ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción.

"Efecto de Variedades de Arroz en las Características Físicas del Pan de Arroz sin Gluten"

INFORME DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo la obtención del Título de:

INGENIERAS DE ALIMENTOS

Presentado por:

Katherine Denisse Macías Torres

Lena Azucena Sanjinez Flores

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2013

AGRADECIMIENTO

A Dios, el ser todo poderoso que ha guiado nuestros pasos y nos ha llenado de Fe y sabiduría.

A nuestra Directora de proyecto de graduación, MSc. Fabiola Cornejo por brindarnos la oportunidad y confianza de desarrollar este proyecto pero sobre todo por no abandonarnos y guiarnos en las adversidades presentadas.

A la Ing. Janaína Sánchez, por ser parte importante en cada una de las actividades realizadas en este trabajo dándonos ideas y consejos para culminar esta meta de manera exitosa.

A Grace Márquez, por su ayuda y colaboración.

Katherine Denisse Macías Torres.
Lena Azucena Sanjinez Flores.

DEDICATORIA

A Félix Macías Ronquillo y Bélgica Torres Calderón, mis padres, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy. Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, por sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada por su amor.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

Katherine Denisse Macías Torres.

DEDICATORIA

A Ignacio, mi padre un hombre de grandes ideales y valores a través de los cuales me ha formado, y hoy puedo dar un paso más en mi formación profesional.

A Blanca, mi madre por darme la vida y su amor infinito pero sobre todo por confiar en mi a lo largo de estos años y motivarme a ser una mujer exitosa.

A Nadia, mi hermana mayor quien ha sido mi mejor ejemplo a seguir y que me ha enseñado que el camino no es fácil pero que cuando se tiene la voluntad se puede.

A Camila, mi hermana menor por su amor incondicional.

A la Ing. Ma. Fernanda Quijano, mi amiga que siempre tuvo la paciencia, tiempo y predisposición de enseñarme algo que no comprendía.

A mi familia en general, a mi familia Ceragem, a mis amigos del colegio con quienes aprendí a soñar bajo el lema "Sólo venciéndote vencerás" y a mis politécnicos favoritos con quienes he reído, llorado y luchado día a día por cumplir esta meta. A la familia de mis amigos que a lo largo de estos cinco años me han abierto las puertas de sus casas y me han hecho sentir como en mi propia casa.

Lena Azucena Sanjinez Flores.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Dr. Kleber Barcia V., Ph.D.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

M.Sc. Fabiola Cornejo Z.
DIRECTORA

Ing. Martha Bermeo G.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este Informe de Proyecto de Graduación nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Katherine Macías T.

Katherine Denisse Macías Torres

Lena Sanjinez F.

Lena Azucena Sanjinez Flores

RESUMEN

Uno de los principales problemas que enfrentan los ingenieros de alimentos durante el desarrollo de productos es la elección de las materias primas, ingredientes, aditivos, etc. adecuados para el buen procesamiento de éstos. Hoy en día las formulaciones de pan tradicional a base de harina de trigo están teniendo sustituciones parciales o completas de algunos de sus componentes, generando variaciones en el producto con respecto a sus características físicas, químicas, sensoriales y nutricionales; por lo tanto es necesario caracterizar al producto final con el fin de seguir satisfaciendo al consumidor.

El objetivo de este proyecto de investigación fue comparar las propiedades físicas del pan obtenido de seis diferentes variedades de arroz cultivadas en el Ecuador, con el fin de conocer si hay diferencias significativas entre variedades. Para lo cual se determinó volumen específico, relación alto/ancho, textura, humedad y Aw obtenido de las variedades INIAP 14, INIAP 15, INIAP 16, INIAP 17, F 09 y F 50.

La formulación del pan y su proceso de elaboración se basó en el método de Marco y Rosell (2008). Las características físicas se analizaron después de 24 horas, de realizado el horneo.

La medición del volumen específico del pan sin gluten se determinó mediante el desplazamiento de semillas de mostaza. Se calculó la relación alto/ancho por medición directa. El análisis de la textura se realizó a través de la prueba de compresión, Análisis del Perfil de Textura mediante un texturómetro modelo CT3, marca Brookfield. La prueba de color se llevó a cabo utilizando el Sistema de Visión Computarizada (SVC) que determinó la luminosidad, intensidad y tonalidad del alimento. Para las características químicas del pan se evaluó el porcentaje de humedad basada en AOAC 935.36 y para la Aw se utilizó el equipo Aqua Lab modelo serie 3.

En los resultados obtenidos se demostró que las propiedades físicas y químicas del pan si difieren al utilizar diferentes variedades de arroz. Las características físicas como volumen específico, relación alto/ancho, textura, color en cuanto luminosidad y tonalidad si presentaron diferencias significativas entre las variedades y en relación a la intensidad de color no se halló diferencia; mientras que en las características químicas del pan se encontró diferencias significativas en la humedad más no en la Aw.

