,37 ^a	1236,70± 1345,75 ^a	-371,74 ± 525,72 ^a
682		2536,80 ± 317,35 ^A	-275,40± 89,88 ^A	1593,40± 22,13 ^A	-432,51 ± 55,64 ^A
174		2985,20± 168,85 ^A	-518,65± 84,12 ^A	2158,50± 107,29 ^A	-464,96 ± 171,21 ^A

a-b : Letras minúsculas iguales en una misma columna, indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras ($p < 0,05$). Para las muestras: 728, 502, 952, 360, 115, 293, 812, 436 harinas de maíz precocidas

A: Letras mayúsculas iguales en una misma columna, indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras ($p < 0,05$). Para las muestras: 682 y 174 harinas integrales de maíz precocidas.

Desviaciones altas en los análisis debido a la alta diferencia entre lotes de cada marca. Es decir variabilidad del proceso de cada empresa fabricante de harina de maíz precocida.

Cuadro 22. Resultados del análisis de textura instrumental en las arepas obtenidas a partir de las diversas marcas comerciales, según su tiempo de reposo

Marca	Tiempo de Reposo	Cohesividad	Elasticidad	Gomosidad (g)	Masticabilidad (g)	Resilencia
293	0 h	0,39 ± 0,00 ^a	1,59 ± 0,38 ^a	103,01 ± 13,24 ^{ab}	161,75 ± 17,46 ^a	1,47 ± 0,46 ^a
728		0,40 ± 0,01 ^a	1,79 ± 0,02 ^a	101,03 ± 2,13 ^{ab}	180,84 ± 2,61 ^a	1,82 ± 0,16 ^a
502		0,38 ± 0,00 ^a	1,97 ± 0,00 ^a	123,41 ± 9,51 ^{ab}	243,10 ± 14,95 ^a	1,65 ± 0,26 ^a
360		0,38 ± 0,02 ^a	1,86 ± 0,08 ^a	99,62 ± 7,38 ^b	183,73 ± 20,03 ^a	1,65 ± 0,00 ^a
952		0,44 ± 0,09 ^a	1,93 ± 0,21 ^a	141,25 ± 2,70 ^a	274,51 ± 35,89 ^a	1,70 ± 0,25 ^a
436		0,36 ± 0,01 ^a	1,95 ± 0,16 ^a	109,51 ± 11,92 ^{ab}	216,29 ± 46,38 ^a	1,77 ± 0,11 ^a
812		0,41 ± 0,04 ^a	2,01 ± 0,45 ^a	93,86 ± 0,06 ^b	191,14 ± 42,30 ^a	1,68 ± 0,54 ^a
115		0,41 ± 0,01 ^a	2,54 ± 0,33 ^a	104,31 ± 17,15 ^{ab}	262,47 ± 8,15 ^a	1,99 ± 0,16 ^a
682		0,37 ± 0,05 ^A	1,62 ± 0,04 ^A	83,28 ± 3,61 ^A	135,57 ± 1,19 ^A	1,45 ± 0,17 ^A
174		0,34 ± 0,08 ^A	1,56 ± 0,39 ^A	75,67 ± 15,07 ^A	135,07 ± 34,86 ^A	1,55 ± 0,11 ^A
293	2 h	0,39 ± 0,00 ^a	1,40 ± 0,08 ^a	455,06 ± 23,40 ^a	639,95 ± 2,09 ^a	1,20 ± 0,11 ^a
728		0,38 ± 0,00 ^a	1,22 ± 0,28 ^a	435,73 ± 67,11 ^a	522,10 ± 39,33 ^a	0,91 ± 0,54 ^a
502		0,36 ± 0,04 ^a	1,15 ± 0,16 ^a	413,07 ± 34,11 ^a	478,66 ± 103,61 ^a	0,77 ± 0,22 ^a
360		0,37 ± 0,01 ^a	1,31 ± 0,04 ^a	415,12 ± 37,83 ^a	542,94 ± 34,05 ^a	0,93 ± 0,04 ^a
952		0,35 ± 0,05 ^a	1,14 ± 0,14 ^a	561,02 ± 6,91 ^a	641,62 ± 84,04 ^a	0,71 ± 0,09 ^a
436		0,34 ± 0,03 ^a	1,23 ± 0,16 ^a	456,06 ± 14,77 ^a	558,63 ± 54,03 ^a	0,79 ± 0,04 ^a
812		0,37 ± 0,00 ^a	1,27 ± 0,09 ^a	452,06 ± 23,59 ^a	576,75 ± 68,85 ^a	0,77 ± 0,17 ^a
115		0,36 0,00 ± ^a	1,30 ± 0,04 ^a	461,14 ± 46,63 ^a	601,22 ± 39,16 ^a	0,74 ± 0,17 ^a
682		0,39 ± 0,01 ^A	1,49 ± 0,06 ^A	375,81 ± 7,55 ^A	563,36 ± 36,37 ^A	1,36 ± 0,30 ^A
174		0,39 ± 0,00 ^A	1,40 ± 0,01 ^A	419,52 ± 23,44 ^A	590,70 ± 36,49 ^A	1,16 ± 0,03 ^A
293	4 h	0,39 ± 0,00 ^a	1,29 ± 0,12 ^a	528,44 ± 9,68 ^a	683,26 ± 48,06 ^a	0,98 ± 0,09 ^a
728		0,39 ± 0,01 ^a	1,36 ± 0,24 ^a	587,20 ± 49,27 ^a	796,84 ± 72,06 ^a	1,11 ± 0,46 ^a
502		0,37 ± 0,01 ^a	1,21 ± 0,08 ^a	511,55 ± 90,78 ^a	614,41 ± 64,74 ^a	0,90 ± 0,17 ^a
360		0,39 ± 0,03 ^a	1,49 ± 0,33 ^a	543,81 ± 60,23 ^a	800,19 ± 91,83 ^a	1,24 ± 0,65 ^a
952		0,37 ± 0,04 ^a	1,13 ± 0,20 ^a	712,00 ± 3,78 ^a	808,53 ± 149,91 ^a	0,72 ± 0,12 ^a
436		0,36 ± 0,01 ^a	1,26 ± 0,02 ^a	569,39 ± 28,81 ^a	719,08 ± 27,47 ^a	0,90 ± 0,12 ^a
812		0,40 ± 0,02 ^a	1,30 ± 0,06 ^a	536,62 ± 15,75 ^a	700,75 ± 52,62 ^a	0,82 ± 0,11 ^a
115		0,38 ± 0,00 ^a	1,35 ± 0,26 ^a	534,57 ± 86,21 ^a	713,55 ± 19,90 ^a	0,94 ± 0,35 ^a
682		0,40 ± 0,00 ^A	1,67 ± 0,10 ^A	468,13 ± 0,94 ^A	783,74 ± 44,20 ^A	1,69 ± 0,22 ^A
174		0,40 ± 0,01 ^A	1,48 ± 0,18 ^A	456,84 ± 14,44 ^A	674,25 ± 62,68 ^A	1,33 ± 0,39 ^A
293	24 h	0,41 ± 0,00 ^a	1,25 ± 0,07 ^a	1582,30 ± 166,42 ^a	1981,60 ± 106,84 ^a	0,87 ± 0,00 ^a
728		0,41 ± 0,01 ^a	1,32 ± 0,33 ^a	1349,20 ± 165,30 ^a	1767,00 ± 238,76 ^a	1,01 ± 0,26 ^a
502		0,39 ± 0,04 ^a	1,31 ± 0,24 ^a	1215,30 ± 397,26 ^a	1547,70 ± 231,35 ^a	1,26 ± 0,52 ^a
360		0,41 ± 0,04 ^a	1,61 ± 0,07 ^a	1267,30 ± 1,30 ^a	2047,60 ± 92,17 ^a	1,32 ± 0,00 ^a
952		0,41 ± 0,02 ^a	1,83 ± 0,37 ^a	1447,30 ± 26,06 ^a	2653,00 ± 574,81 ^a	1,13 ± 0,03 ^a
436		0,40 ± 0,02 ^a	1,55 ± 0,18 ^a	1497,90 ± 222,58 ^a	2315,30 ± 78,80 ^a	1,21 ± 0,22 ^a
812		0,43 ± 0,01 ^a	1,46 ± 0,02 ^a	1346,20 ± 176,03 ^a	1972,40 ± 285,46 ^a	1,19 ± 0,04 ^a
115		0,26 ± 0,27 ^a	1,18 ± 1,21 ^a	1019,10 ± 1120,60 ^a	2029,40 ± 2345,79 ^a	1,11 ± 0,15 ^a
682		0,43 ± 0,02 ^A	1,60 ± 0,04 ^A	1089,20 ± 197,40 ^A	1767,80 ± 386,93 ^A	1,43 ± 0,02 ^A
174		0,41 ± 0,01 ^A	1,19 ± 0,34 ^A	1245,90 ± 99,58 ^A	1502,30 ± 542,98 ^A	0,86 ± 0,67 ^A