En conclusión la mejor variedad para hacer pan sin gluten fue la F09 por desarrollar ciertas características físicas y químicas que se pueden considerar buenas para obtener pan de calidad.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN II

ÍNDICE GENERAL IV

ABREVIATURAS VI

SIMBOLOGÍA VII

ÍNDICE DE FIGURAS VIII

ÍNDICE DE TABLAS IX

ÍNDICE DE GRÁFICOS X

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO 1

1. FUNDAMENTO TEÓRICO 3
   1.1. Intolerancia al gluten 3
   1.2. Pan sin Gluten 6
   1.3. Uso del arroz en la elaboración de pan sin gluten 10
   1.4. Variedades de arroz Ecuatoriano 14

CAPÍTULO 2

2. Materiales y Métodos 20
   2.1. Variedades de Arroz Analizadas 20

2.2. Elaboración de pan de arroz sin gluten.....21

2.3. Determinación de Propiedades físicas del pan de arroz 21

2.4. Análisis Estadístico..... 24

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS..... 25

3.1 Efecto de la variedad de arroz en el volumen específico del pan de arroz 26

3.2 Efecto de la variedad de arroz en relación alto/ancho del pan de arroz…….....28

3.3 Efecto de la variedad de arroz en la textura del pan de arroz 30

3.4 Efecto de la variedad de arroz en el color del pan de arroz 38

3.5 Efecto de la variedad de arroz en la humedad y actividad de agua del pan de arroz 45

CAPÍTULO 4

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 51

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

Ec: Enfermedad Celiaca

IRRI: Instituto internacional de arroz

CIAT: Centro internacional de agricultura tropical

I+D: Investigación y Desarrollo

INIAP: Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuaria

HPMC: Hidroxipropilmetilcelulosa

VS: Volumen específico

L*: Luminosidad

a*: La dirección al rojo (+) al tono verde (-)

b*: La dirección al amarillo (+) al tono azul (-)

Aw: Actividad de agua

SIMBOLOGÍA

mJ: Mili joule

g: Gramos

cm: Centímetros

ml: Mililitro

km: Kilómetros

mm: Milímetros

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

FIGURA 1.1 Pan de harina de arroz obtenido sin ningún aditivo……..…13

FIGURA 1.2 Pan de harina de arroz obtenido con 4 por ciento de HPMC……..…13

FIGURA 1.3 Pan de harina de arroz sin ningún aditivo y con el 4 por ciento de HPMC……..…14

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

TABLA 1 Pruebas de múltiples rangos para vs por variedad……... 25

TABLA 2 Pruebas de múltiples rangos para alto/ancho por variedad……....28

TABLA 3 Pruebas de múltiples rangos para dureza por variedad…….. .31

TABLA 4 Pruebas de múltiples rangos para elasticidad por variedad……..……33

TABLA 5 Pruebas de múltiples rangos para masticabilidad por variedad……... 36

TABLA 6 Pruebas de múltiples rangos para L* por variedad……39

TABLA 7 Pruebas de múltiples rangos para a* por variedad……41

TABLA 8 Pruebas de múltiples rangos para b* por variedad……43

TABLA 9 Pruebas de múltiples rangos para porcentaje de humedad por Variedad……46

TABLA 10 Pruebas de múltiples rangos para aw por variedad……..… 48

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Pág.

GRÁFICO 1 Caja y bigotes para volumen específico por variedad…….…. 26

GRÁFICO 2 Caja y bigotes para alto/ancho por variedad…….. 29

GRÁFICO 3 Caja y bigotes para dureza por variedad……..…32

GRÁFICO 4 Caja y bigotes para elasticidad por variedad……..…34

GRÁFICO 5 Caja y bigotes para masticabilidad por variedad……..... 37

GRÁFICO 6 Caja y bigotes para L* por variedad……..… 40

GRÁFICO 7 Caja y bigotes para a* por variedad……..… 42

GRÁFICO 8 Caja y bigotes para b* por variedad……..… 44

GRÁFICO 9 Caja y bigotes para humedad por variedad……..... 47

GRÁFICO 10 Caja y bigotes para aw por variedad…….49

INTRODUCCIÓN

En la actualidad uno de los alimentos de gran consumo masivo en los hogares ecuatorianos es el pan. El pan, por lo general, es elaborado a base de harina de trigo generando así mayores importaciones de éste cereal e influyendo en la economía del país.

Es importante mencionar que Ecuador presenta una diversidad de cultivos entre los cuales podemos citar al arroz, maíz, sorgo, etc. Estos cereales han sido considerados como sustitutos para la fabricación de productos de panificación. Las investigaciones recientes se han enfocado en el desarrollo de productos sin gluten, siendo la harina de arroz una de las más usadas; por las características que posee: un sabor suave, color blanco, bajos niveles de sodio e hidratos de carbono fácilmente digeribles, y propiedades hipoalergénicas. Las características hipoalergénicas del arroz son muy importantes ya que la harina de trigo posee prolaminas que afectan a personas intolerantes al gluten desencadenando una lesión en la mucosa del intestino delgado disminuyendo así la absorción de los nutrientes.

El desarrollo de productos sin gluten no solo beneficia a pacientes con la enfermedad de celiaquía que representan el 1% de la población; sino también puede ser consumido por grupos especiales como los diabéticos ya

que los productos con mayor contenido de amilosa representan una disminución en la digestibilidad del almidón consecuentemente generando menores respuestas glicémicas.

El reto que tiene el ingeniero de alimentos es utilizar los recursos agrícolas de mayor disponibilidad en el país, dándole un valor agregado que permita la diversificación del mercado. Para el desarrollo de productos de panificación a partir de harina de arroz es necesario estudiar cada una de las variedades.

En el presente proyecto de graduación se desea analizar las características físicas en el pan elaborado con diferentes harinas de arroz y determinar si presentan diferencias significativas en el producto final.

CAPÍTULO 1

1. FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1. Intolerancia al Gluten

La harina de trigo constituye el principal ingrediente del pan, la bollería y la pasta, alimentos que forman parte creciente de la dieta ecuatoriana. El almidón constituye entre el 60 y 70% del pan. El almidón es un hidrato de carbono de alto valor energético. El gluten por otro lado constituye entre el 15 y 20%, el gluten es un conjunto proteico que dota a esos productos de características aperitivas (miga esponjosa y corteza crujiente) [1].

El gluten del trigo está compuesto por gliadinas y gluteninas. Las gliadinas son prolaminas (compuestos con abundancia de glutamina y prolina) que tienen propiedades inmunotóxicas, sobre todo la

alfagliadina, un péptido de 33 aminoácidos que resiste la acción de las proteasas del intestino humano [1].

La intolerancia no es una reacción alérgica pues no compromete al sistema inmunológico. Se trata de una reacción fisiológica anormal originada por una mala e incompleta digestión de las proteínas del trigo, que causa diversos trastornos intestinales; pero que tampoco debe confundirse con la enfermedad de los celíacos [2].

La intolerancia al gluten es un proceso sistémico de naturaleza autoinmune, que afecta a sujetos sensibles por predisposición genética, al exponerse al gluten. Aparece a cualquier edad y permanece a lo largo de toda la vida. Es más frecuente en mujeres, como ocurre con otras enfermedades autoinmunes [1].

La enfermedad celíaca (EC) es la enteropatía que resulta de la interacción entre una genética predisponente y el gluten como elemento desencadenante de la respuesta inmunológica. La sensibilidad al gluten produce expresiones clínicas muy distintas [1].

La inadecuada respuesta inmunológica a las proteínas del gluten podría conducir a la atrofia de las vellosidades, que causa la mala absorción de nutrientes. Los síntomas generales incluyen diarrea, pérdida de peso y fatiga. La única terapia para los pacientes celíacos de toda la vida se basa en una dieta libre de gluten [3].

Esta dieta previene la morbilidad y reduce la incidencia de la neoplasia gastrointestinal asociada, pero es difícil de cumplir, especialmente debido a que excluye muchos productos que contienen gluten. Por lo tanto, para el beneficio de los pacientes con enfermedad celíaca se desarrollan nuevos productos sin gluten adecuados a sus necesidades que aumentarán sus opciones dietéticas y mejorar la calidad de vida en general [4].

La forma clásica de EC que presenta diarrea, dolor y distensión abdominales es típica de los niños y ocasiona malabsorción intestinal y retraso del crecimiento. En los adultos predomina la forma atípica, con poca o nula enteropatía y afectación común de otros órganos o sistemas, dando anemia ferropénica, osteoporosis, artritis, infertilidad, alteraciones de la función hepática o del sistema nervioso [1].

La prevalencia de la EC, sumadas las formas infantiles y del adulto, alcanza al 1% de la población, con aumento del número de casos en los últimos años y un cambio de paradigma: la forma del adulto es ahora mucho más frecuente que la forma pediátrica, con una ratio de 9 a 1; pero sigue siendo en gran parte no reconocida, a pesar de los avances en el diagnóstico [1].

1.2. Pan sin Gluten

La necesidad de desarrollar nuevos productos sin gluten está emergiendo por varias razones. En primer lugar, los nutrientes esenciales de las necesidades diarias en la dieta de los pacientes con EC no son completamente cubiertos por los productos existentes. Los productos del grupo sin gluten, en comparación con sus homólogos que contienen gluten, son más bajos en proteínas, vitaminas, minerales y fibra dietética. Por otra parte, la intolerancia al gluten es frecuentemente asociada con una baja absorción de nutrientes. En consecuencia, los pacientes celíacos se enfrentan a varios problemas relacionados con la nutrición, tales como pérdida de peso, anemia por deficiencia de hierro, osteoporosis, fatiga, y diabetes. Además del contenido de nutrientes, los productos sin gluten a base de almidón son menos sabrosos que los homólogos

que contienen gluten. En el caso de pan, también hay una alta tendencia de envejecimiento debido a la ausencia de gluten. En segundo lugar, el grupo objetivo de los productos sin gluten se está ampliando actualmente para incluir, además de los pacientes celíacos, personas en busca de ingredientes no alergénicos y en general las personas que son más cuidadosas con su dieta no sólo por razones de salud. Esto constituye un nuevo mercado que necesita una variedad de productos. Según la investigación, el 15-25% de los padres en los Estados Unidos buscan productos sin gluten para sus hijos como parte de una dieta equilibrada. Tercero, los productos sin gluten pueden funcionar como prototipos para el desarrollo de otros productos dirigidos a grupos específicos con necesidades nutricionales específicas (por ejemplo, los diabéticos) [4].

Sin embargo, la eliminación del gluten de las formulaciones de pan resulta frecuentemente en una masa líquida en lugar de un sistema de masa durante la fase de pre-cocción, y puede resultar en pan horneado con textura desmoronada, mal color y otros defectos de calidad [5].

En efecto, el gluten es la principal estructura formadora de la proteína presente en la harina de trigo, juega un papel muy importante en la funcionalidad de la harina de trigo en la panificación, proporcionando viscoelasticidad a la masa, buenas propiedades de retención de gas y buena estructura de la miga de muchos productos horneados [5].