a-b : Letras minúsculas iguales en una misma columna, indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras ($p < 0,05$). Para las muestras: 728, 502, 952, 360, 115, 293, 812, 436 harinas de maíz precocidas

A: Letras mayúsculas iguales en una misma columna, indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras ($p < 0,05$). Para las muestras: 682 y 174 harinas integrales de maíz precocidas.

Desviaciones altas en los análisis debido a la alta diferencia entre lotes de cada marca. Es decir variabilidad del proceso de cada empresa fabricante de harina de maíz precocida.

En atención a los resultados obtenidos (Cuadros 21 y 22), para un tiempo de reposo igual a 0 horas (recién culminado el proceso de cocción), se puede apreciar que solo existen diferencias significativas para la gomosidad, ya que entre las arepas de maíz precocidas, las marcas 360 y 812 fueron las que reportaron los valores más bajos (99,62 y 93,86 g, respectivamente); mientras que la arepa 952 fue la que mostró el valor más alto (141,25 g.). Por lo tanto, considerando que la gomosidad es la energía requerida para desintegrar un alimento, se puede inferir que la marca 952 no presenta una buena absorción de agua, por lo que necesita mayor esfuerzo mecánico para reducir el producto en la boca.

En cambio, para un tiempo de reposo igual a 2 horas, solo para el parámetro “dureza de la concha” se observaron diferencias significativas, y específicamente entre las arepas de harina de maíz precocida de las marcas 952 y 360 (1591,60 y 1096,90 g., respectivamente). Los resultados obtenidos indican que se requiere más fuerza en los dientes molares para deformar la arepa 952; mientras que la concha de la 360 es más suave, y por lo tanto requiere de menor fuerza para deformar la arepa. Este comportamiento pudiera atribuirse al hecho de que la harina 360 tiene menor grado de precocción, lo que se traduce en una masa de consistencia más blanda, que absorbe menos agua y que requiere de más harina para su preparación.

Cabe destacar, que a las 4 y 24 horas de tiempo de reposo, no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre las arepas obtenidas a partir de las harinas de maíz precocida y de las harinas de maíz integral, en ninguno de los parámetros evaluados.

En otros estudios Vivas (2009), evaluó la textura después de la cocción en arepas de maíz enteras, así como en su cubierta externa y en su miga, determinando los parámetros dureza, adhesividad, cohesividad, gomosidad, elasticidad y masticabilidad (155,96g.; -1,04g.; 0,80 g.; 126,86g.; 4,89g. y 609,38g., respectivamente); mientras que Torres y Guerra (2003), al evaluar la textura de arepas provenientes de una marca comercial de harina de maíz precocida, obtuvieron valores de 2390 y 540 g. para los parámetros dureza y masticabilidad.

Las diferencias existentes pueden explicarse por la proporción harina:agua, el tiempo de cocción, los tiempos de reposo, los parámetros iniciales del ensayo (altura, cabezal del texturómetro) la viscosidad de la harina, composición proximal, entre otros (Vergara, 2012).

4.- Estudio de la tendencia en el comportamiento de los parámetros sensoriales de las distintas marcas comerciales de harinas, de sus masas y productos terminados tipo “arepas”.

El análisis sensorial es una herramienta imprescindible para obtener información sobre algunos aspectos de la calidad de los alimentos, a los que no se puede tener acceso con otras técnicas analíticas (Costell, 2003).

Hernández (2005), señala que por ser los jueces la herramienta utilizada en la evaluación de la calidad sensorial de los alimentos, se debe contar con panelistas debidamente entrenados y capaces de elaborar, perfeccionar y utilizar procedimientos de evaluación sensorial.

Estudios realizados por Montero (2015), en el entrenamiento de panelistas para la evaluación sensorial de harinas, masas y arepas, aseguran la validación del panel con un desempeño satisfactorio del mismo en lo que respecta a su poder discriminativo, exactitud, precisión y consistencia o reproducibilidad de sus respuestas.

4.1.- *Parámetros sensoriales de las distintas marcas comerciales de harinas.*

Los resultados obtenidos para la evaluación sensorial de las ocho marcas comerciales de harina de maíz precocidas se presentan en las Figura 24 y 25; mientras que la evaluación realizada a las harinas integrales precocidas se muestra en la Figura 26, donde se observa la tendencia en el comportamiento de los siguientes atributos sensoriales:

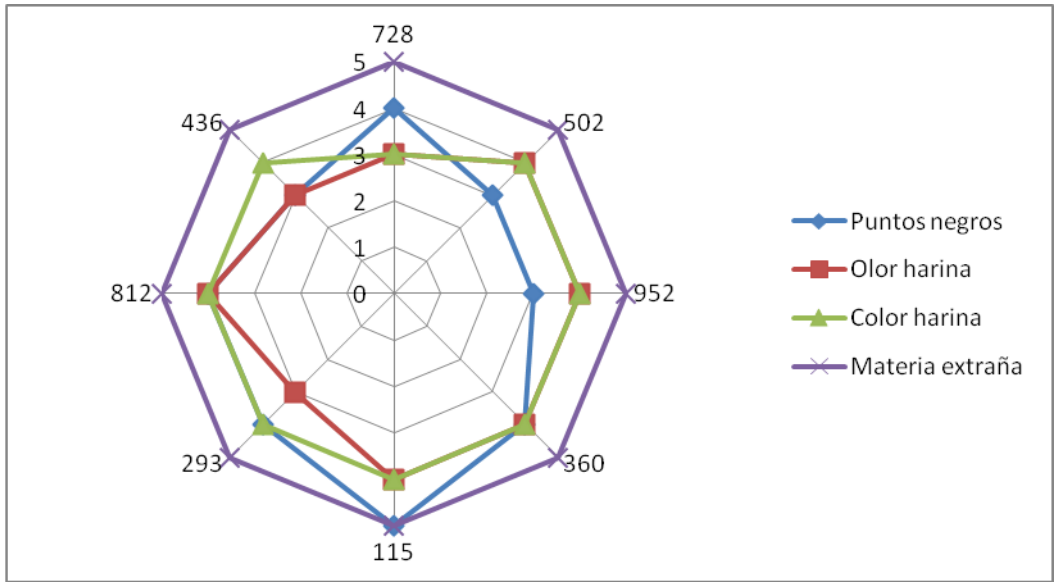


Figura 24. Tendencia radial de los atributos sensoriales en harinas de maíz precocida

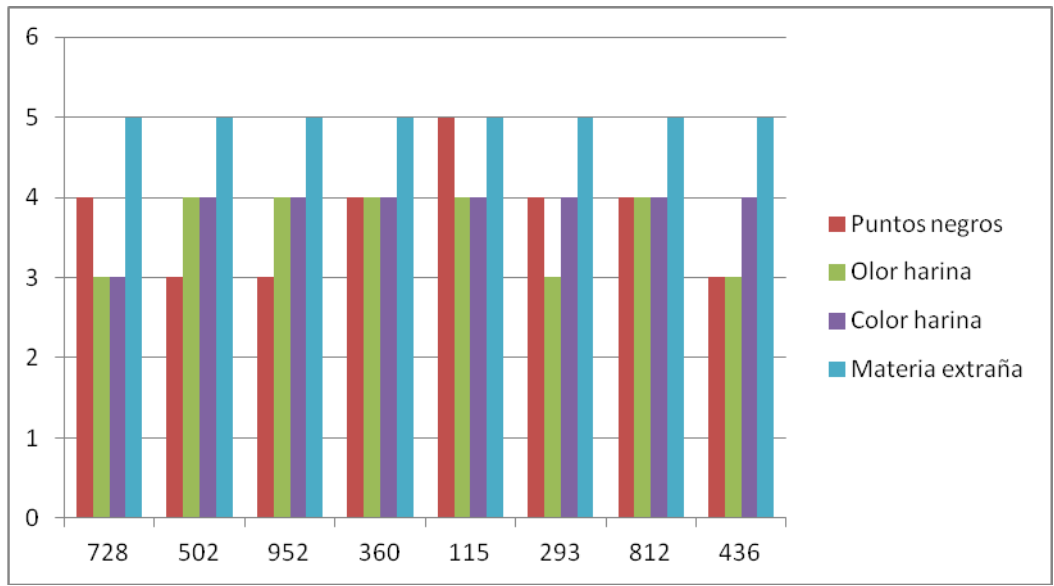


Figura 25. Tendencia de los atributos sensoriales en harinas de maíz precocida

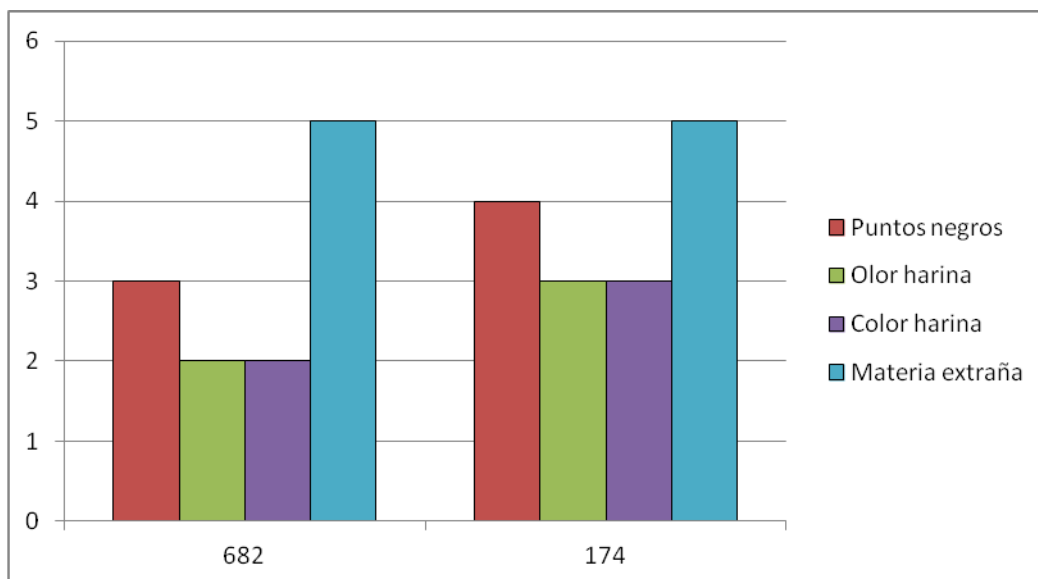


Figura 26. Tendencia de los atributos sensoriales en harinas de maíz integral precocida

4.1.1.- *Puntos negros.*

Los valores obtenidos en la evaluación revelan que las muestras de harina de maíz precocidas (Figura 24 y 25) e integrales (Figura 26) presentan de “muy pocos” a “moderados” puntos negros y concha, siendo la marca 115 la que cuenta con la clasificación más aceptable en cuanto a este atributo, con una puntuación igual a 5, que se refiere a muy pocos puntos oscuros y concha. Por su parte, las marcas 812, 728, 360 y 293 fueron calificadas con un valor de 4, es decir, pocos puntos negros y concha; mientras que las harinas 436, 502 y 952 el panelista las clasificó con una valoración de 3 (moderada cantidad de puntos oscuros y concha). En lo que respecta a las harinas de maíz integrales, la 174 fue evaluada con pocos puntos negros y concha (puntuación igual a 4), mientras que la 682 tiene una moderada cantidad de ellos.

4.1.2.- *Color y Olor.*

En cuanto al atributo color, las marcas de harina de maíz precocida 115, 360, 952, 502, 812, 436 y 293 fueron calificadas con un valor de 4, lo que se refleja como amarillo leve en

la harina, característico de las variedades del maíz comercial, mientras que la 728 presentó un valor de 3 (muy blanco), lo que se considera desviaciones del color característico de la harina.

En lo que respecta al olor, las marcas 115, 360, 952, 502 y 812 cuentan con una puntuación de 4, es decir, son harinas con excelentes descriptores de olor a maíz fresco, mientras que las marcas 728, 436 y 293 presentan una calificación de 3, que es el límite mínimo de aceptación, con olor a almacenado, húmedo o leves notas a quemado.

En las harinas de maíz integral precocidas, la marca 174 fue mejor calificada para color y olor, con valores iguales a 3, es decir, presenta un color amarillo moderado y olor a maíz almacenado, húmedo o con leves notas a quemado; mientras que la marca 682 obtuvo una puntuación de 2, presentándose entonces de color oscuro, con tonos amarillos y olor objetable como el de maíz quemado, viejo o con largos períodos de almacenamiento, así como olor a insectos u otros olores desagradables. Estas características se atribuyen a harinas con un mayor contenido de grasa, por lo que se presume un ligero enranciamiento del producto.

4.1.3.- *Materia extraña.*

Ninguna de las muestras comerciales de harina evaluadas contiene la presencia de materias extrañas (palitos, piedras, tusa), por lo tanto todas fueron calificadas con la puntuación de 5, es decir, exentas de suciedad.

En líneas generales, las harinas 812, 115 y 360 cumplen con las condiciones apropiadas de puntos negros, materia extraña, olor y color, clasificadas con puntuaciones de 4 y 5, lo que permite ubicarlas entre lo normal y lo óptimo. Las marcas 728, 502, 952, 293 y 436 fueron calificadas con valores de 3 y 4, es decir, son harinas normales y aceptables. Sin embargo, en las harinas integrales, destaca la marca 174 con escala 3 como aceptable, mientras que la 682 resulta como objetable, en base a que muchos atributos fueron calificados con una puntuación igual a 2.

4.2.- Parámetros sensoriales de las masas.

En las Figuras 27, 28 y 29, se presenta el comportamiento de los atributos sensoriales evaluados para las masas de harina de maíz e integral precocida, como lo son: formación de masa, consistencia final y aspereza.

4.2.1.- Formación de la masa.

En cuanto a este atributo, las masas obtenidas a partir de las marcas 812, 293 y 360 de harina de maíz precocida, y a partir de las dos marcas de harinas integrales, fueron calificadas como “aceptables”, con un puntaje igual a 4, es decir, que su formación es rápida (harina que al agregarle agua y amasar, forma la masa más rápido que lo normal, en 1 minuto o menos). En cambio, las marcas 115 y 436 se caracterizan por una formación de masa “lenta” (puntuación igual a 3), ya que se forma en 2 a 3 minutos, característico de una harina con un grado de precocción insuficiente.

Cabe destacar que las marcas comerciales con la formación de masa “muy lenta” fueron las 952, 502 y 728, calificadas por el panelista con una valoración de 2 (harina que no forma masa o que la forma en más de 3 minutos, característico de una harina cruda).