En la actualidad, muchos de los productos horneados sin gluten que están disponibles en el mercado son de baja calidad, presentando una mala sensación en la boca y sabor. Estos problemas presentan mayores retos tecnológicos tanto para el técnico en cereal y el panadero, y han llevado a la búsqueda de alternativas para el gluten en la fabricación de productos horneados sin gluten [5].

El pan sin gluten requiere sustancias poliméricas que imitan las propiedades viscoelásticas del gluten en la masa de pan. La producción de pan sin gluten principalmente implica la incorporación de almidones, ingredientes a base de proteínas como las proteínas lácteas, e hidrocoloides en una base de harina sin gluten que pueden imitar las propiedades viscoelásticas del gluten y en

consecuencia mejorar textura, sensación en la boca, la aceptabilidad y la vida útil de estos productos [5].

Los productos de panadería sin gluten disponibles en el mercado se caracterizan por estar constituidos por mezclas de almidones (fundamentalmente de maíz) y harina de cereales sin gluten (arroz o maíz). Además, en ocasiones se utilizan fibras o proteínas de diversos orígenes (huevo, soja), lo que origina productos ricos en hidratos de carbono pero deficientes en proteínas. De hecho, la composición de los productos de panadería sin gluten que se encuentran en el mercado varía entre 35-45% de hidratos de carbono, 2.5-6.0% de proteínas, 2.0-10.0% de lípidos y cantidades minoritarias de fibras y minerales; perfil que difiere de los productos de panadería con gluten, cuya composición varía entre 41-56% de hidratos de carbono, 8.0-13.0% de proteínas y 2.0-4.0% de grasas, entre sus constituyentes mayoritarios. El diseño y desarrollo de productos de panadería sin gluten con un mayor contenido proteico permitiría disponer de productos alternativos y nutritivamente enriquecidos, adecuados para paliar deficiencias que pudieran derivarse de la enfermedad celiaca [6].

Sin embargo, la utilización de proteínas como ingrediente polimérico estructural en productos libres de gluten no ha sido suficientemente explorada. Algunos de los productos libres de gluten comerciales contienen proteínas de huevo, leche o soja en cantidades reducidas, adicionadas por su papel nutritivo en este tipo de productos y en algunos casos ayudan a mejorar el volumen, apariencia y características sensoriales. Sin embargo, la inclusión de ingredientes proteicos en los productos de panadería sin gluten podría explotarse con una doble finalidad, atendiendo a su valor nutritivo y a su posible funcionalidad estructural en la producción de productos fermentados [6].

La mayoría de panes sin gluten tiende a contener niveles más altos de agua y tiene una estructura más fluida. Además, requieren menor tiempo de mezcla, pruebas y cocción que sus homólogos de trigo [5].

1.3. Uso del Arroz en la Elaboración de Pan sin Gluten

El arroz además de consumirse como grano entero puede ser ampliamente usado en la fabricación de harinas. Sin embargo, muy poca producción de arroz se dedica a la elaboración de harinas y otros subproductos [6].

Las harinas de arroz tienen la misma composición química que los granos de donde proceden. Por tanto, las propiedades funcionales de las harinas de arroz dependen de la variedad, condiciones medioambientales y métodos de molienda. Las harinas se distinguen por el contenido de amilosa, el cual determina la temperatura de gelatinización y las propiedades viscoelásticas. Dado que las propiedades de gelatinización tienen una gran influencia en los procesos de panificación, es necesaria una adecuada selección de la variedad de arroz que se utiliza para la obtención de la harina [6].

En general, las variedades de grano largo tienen mayor contenido de amilosa y temperatura de gelatinización, además de mayor tendencia a retrogradar o recristalizar que las variedades de grano corto o medio. Por el contrario, harinas provenientes de arroces cerosos que contienen poca amilosa (menos de 0,56%) gelatinizan a temperaturas más bajas y presentan menor retrogradación, y por eso son resistentes a la sinéresis durante el almacenamiento y la congelación. Si se utilizan harinas procedentes de variedades con diferente contenido de amilosa (bajo, medio y alto amilosa) se podría ampliar el espectro de uso de estas harinas, proporcionando

así alternativas a la industria de alimentos y especialmente a la de nuevos productos [6].

Aunque los panes libres de gluten no sean sensorialmente agradables al consumidor, la utilización de harina de arroz para la elaboración de estos tiene importantes propiedades tales como, ausencia de fracciones proteicas que afectan a los enfermos celiacos. El arroz se encuentra entre los cereales más adecuados para el desarrollo de productos sin gluten, ya que su harina se caracteriza por poseer un sabor suave, color blanco, posee bajos niveles de sodio e hidratos de carbono fácilmente digeribles y tiene propiedades hipoalergénicas, pero a pesar de las múltiples ventajas que posee la harina de arroz este también posee propiedades funcionales relativamente pobres para el procesamiento de alimentos; la harina de arroz es de naturaleza hidrofóbica, lo que significa que es insoluble e incapaz de formar masa elástica necesaria para sostener el dióxido de carbono que se produce con las levaduras, como resultado nos da un producto con bajo volumen especifico y una miga muy compacta, lo que significa que no se obtiene un pan suave como normalmente se conoce [7].