4.2.2.- Consistencia final de la masa.

Las harinas de maíz precocidas que obtuvieron la mejor calificación fueron aquellas clasificadas como “manejables” (con una escala de valoración igual a 4), fueron las provenientes de las marcas 812 y 293, es decir, que sus masas son suaves, moldeables y aptas para hacer arepas. Las harinas “poco manejables” (masa dura, difícil de moldear y que puede generar pocas grietas durante la formación de la arepa) fueron la 115 y 436 (con una escala de 3 puntos); mientras que las marcas 952, 502, 360 y 728 (con una calificación igual a 2 genera “masas duras”).

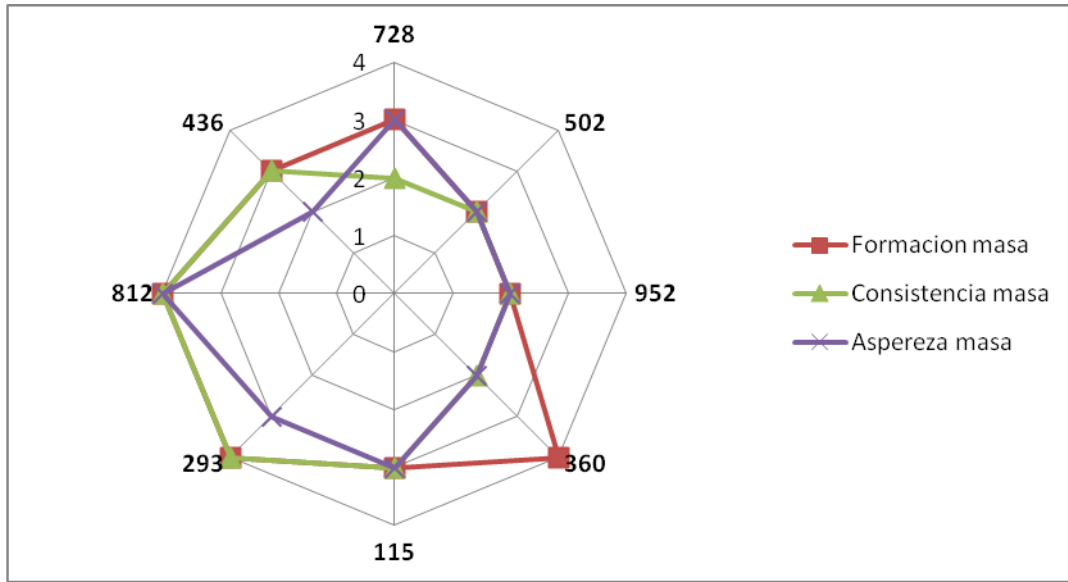


Figura 27. Tendencia radial de los atributos sensoriales en masas de harinas de maíz precocida

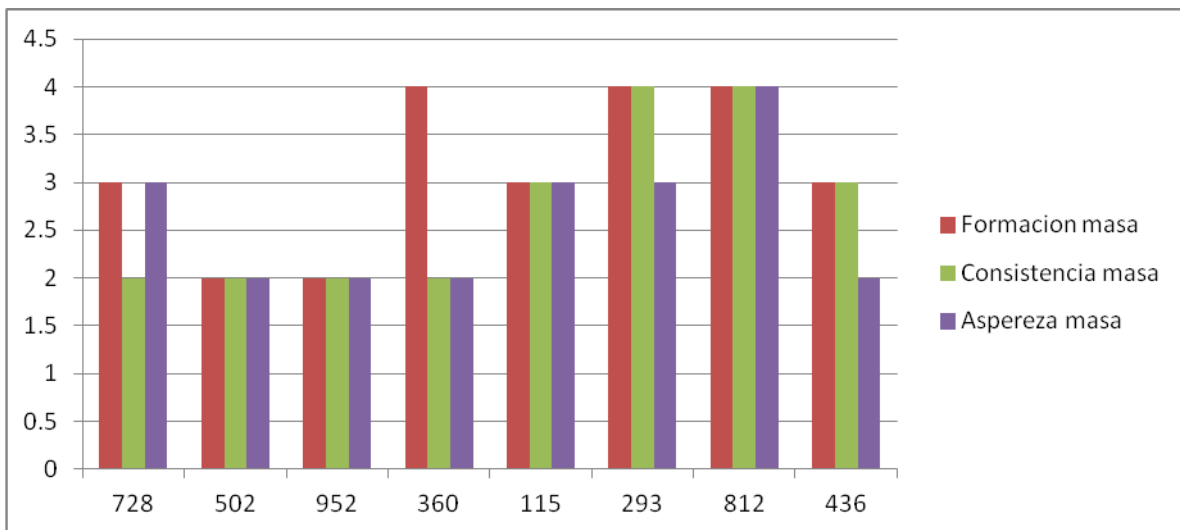


Figura 28. Tendencia de los atributos sensoriales en masas de harinas de maíz precocida

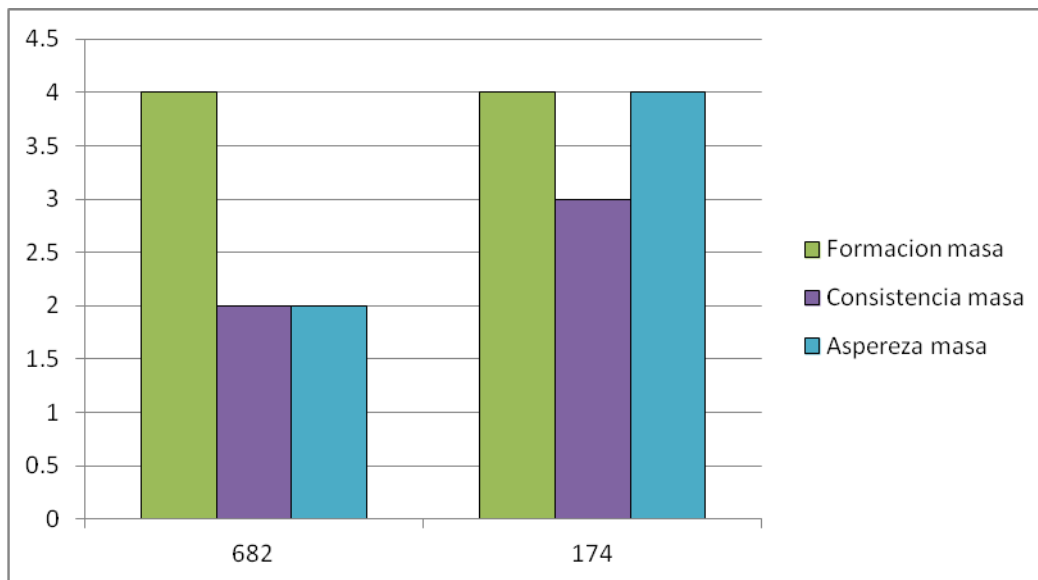


Figura 29. Tendencia de los atributos sensoriales en masas de harinas de maíz integral precocida.

En cuanto a las harinas de maíz integral precocida, la marca 682 obtuvo la denominación de “masa blanda” (con una puntuación igual a 2), esto se atribuye a su granulometría que al tener partículas más gruesas retardan la absorción de agua, obteniéndose una arepa con un mayor grado de resequedad, generando arepas duras, mientras que la marca 174, que fue calificada como “poco manejable” por ser calificada con una valoración de 3 puntos, de acuerdo al panel evaluador.