Para mejorar la calidad del pan se pueden utilizar diferentes agentes como la goma Xanthan y carboximetilcelulosa (CMC).

Aunque gracias a la goma xanthan que con la presencia de coloides ofrecen mayor volumen al pan, los resultados de evaluaciones sensoriales revelan un mayor puntaje en los panes con la adición del 2% de CMC [7].

Entre los derivados de celulosa el hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) parece ser el adecuado para el remplazo del gluten en la fórmula de pan sin gluten debido a que este tiene la capacidad de retener oxígeno y posee propiedades como un agente de estructuración de miga lo que nos dará como resultado panes con volúmenes y suavidad adecuada [7].

Figura 1.1 PAN DE HARINA DE ARROZ OBTENIDO **SIN NINGÚN ADITIVO(MARCO C. VALENCIA. 2008) [7].**

FIGURA 1.2 PAN DE HARINA DE ARROZ OBTENIDO CON 4% DE HPMC (MARCO C. VALENCIA.

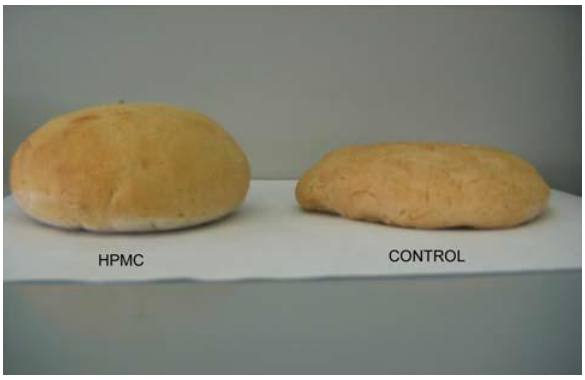


FIGURA 1.3 PAN DE HARINA DE ARROZ SIN NINGÚN ADITIVO Y CON EL 4%DE HPMC (MARCO C. VALENCIA. 2008) [7].

1.1. Variedades de Arroz Ecuatoriano

Debido a la búsqueda permanente de la calidad y de la productividad, en los centros de investigación de todo el mundo, surgen continuamente nuevas variedades de arroz, que se diferencian entre sí por su tamaño, su resistencia a plagas, sus características culinarias. Su denominación se refiere al país de origen o al nombre del centro de investigación donde fueron creadas, entre otros aspectos [7]. Entre las variedades que posee el Ecuador son:

INIAP 2: Es una variedad de arroz de alto rendimiento y de muy buena calidad de grano. La variedad de INIAP 2 fue producida en el instituto internacional de arroz, IRRI, e introducida desde el centro internacional de agricultura tropical – CIAT. En algunos países esta variedad es conocida con el nombre de IR 22 [9].

La variedad INIAP 2, ha sido probada ampliamente en las zonas de Boliche, Babahoyo y Daule obteniéndose grandes resultados. Esta variedad produce 100 sacos de 180 libras, por hectárea, mientras que las variedades criollas producen 30 sacos de 180 libras de arroz por hectárea. Esta variedad responde positivamente a la aplicación de fertilizantes nitrogenados [9].

INIAP 6: Es una buena variedad de buen rendimiento y amplia adaptación a las zonas arroceras del Litoral ecuatoriano. El INIAP 6 ha sido probado por varios semestres en las diferentes zonas arroceras del país, tanto en los cultivos de riego como en cultivos de lluvia, dando magníficos resultados [9].

INIAP 7: Es una variedad de arroz de buen rendimiento, resistente a la quemazón, de amplia adaptación a las zonas arroceras del Litoral ecuatoriano y de mejor calidad molinera que INIAP 6 [9].

La variedad INIAP 7 responde positivamente a las aplicaciones de urea o sulfato de amonio. La cantidad de fertilizante por hectárea que recomienda aplicar es de 5 quintales de urea o 12 de sulfato de amonio. El ciclo vegetativo es de aproximadamente 130 días en la época lluviosa y de 145 días en la época seca [9].

INIAP 10: Una nueva variedad de arroz para las zonas cultivadas bajo riego y lluvia. El INIAP 10 presenta un ciclo vegetativo que varía de 134 a 155 días para condiciones de riego y de 125 a 135 días para condiciones de secano (Quevedo). La altura de la planta varía entre 90 y 120 cm para cultivos de secano. Es resistente a volcamiento, las hojas son erectas y de color verde oscuro; la hoja sobresale por encima de las panículas [9].

El grano es blanco y translucido, con una longitud promedio de 6,9 mm; presenta un índice de pilada del 68%. Presenta resistencia a la quemazón. Se muestra susceptibilidad en las zonas de Daule y Boliche para la enfermedad conocida como la “Hoja Blanca” [9].

INIAP 11: Esta variedad de arroz se puede lograr tres cosechas en el año, dada su precocidad y su potencial de rendimiento. Su altura

es de 90 a 110 cm., no presenta volcamiento. El ciclo vegetativo es de 97 a 110 días. Es de grano largo [9].

INIAP 12: La variedad INIAP 12 presenta plantas con buen vigor vegetativo, altura a la cosecha, que varía entre 99 a 117 cm, hojas erectas, angostas, pubescentes y de color verde oscuro, la hoja bandera sobresale por encima de las panículas, el número de grano panícula esta entre 95 a 194. El grano es de color paja los granos presentan aristas pequeñas. El grano de INIAP 12 tiene una longitud de 8 mm. Que lo clasifica como grano extra largo (más de 7,6 mm), es translucido y presenta un rendimiento de pilada entre el 69 y 73% [9].

INIAP 14 FILIPINO: La INIAP 14 es para las áreas de riego y secano. El ciclo vegetativo de la variedad INIAP 14 FILIPINO esta entre 110 a 117 días. La planta en riego tiene una altura entre 81 a 100 cm. Y en secano tiene esta entre 99 y 107 cm., la longitud del grano es de 7.1 mm., el ancho del grano es de 2.19 mm [9].

INIAP 15 BOLICHE: Variedad de arroz de alto rendimiento y calidad de grano superior. Esta variedad de arroz es de clima tropical, su cultivo es en cuenca baja del rio Guayas [9].

Posee un ciclo vegetativo de 117 a 128 días, altura de planta de 89 a 108 cm, grano extra largo, arroz entero al pilar 67%, latencia de la semilla 4-6 semanas, desgrane intermedio y resistente al acame [9].

INIAP 16: Esta variedad es de clima tropical y se la cultiva en la cuenca alta y baja del río Guayas. Tiene un ciclo vegetativo de 106 a 120 días en siembra directa, 117 a 140 días en siembra de trasplante, altura de planta de 83-117 cm, grano extra largo con una longitud de 7.7 mm arroz entero al pilar 68%, latencia de la semilla 7-8 semanas, desgrane intermedio y resistente al acame [9].

Es tolerante a las enfermedades conocidas como Pyricularia grisea, hoja blanca y manchado del grano y es moderadamente susceptible a Sarocladium oryza [9].

INIAP 17: La variedad INIAP 17 por su alto rendimiento, buena calidad culinaria y de molinería es alternativa para los productores arroceros en el sistema de riego. La longitud del grano descascarado INIAP 17 presenta un promedio de 7.64 mm., lo que es calificado como extra largo. El índice de pilado es de 62% [9].

INIAP 18: La variedad INIAP 18 es de alto rendimiento y calidad de grano, para las condiciones de riego en Manabí. Una de las principales características de la nueva variedad INIAP 18 es su calidad de grano. En longitud de grano descascarado INIAP 18 presenta en promedio 7.64 mm, lo que es calificado como extra largo. El índice de pilado es de 69% [9].

CAPÍTULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Variedades de Arroz Analizadas

Las variedades de arroz utilizadas en esta investigación fueron proporcionadas por el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Son seis variedades entre las cuales se puede citar: INIAP 14, INIAP 15, INIAP 16, INIAP 17, F09 y F50.

Seguidamente, el arroz se sometió a un proceso de descascarillado y pulido en la INDUSTRIA ARROCERA EL REY INDUREY CIA. LTDA. ubicada en Km 42, Guayaquil - Babahoyo, recinto Tres Postes – Juján; una vez obtenido el arroz propiamente dicho se procedió a la elaboración de harina. Este proceso se realizó en el laboratorio I+D de la ESPOL utilizando dos molinos, el primero

modelo RPM1720-MCF el cual redujo el tamaño del grano de arroz; y el segundo molino marca UDY modelo CYCLOTEC permitió pulverizar completamente el arroz y así obtener la harina para la elaboración del pan. Finalmente, las harinas han sido guardadas y rotuladas respectivamente para su posterior uso.

2.2. Elaboración de Pan sin Gluten

Se elaboró pan con harina de arroz partir de seis variedades, más la adición de otros ingredientes como son agua, sal, aceite, levadura seca, azúcar y HPMC Methocel K4M FG (Dow Chemical Company) encontrados fácilmente en el mercado. El proceso de elaboración y la formulación final de este producto ha sido basado en el método de Marco y Rosell (2008).

2.3. Determinación de Propiedades Físicas del Pan de Arroz

Las propiedades físicas del pan fueron realizadas a las 24 horas de haber elaborado el pan, ya que en panes sin gluten es el tiempo determinado para evaluar cada una de éstas. Los estudios se los realizó por triplicado.

Volumen específico:

Para la determinación del volumen del pan se utilizó semillas de mostaza. Los datos se obtuvieron mediante el desplazamiento de las semillas; el volumen de semillas desplazadas es igual al volumen de la muestra. Además se registró el peso (g) de los panes debido a que la fórmula para determinar el volumen específico es la siguiente:

Relación alto/ancho del pan

Para determinar la relación alto/ancho se cortó rebanadas de pan con un cuchillo eléctrico para facilitar el cortado y tener el espesor deseado (1 cm de espesor). Se realizó por medición directa.

Análisis de la Textura de la miga

Para la prueba de textura de la miga se procedió a cortar rebanadas de pan de 1 cm de ancho, las cuales fueron ubicadas en el texturómetro (Texture Analizer) modelo CT3 marca Brookfield. Se aplicó un sistema de compresión de dos ciclos a cada rebanada, el

tiempo de espera entre ambas compresiones fue de 30 segundos. La compresión de la muestra se hizo hasta el 50% del espesor inicial. Los parámetros evaluados fueron la dureza, elasticidad y masticabilidad.

Color de la miga

Para determinar el color de la miga en las muestras de pan se utilizó un Sistema de Visión Computarizada (SVC) que presenta un escenario de iluminación establecido; los componentes principales son una cámara digital CCD que permitió captar la imagen del pan, y el software Adobe Photoshop.