4.2.3.- *Aspereza de la masa.*

La marca de harina de maíz precocida que se caracteriza por presentar “poca aspereza” fue la 812, que al ser calificada con una puntuación igual a 4, indica que rinde una masa con granulosidad y arenosidad fina, que se percibe desde el segundo 20 y persiste hasta después del segundo 40; mientras que las marcas 293,115 y 728 tienen “moderada aspereza” (valoración igual a 3), formando masas granulosas que se perciben desde el segundo 20 y persisten hasta la formación del bolo de masa, sin afectar la calidad de la misma. Este comportamiento puede estar asociado con un mal acondicionamiento y fallas en el proceso

de precocción. No obstante, las marcas 952, 360, 502 y 436 poseen “aspereza” (escala 2), presentándose como masas granulosas, que se perciben desde el momento que se agrega el agua y persisten hasta la formación del bolo de masa sin desaparecer, afectando su calidad.

Para las harinas de maíz integral precocidas, la marca 682 obtuvo una valoración de 2 puntos, calificándose como “áspera”, debido a su granulometría más gruesa, mientras que la 174 es considerada “poco áspera”, por ser evaluada con una puntuación igual a 4.

Por lo tanto, de acuerdo a los atributos evaluados, se puede inferir que las harinas 812 y 293 cumplen con las condiciones para la correcta formación de las masas, ya que cuentan con la consistencia y grado de aspereza apropiados, seguidas de las marcas 115, 728, 436 y 360, calificadas como harinas aceptables.

Por su parte, en las harinas integrales destaca la 174, con atributos en las escalas de 3 y 4 puntos, lo que permite calificarla como aceptable y normal, mientras que la 682 es clasificada como objetable, por arrojar masas muy flojas y con mayor aspereza, debido a su granulometría más gruesa.

4.3.- Parámetros sensoriales de las arepas.

En las Figuras 30, 31 y 32, se presentan los resultados obtenidos para los atributos sensoriales: textura, aspecto, olor y sabor, evaluados en las arepas obtenidas a partir de las harinas de maíz e integrales precocidas.

4.3.1.- Textura en arepa.

A las arepas obtenidas a partir de las harinas 812, 115, 952, se les otorgó una calificación de 4 puntos, lo cual es “normal” para este atributo (arepa que no es crujiente, con un centro suave no pegajoso y fácil de masticar), mientras que las arepas 502, 293, 720 y 360 resultaron “aceptables”, con una valoración igual a 3 (arepa crujiente al punto de ejercer

resistencia leve al ser masticada, con un centro suave no pegajoso). Por el contrario, la arepa 436 resultó objetable, con una escala de 2, por presentarse como una arepa crujiente al punto

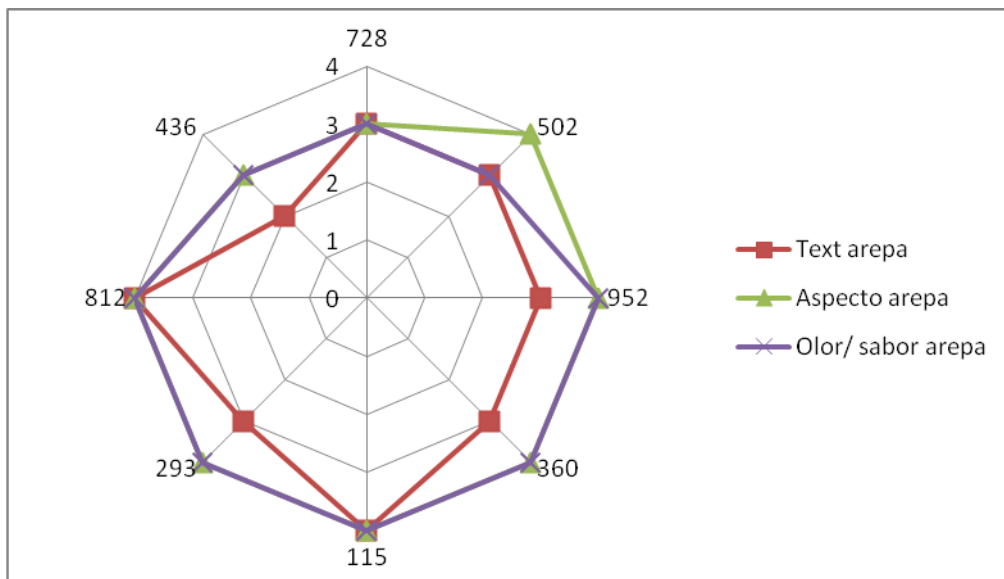


Figura 30. Tendencia radial de los atributos sensoriales en arepas de harinas de maíz precocida

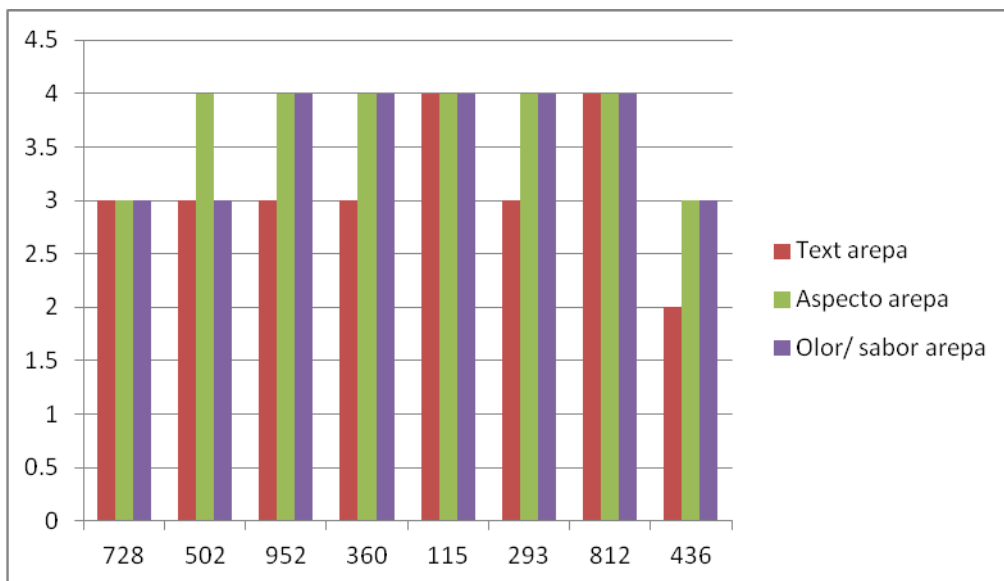


Figura 31. Tendencia de los atributos sensoriales en masas de harinas de maíz precocida

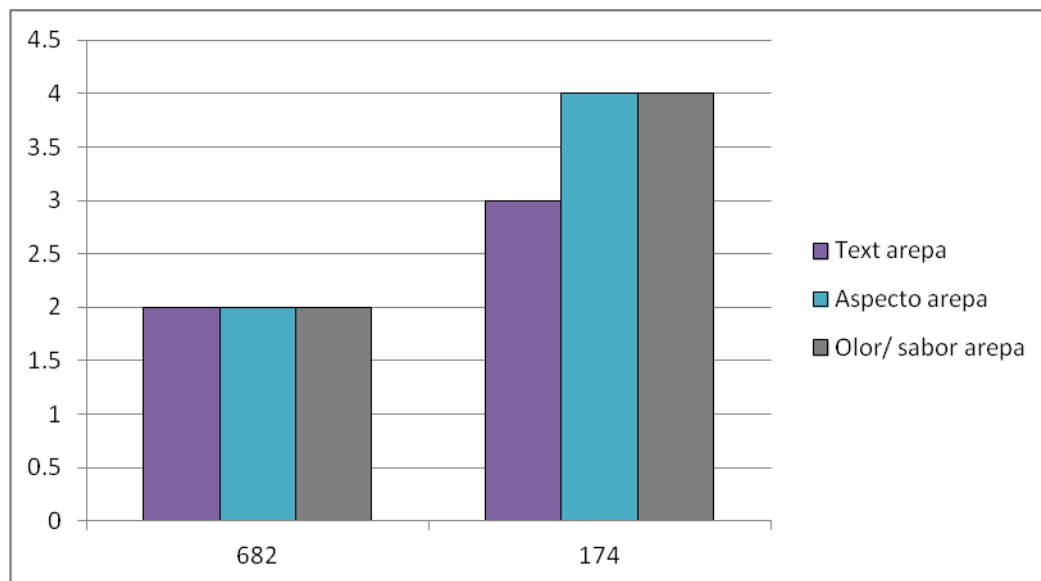


Figura 32. Tendencia de los atributos sensoriales en arepa elaboradas con harinas de maíz integral precocida

de ejercer resistencia moderada al ser masticada, con un centro seco y granuloso. Por su parte, las arepas de harina de maíz integral precocida fueron clasificadas como “aceptable” (marca 174) y “objetable” (marca 682).

4.3.2.- *Aspecto en arepa.*

Las arepas elaboradas con las harinas 812, 293, 115, 360, 952 y 502, fueron evaluadas con una puntuación igual a 4, lo cual es considerado “normal” (con un color blanco crema característico, suaves, que pueden presentar algunas grietas pequeñas); mientras que las arepas de las harinas 728 y 436 fueron catalogadas como “aceptables” (calificación de 3 puntos), es decir, con pocos defectos como grietas y deformaciones pequeñas, algo duras, con una superficie un poco reseca y de un color un poco amarillento por el enriquecimiento).

En cuanto a las arepas de harinas de maíz integral, éstas tienen diferentes clasificaciones, ya que la marca 174 obtuvo una valoración de 4 (aspecto característico, suave, de color blanco crema, con algunas grietas) y la 682 una calificación de 2, lo cual es “objetable” (arepas con defectos como grietas y deformaciones pronunciadas, duras, de color oscuro o gris).

4.3.3.- Olor y sabor en arepa.

Las arepas obtenidas a partir de las marcas 812, 293, 115, 360 y 952 obtuvieron una puntuación igual a 4 (con olor y sabor a maíz fresco), mientras que la 728, 502 y 436 fueron calificadas con una escala de 3 (con olor y sabor a maíz almacenado, húmedo o con leves notas a quemado). En cuanto a las arepas de harinas de maíz integral, la 174 fue evaluada con la escala de 4 puntos, y la 682 con la escala de 2, por lo cual la primera se encuentra dentro de lo deseable, mientras que la segunda se califica como objetable (con olor a maíz quemado, olor a maíz viejo o con largos períodos de almacenamiento, olor a insectos, u otros olores que pueden ser desagradables).

Por lo tanto, en atención a los resultados obtenidos, las arepas obtenidas de las harinas 812, 115 y 952 cumplen con las condiciones esperadas de aspecto, textura, olor y sabor, lo que quiere decir que se encuentran en lo “normal”, seguidas de las marcas 293, 728, 502 y 360, que fueron calificadas como “aceptables”. En las arepas de harina integral, destaca la 174 con atributos en escalas de 3 y 4, clasificados como “aceptable” y “normal”, mientras que la 682, tiene todos los atributos en 2, lo que la califica como “objetable”.

CONCLUSIONES

La evaluación física de las diez marcas comerciales de harina de maíz e integrales precocidas determinó que las que cuentan con la granulometría más fina del mercado son la 293, 812 y 174; mientras que en la evaluación del color, se comprobó que las harinas más blancas fueron la 952, 728 y 360, debido a la baja proporción de puntos negros y marrones, asociados al menor contenido de pericarpio, menor proporción de grasa y bajo grado de cocción.

El análisis de la composición química reveló la existencia de diferencias estadísticamente significativas en cuanto a su contenido de humedad, fibra dietaria, grasa cruda y cenizas; no obstante todos los parámetros evaluados cumplen con los requisitos físico-químicos de la norma COVENIN 2135 (1996) para harina de maíz precocida y con lo establecido por el CODEX STAN 154 (1985) para harinas de maíz integral. En el análisis de aflatoxinas totales, todos los valores estuvieron por debajo de $20 \mu\text{g.Kg}^{-1}$, que es el nivel máximo de aflatoxinas permitido para subproductos del maíz.

En el contenido de vitaminas y minerales se comprobó que las harinas en estudio cumplen con el contenido de hierro y de algunas vitaminas establecido por la norma COVENIN 2135 (1996). Sin embargo, se observaron ciertas variaciones en la determinación de las vitaminas del complejo B (B_1 , B_2 y B_3) que se atribuyen no solo a la inadecuada dosificación para el enriquecimiento, sino también a variaciones en el grano de maíz, determinadas por las condiciones ambientales, la genética, la edad de la planta y la ubicación geográfica.

En cuanto a los análisis reológicos y funcionales, se evidenció que la marca 812 fue la que reportó los valores más alto de viscosidad a 30°C , viscosidad máxima en el calentamiento y “breakdown”; mientras que la harina integral 174 fue la que presentó el menor valor de asentamiento, es decir, la menor tendencia a retrogradar.

La evaluación de la textura en las masas reveló, que la marca 812 contaba con la consistencia y adhesividad ideales para dar una masa con textura suave, con poca aspereza, ligeramente adhesiva y fácil de moldear; mientras que la textura en arepa demostró que la marca 952 fue la que reportó el valor más alto, por lo que necesita de mayor esfuerzo mecánico para reducir el producto en la boca.

El análisis sensorial de las harinas en estudio determinó que las marcas 812 y 115 cumplen con las condiciones apropiadas de puntos negros, materia extraña, olor y color en harina; y de aspecto, textura, olor y sabor en arepa, lo que permite clasificarlas entre “normal” y “óptimo”; mientras que en las harinas de maíz integral destaca la 174, con atributos “aceptables” y “normales”.

Entre las 8 marcas de harina de maíz precocida estudiadas, la 812 cumple con todos los estándares de calidad exigidos por el consumidor venezolano, y asimismo se ajusta a los requerimientos de la norma COVENIN 2135 (1996), obteniéndose como producto final una arepa con una textura, color, olor y sabor deseables. En lo que respecta a las harinas de maíz integrales, la marca 174 supera a la 682 en todas las propiedades físicas, químicas, nutricionales, reológicas y sensoriales, cumpliendo con todos los requerimientos de una harina integral.

RECOMENDACIONES

1.- Continuar con los estudios comparativos de calidad, que permitan verificar el estatus de las diferentes marcas de harina de maíz precocidas que existen en el mercado venezolano, evaluando que atributos (olor, sabor, dureza, adhesividad, entre otros) se puedan mejorar.

2.- Incorporar en los empaques de harina de maíz precocida, distintas recetas que permitan la adición de fibra dietaria a las masas, contenida por ejemplo en las hojuelas de avena o en la linaza molida, contando ésta última además con una elevada proporción de ácidos grasos omega 3, 6 y 9, beneficiosos para la función cardiovascular.

3.- Estudiar cuidadosamente el proceso de dosificación de micronutrientes a la harina precocida de maíz, de manera tal que dicho proceso asegure la distribución uniforme de los nutrientes en el producto durante la fase de humidificación, en el almacenamiento, y en los alimentos después de preparados. Se deben considerar las pérdidas experimentadas durante el procesamiento y el almacenamiento.