Se analizaron tres muestras de cada pan, el color fue expresado mediante los parámetros triestímulo L*, a* y b* del espacio CIE-Lab. Donde L* es la luminosidad, a* la dirección del rojo (+) al tono verde (-), y b* indica el tono amarillo (+) y tono azul (-).

Contenido en Humedad

El método para la determinación del contenido de humedad en cada una de las muestras de pan de arroz sin gluten se fundamenta en la

pérdida de peso de la muestra producido por el calentamiento de la misma en una estufa AOAC 935.36.

Actividad de agua

Para determinar la Aw se tomó 2g de muestra desmenuzada de cada variedad, estas fueron llevadas al Aqua Lab que es un equipo medidor de Aw marca Decagon, modelo Serie 3.

2.4. Análisis Estadístico

El análisis estadístico de los datos obtenidos en la experimentación se analizaron usando el software Statgraphics. Se realizó la prueba de ANOVA y Pruebas de Múltiples Rangos para determinar diferencias significativas entre las variedades, con un nivel de 95% de confianza.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

3.1. Efecto de la Variedad de Arroz en el Volumen Específico del Pan de Arroz

TABLA 1

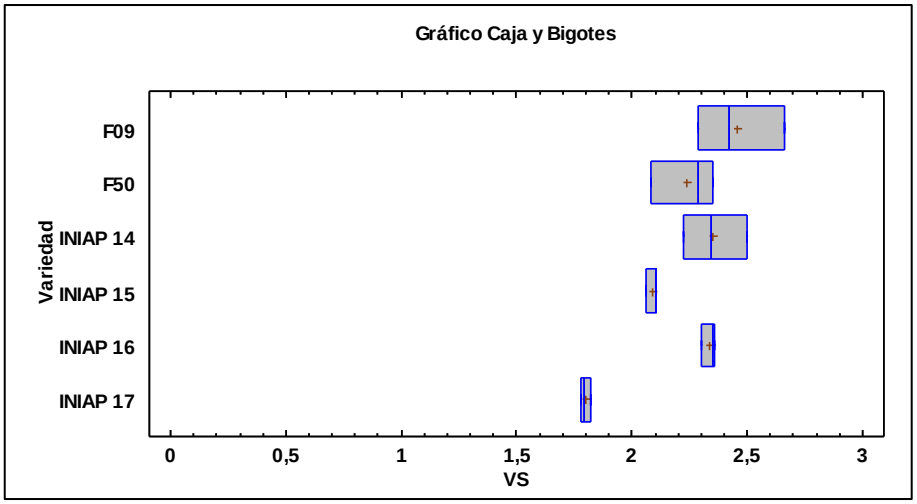
PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS PARA VS POR VARIEDAD

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
F09 - F50	*	0,21	0,20
F09 - INIAP 14		0,10	0,20
F09 - INIAP 15	*	0,37	0,20
F09 - INIAP 16		0,12	0,20
F09 - INIAP 17	*	0,66	0,20
F50 - INIAP 14		-0,11	0,20
F50 - INIAP 15		0,15	0,20
F50 - INIAP 16		-0,09	0,20
F50 - INIAP 17	*	0,44	0,20
INIAP 14 - INIAP 15	*	0,26	0,20
INIAP 14 - INIAP 16		0,01	0,20
INIAP 14 - INIAP 17	*	0,55	0,20
INIAP 15 - INIAP 16	*	-0,25	0,20
INIAP 15 - INIAP 17	*	0,29	0,20
INIAP 16 - INIAP 17	*	0,54	0,20

* indica una diferencia significativa.
Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

Mediante el test ANOVA se determinó que el valor-P de la prueba-F es 0.0002 el cual es menor a 0.05 por lo tanto existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 6 variables con un nivel del 95% de confianza.

La prueba de Múltiples Rangos que se detalla en la Tabla 1 permitió comparar las medias que son significativamente diferentes de otras. Se puede decir que los 9 pares que tienen a lado un * presentan diferencias significativas con un nivel del 95% de confianza. Esto indica que al elaborar pan de arroz sin gluten a partir de diferentes variedades, el volumen específico si difiere en el producto final.



Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

GRÁFICO 1 CAJA Y BIGOTES PARA VS POR VARIEDAD

El diagrama de caja y bigotes Gráfico 1 muestra el volumen específico por cada variedad. Gráficamente, se observa que el pan que presentó el volumen específico más bajo (1,79+/-0,02 ml/g) fue elaborado a partir de la variedad de arroz INIAP 17 que difiere completamente del resto de variedades. Las demás muestras de pan presentaron valores cercanos al pan con mayor volumen específico (2,45+/-0,18 ml/g); el mismo que se hizo con la variedad de arroz F09.

El valor máximo obtenido es muy bajo comparado con el volumen de un pan tradicional que tiene un valor alrededor de 5,8 ml/g (Armando Alvis*, 2011), por lo tanto se puede decir que al sustituir completamente la harina de trigo por harina de arroz en las formulaciones de pan este parámetro disminuye. Debido a que las proteínas contenidas en la harina de arroz son hidrofóbicas es decir que al mezclarse con el agua son incapaces de formar una red proteica esto trae como consecuencia que el CO2 producido en la fermentación no se retiene en la masa y esto se traduce en la obtención de un pan con bajo volumen específico, generando un producto final de baja calidad.