4.- Favorecer el estudio de los factores que determinan las propiedades funcionales y sensoriales de las harinas, tales como el grado de cocción, la granulometría y la variedad de maíz utilizada, a fin de garantizar la calidad en masas y arepas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC (American Association of Cereal Chemists). 1991. Method 32.07. Determination of Soluble, Insoluble and Total Dietary Fiber in Foods and Food Products. Official Methods of Analysis of AACC International.
- AACC (American Association of Cereal Chemists). 2000. Method 76.21. General Pasting Method for Wheat or Rye Flour Using The Rapid Visco Analyser. Official Methods of Analysis of AACC International.
- AACC (American Association of Cereal Chemists, Inc.) 2007. St Paul, Minnesota, USA. 562 p.
- Abbott, J. 1999. Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest biol. technol.* 15: 207-225.
- Adebowale, K. y Lawal, O. 2003. Functional properties and retrogradation behaviour of native and chemically modified starch of mucuna bean (*Mucuna pruriens*). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83: 1541-1546.
- Anzaldúa, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España, 179p.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1991. Method 991.43. Total, Soluble, and Insoluble Dietary Fiber in Foods. Official Methods of Analysis of AOAC International.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1995. Method 978.18. Preparation of Reference Salt Slushes. Official Methods of Analysis of AOAC International. 16th Ed. AOAC International, Arlington VA.
- Badui, S. 2006. Química de los alimentos. 4ta. Edición. Pearson Educación. México. 738p.
- Barnes, H.; Hutton, J. y Walters, K. 1982. An introduction to rheology. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam, The Netherlands, 199p.
- Bedoya, D. 2008. El diseño como factor de optimización del consumo de productos alimenticios. Tesis de maestría. Facultad de Diseño y Comunicación, Universidad de Palermo. Buenos Aires. 130 p.
- Belitz, H. y Grosch, W. 1985. Química de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

- Bhuvaneswari, K.; Fields, P.; White, N.; Sarkar, A.; Singh, C.; Jayas, D. 2010. Image analysis for detecting insect fragments in semolina. *Journal of Stored Products Research* 1-5.
- Bourne, M. 1982. Texture in solid and semisolid foods. *Food Engineering*. Tomo II. *Encyclopedia of Life Support Systems*. 7p
- Caldwell, E. y Fast, R. 2000. *Breakfast Cereals and how they are made*. Second edition. Editions
- Chavarri, M.; Mazzani C.; Luzón O. y Garrido M. 2012. Detección de hongos toxigénicos en harinas de maíz precocidas distribuidas en el estado Aragua, Venezuela. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología* 32:126-130.
- Chen, L. y Linus U. 2013. Texture measurement approaches in fresh and processed foods - A review. *Food Research International* 51:823-835
- Choi, S. y Kerr, W. 2004. Swelling characteristics of native and chemically modified wheat starches as a function of heating temperature and time. *Starch / Stärke* 56: 181-189.
- Codex standard. (CODEX STAN) 1985. Norma 154. Norma Del Codex Para La Harina Integral De Maíz. 3p.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) 1979. Norma 1409. Alimentos. Determinación de hierro por espectrofotometría de absorción atómica. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 12p.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) 1980. Norma 1195. Alimentos. Determinación de Nitrógeno. Método de kjeldahl. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 17p.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) 1980. Norma 1553. Producto de Cereales y Leguminosas Determinación de humedad. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 6p.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) 1981. Norma 1783. Producto de Cereales y Leguminosas Determinación de Cenizas. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 7p.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) 1981. Norma 1785. Producto de Cereales y Leguminosas Determinación de Grasa. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 9p.

- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) 1987. Norma 1935. Maíz para uso industrial. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 19p.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) 1996. Norma 2135. Harina de maíz precocida. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 9p.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) 1998. Norma 254. Cedazos de ensayo. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 11p.
- Contreras, B. 2009. Caracterización de harina de maíz instantánea obtenida por calentamiento óhmico. Tesis de maestría en tecnología avanzada. Instituto Politécnico Nacional. Querétaro, México. 97 p.
- Coronel, N. 2011. Sustitución parcial de la harina precocida de maíz (*Zea mays* L.) por harinas precocidas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), batata (*Ipomoea batatas* Lam) y ñame (*Dioscorea alata*) para la elaboración de arepas. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 81 p.
- Costell E. 2002. Evaluación sensorial de la textura de los alimentos. Disponible en: http://www.percepnet.com/perc03_02.htm [Consultado: 28/05/2016].
- Crosbie, G y Ross, A. 2007. The RVA Handbook. AACC International. St. Paul, Minnesota. United States of America. 152p.
- Dan, H.; T. Azuma; K. Kohyama. 2007. Characterization of spatiotemporal stress distribution during food fracture by image texture analysis methods. *Journal of Food Engineering*. 81 :429-436.
- De Sousa, L. 2009. Estudio de los compuestos volátiles presentes en el proceso de elaboración de harina precocida de maíz y su relación con los compuestos generados por productos similares. Trabajo de Pregrado. Coordinación De Ingeniería Química. Universidad Simón Bolívar. Caracas. 164 p.
- Desarrollo de Productos Alimentos Polar. 1997. MZ Harinas precocidas. Planta Turmero, Gerencia Desarrollo de Cereales y Derivados. 13 p.
- DSM. 2016. Fortification Basics. Harina Refinada de maíz/ Harina integral de maíz. Disponible en: https://www.dsm.com/content/dam/dsm/nip/en_US/documents/maiz.pdf [Consultado: 15/05/2016].

- Egui, V. 1996. MZ Harinas precocidas. Alimentos Polar Comercial Planta Turmero, Gerencia Desarrollo de Cereales y Derivados. 28 p.
- Egui, V. 2003. MZ Harinas precocidas. Alimentos Polar Comercial Planta Turmero, Gerencia Desarrollo de Cereales y Derivados. 31 p.
- Egui, V. 2005. MZ Harinas precocidas. Alimentos Polar Comercial Planta Turmero, Gerencia Desarrollo de Cereales y Derivados. 32 p.
- Egui, V.1997. MZ Harinas precocidas. Alimentos Polar Comercial Planta Turmero, Gerencia Desarrollo de Cereales y Derivados. 13 p.
- FAO (Food Agriculture Organization). 1993. El Maíz en la nutrición humana. Colección FAO: Alimentación y nutrición, N°25. ISBN 92-5-303013-5. Roma.
- FAO (Food Agriculture Organization). 2004. Reglamentos a nivel mundial para las micotoxinas en los alimentos y en las raciones en el año 2003. Estudio FAO: Alimentación y nutrición. Roma. Italia. 45p.
- FAO(Food Agriculture Organization). 2015. El Maíz. Disponible en: http://faostat3.fao.org/browse/Q/*S. [Consultado: 05/01/2016].
- FENALCE. 2007. Producción de harinas precocidas de maíz. Plan de negocios, StratCo Consultores Asociados. Bogotá, Colombia. 118 p.
- Flores, R.; Martínez, F.; Salinas, Y. y Ríos, E. 2002. Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. *Agrociencia* 36: 557-567.
- Gear, J. 2006. Maíz y Nutrición. Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal. El cultivo del maíz en la Argentina. Vol. 2. Serie de Informes Especiales de ILSI Argentina. pp. 4-8.
- Giese, J. 1995. Measuring physical properties of foods. *Food Technology* 49(2): 54-63.
- Gómez, L. 2012. Diseño y validación de un instrumento de evaluación y control de riesgos biológicos, químicos y físicos basado en las buenas prácticas agrícolas (BPA), durante la recepción del maíz en una planta procesadora de harina integral precocida. Tesis de postgrado. Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Caracas. 218 p.
- González, Z. 1997. Evaluación de almidones de arroz y trigo modificados por métodos químicos: acetilación y oxidación. Trabajo de Ascenso. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela.

- Guerrero, A. 1999. Cultivos herbáceos extensivos. Ediciones Mundi-Prensa. Bilbao, España. 829 p.
- Gwirtz, J. y García, M. 2014. Processing maize flour and corn meal food products. *Annals of New York Academy of Sciences*: 66-75
- Hernández, 2005. Evaluación sensorial. Curso tecnología de cereales y oleaginosas. Primera Edición. Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Nacional Abierta y Adistancia. Bogota. 128p.
- Hernández, B.; Guerra, M. y Rivero, F. 1999. Obtención y caracterización de harinas compuestas de endospermo y germen de maíz y su uso en la preparación de arepas. *Ciencia y Tecnología de Alimentos* 19(2): 194-198.
- Hoover, R. y Sasulski, F. 1986. Effect of cross- linking on functional properties of legume starches. *Canada NS* 5: 149-155.
- Howling, D. 1980. The influence of structure of starch on its rheological properties. *Food Chemistry* 6:51-56.
- Hussein, A.; Ali, H.; Bareh, G. y Rahman, A. 2011. Physicochemical, sensory and functional properties of gelatinized corn – triticale flour composite tortilla. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 5(11): 43-54
- Industrias KEL. 2016. Harina de maíz integral precocida. Disponible en: <http://industriaskel.com.ve/> [Consultado: 30/05/2016].
- INN (Instituto Nacional de Nutrición) .2010. Hoja de Balance de Alimentos. Disponible en: http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/36063/3/HBA_2010-2013.pdf. [Consultado: 05/01/2016].
- Ishiguro, 2000. Retrogradation of potato starch. *Starch / Stärke* 8(1): 12-18.
- Karim, A.; Nadiha, M.; Chen, F.; Phuah, Y.; Chui, Y. y Fazilah, A. 2008. Pasting and retrogradation properties of alkali-treated sago (*Metroxylon sagu*) starch. *Food Hydrocolloids* 22: 1044-1053.
- Keetels, C.; Vliet, T. y Walstra, P. 1996. Gelation and retrogradation of concentrated starch systems. *Food Hydrocolloids* 10: 343-353.
- Leelavathi, K.; Indriani, D. y Sidhu, J. 1987. Amylograph pasting behavior of cereal and tuber starches. *Starch / Stärke* 39(11): 378-381.

- Liu, Q. 2002. A study of enzymatic hydrolysis of starch potato pulp. *Journal of Food Science* 67(6): 2113-2117.
- Lu, T.; Duh, CH.; Lin, J. y Chang, Y. 2008. Effect of granular characteristics on the viscoelastic properties of corn and rice starches. *Food Hydrocolloids* 22: 164-173.
- Manual del Speck Counter. Expert SPX semo. 2008. Edition Nutech Analytical, Inc. Canada. 47p.
- Mazur, E.; Schoch, T. y Kite, F. 1957. Graphical analysis of the brabender viscosity curves of various starches. *Cereal Chemistry* 34(3): 141- 152.
- Mejías, A. 2003. Evaluación del tiempo de vida útil y estabilidad de las propiedades de calidad de grano reventado de amaranto y sus dos productos. Tesis de Pregrado. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Universidad Técnica del Norte. Ecuador. 141p.
- Mendoza, L. 2013. El tiempo. Mendoza: Polar no puede sustituir responsabilidad del sector público. Disponible en: <http://eltiempo.com.ve/venezuela/economia/mendoza-polar-no-puede-sustituir-responsabilidad-del-sector-publico/90285> [Consultado: 05/01/2016].
- Miles, M.; Morris, V.; Orford, P. y Ring, S. 1984. The roles of amylose and amylopectin in gelation and retrogradation of starch. *Carbohydrate Research* 135: 271-281.
- Montero, M. 2015. Entrenamiento de un panel sensorial en pruebas descriptivas de escalas de clasificación de atributos para una harina de maíz precocida. Tesis de pregrado. Facultad de agronomía. Universidad Central de Venezuela. Núcleo Maracay. 133p.
- Nuss, E. y Tanumihardjo, S. 2010. Maize: A Paramount Staple Crop in the Context of Global Nutrition. *Institute of Food Technologists* 9: 417-436.
- Olayide, S. 2004. Composition, physicochemical properties and retrogradation characteristics of native, oxidized, acetylated and acid-thinned new cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) starch. *Food Chemistry* 87: 205-218.
- OMS. 2009. Recomendaciones sobre el enriquecimiento de la harina de trigo y de maíz. Informe de reunión: Declaración de consenso provisional. Ginebra, Suiza. 3 p.
- Ortega, F. y Eliasson, A. 2001. Gelatinization and retrogradation behaviour of some starch mixtures. *Starch / Stärke* 53: 520-529.

- Paliwal, R. 2001. El Maíz En Los Trópicos. Mejoramiento y Producción. Dirección de producción y protección vegetal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación N°28. Editorial FAO. Roma, Italia. 371p.
- Pasricha, S.; De Regil, L.; García, M; Burford, B.; Gwartz, J.; Peña, J. 2012. Fortification of maize flour with iron for preventing anaemia and iron deficiency in populations. (Protocol) Cochrane Library 18p.
- Pestana 2013. El Mundo. 40% del maíz para las arepas es importado. Disponible en: <http://www.elmundo.com.ve/noticias/economia/agro/40--del-maiz-para-las-arepas-es-importado.aspx> [Consultado: 05/01/2016].
- Pestana, A. 2014. Ultimas Noticias. Producción de harina de maíz afectada por sequía. Disponible en: <http://www.ultimasnoticias.com.ve/noticias/actualidad/economia/produccion-de-harina-de-maiz-afectada-por-sequia.aspx> [Consultado: 05/01/2016].
- Pitchon, E.; O'Rourke, J. y Joseph, T. 1981. Process for cooking or gelatinizing materials. U.S. Patent. 4: 280,851.
- Rached, L.; Araujo, C.; Rincón, A. y Padilla, F. 2006. Evaluación de harinas y almidones de mapuey (*Dioscorea trifida*), variedades blanco y morado. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 56(4).
- Rao, M.; Okechukwu, P.; Da Silva, P. y Oliveira, J. 1997. Rheological behavior of heated starch dispersions in excess water: Role of starch granule. Carbohydrate Polymers 33: 273-283.
- Rasper, V. 1980. Theoretical aspects of amylographology en "The amylograph handbook" Shuey W. C. y Tipples K. H. Eds. The American Association of Cereal Chemists. St Paul, Minnesota, USA.
- Sandhu, K.; Kaur, M.; Singh, N. y Lim, S. 2008. A comparison of native and oxidized normal and waxy corn starches: Physicochemical, thermal, morphological and pasting properties. LWT 41: 1000-1010.
- Satin, M. 1998. Functional properties of starches. New York. Online: www.fao.org/ag/ags/agsi/starch41.htm.
- Segovia, V. y Alfaro, Y. 2009. El maíz: un rubro estratégico para la soberanía agroalimentaria de los venezolanos. Agronomía tropical 59(3): 237-247.

- Techeira, N. 2006. Elaboración y caracterización de harinas obtenidas a partir de granos de arroz entero de origen comercial. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Caracas. 165 p.
- Tester, R.; Qi, X. y Karkalas, J. 2006. Hydrolysis of native starch with amylases. *Annals of Feed Science and Technology* 130: 39-54.
- Toro, Y.; Guerra, M.; Espinoza, C. y Newman, A. 2011. Cambios en la composición proximal de harina de maíz precocida, arroz, pastas y cereales infantiles al prepararlos en el hogar para su consumo. *Anales Venezolanos de Nutrición* 24(1): 27-33.
- Torres, A y Guerra, M. 2003. Sustitución parcial de la harina de maíz precocida con harina de quinchoncho (*Cajanus cajan*) para la elaboración de arepas. *Interciencia* 28(11): 660-664.
- Vergara, S. 2012. Caracterización texturométrica de las pastas alimenticias y harinas de maíz precocidas del mercado venezolano. Tesis de pregrado. Coordinación de Ingeniería Química, Universidad Simón Bolívar. Caracas. 89 p.
- Vivas, O. 2009. Perfil descriptivo cuantitativo y de textura de productos elaborados con harinas de leguminosas fermentadas. Tesis maestría. Universidad Simón Bolívar. Caracas. 130p.
- Zhang, P.; Whistler, R.; BeMiller, J. y Hamaker, B. 2005. Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility-a review. *Carbohydrate Polymers* 59: 443-458.
- Zhou, M.; Robards, K.; Glennie, M.; Helliwelh, S. 1998. Structure and pasting properties of oat starch. *Cereal Chemistry*. 75 (3): 273-281.