3.2. Efecto de la Variedad de Arroz en Relación Alto/ Ancho del Pan de Arroz.

TABLA 2

PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS PARA ALTO/ANCHO POR VARIEDAD

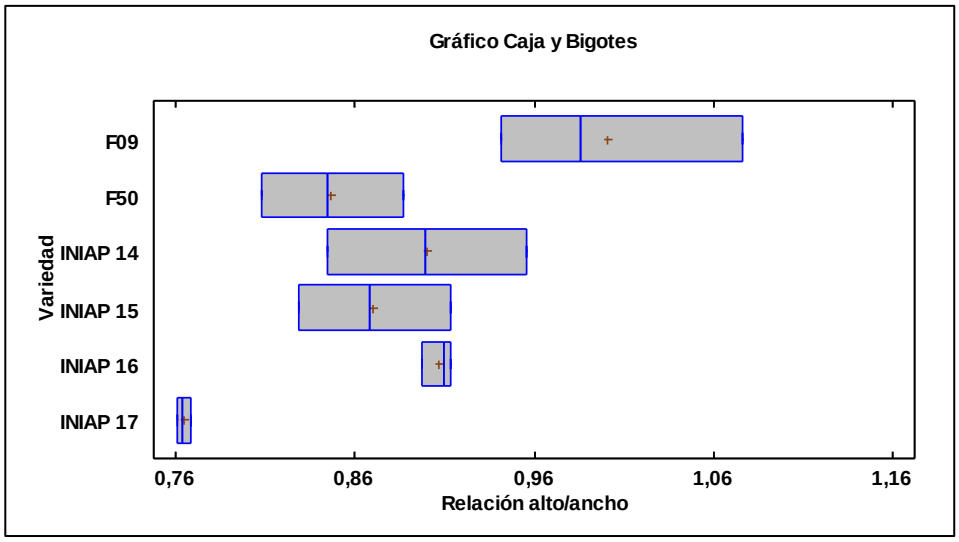
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
F09 - F50	*	0,15	0,07
F09 - INIAP 14	*	0,10	0,07
F09 - INIAP 15	*	0,13	0,07
F09 - INIAP 16	*	0,09	0,07
F09 - INIAP 17	*	0,23	0,07
F50 - INIAP 14		-0,05	0,07
F50 - INIAP 15		-0,02	0,07
F50 - INIAP 16		-0,06	0,07
F50 - INIAP 17	*	0,08	0,07
INIAP 14 - INIAP 15		0,03	0,07
INIAP 14 - INIAP 16		-0,006	0,07
INIAP 14 - INIAP 17	*	0,13	0,07
INIAP 15 - INIAP 16		-0,03	0,07
INIAP 15 - INIAP 17	*	0,10	0,07
INIAP 16 - INIAP 17	*	0,14	0,07

* indica una diferencia significativas.

Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

Mediante el test ANOVA se determinó que el valor-P de la prueba-F es 0.0006 el cual es menor a 0.05 por lo tanto existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 6 variables con un nivel del 95% de confianza.

La prueba de Múltiples Rangos que se detalla en la Tabla 2 permitió comparar las medias que son significativamente diferentes de otras. Se puede decir que los 9 pares que tienen a lado un * presentan diferencias significativas con un nivel del 95% de confianza.



Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

GRÁFICO 2 CAJA Y BIGOTES PARA ALTO/ANCHO POR VARIEDAD

El diagrama de caja y bigotes Gráfico 2 muestra la relación alto/ancho por cada variedad. Gráficamente, se observa que la muestra de pan que presentó el valor mínimo (0,76+/-0,00) para la relación alto/ancho se obtuvo de la variedad de arroz INIAP 17 mientras que el valor máximo (1,00+/-0,06) perteneció a la variedad de arroz F09, entre ambas variedades presentaron diferencias

significativas y a la vez difieren con el resto de muestras. El resto de variedades INIAP 14, 15, 16 y F50 no se encontraron diferencias en esta característica. La relación existente entre el alto y ancho permite conocer la forma que tuvo el producto final. Sería recomendable hacer pan a partir de las variedades que tengan valores pequeños porque se cree que tendrían mayor altura y mejor proporción.

3.3. Efecto de la Variedad de Arroz en la Textura del Pan de Arroz

Para el análisis del efecto de la variedad de arroz en la textura del pan sin gluten se evaluaron 3 parámetros entre los cuales se pueden citar dureza, elasticidad y masticabilidad.

Dureza

TABLA 3

PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS PARA DUREZA POR VARIEDAD

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
F09 - F50		-0,28	2,40
F09 - INIAP 14		-2,01	2,40
F09 - INIAP 15	*	-5,75	2,40
F09 - INIAP 16	*	-3,79	2,40
F09 - INIAP 17	*	-7,87	2,40
F50 - INIAP 14		-1,72	2,40
F50 - INIAP 15	*	-5,47	2,40
F50 - INIAP 16	*	-3,51	2,40
F50 - INIAP 17	*	-7,59	2,40
INIAP 14 - INIAP 15	*	-3,74	2,40
INIAP 14 - INIAP 16		-1,78	2,40
INIAP 14 - INIAP 17	*	-5,86	2,40
INIAP 15 - INIAP 16		1,95	2,40
INIAP 15 - INIAP 17		-2,12	2,40
INIAP 16 - INIAP 17	*	-4,08	2,40

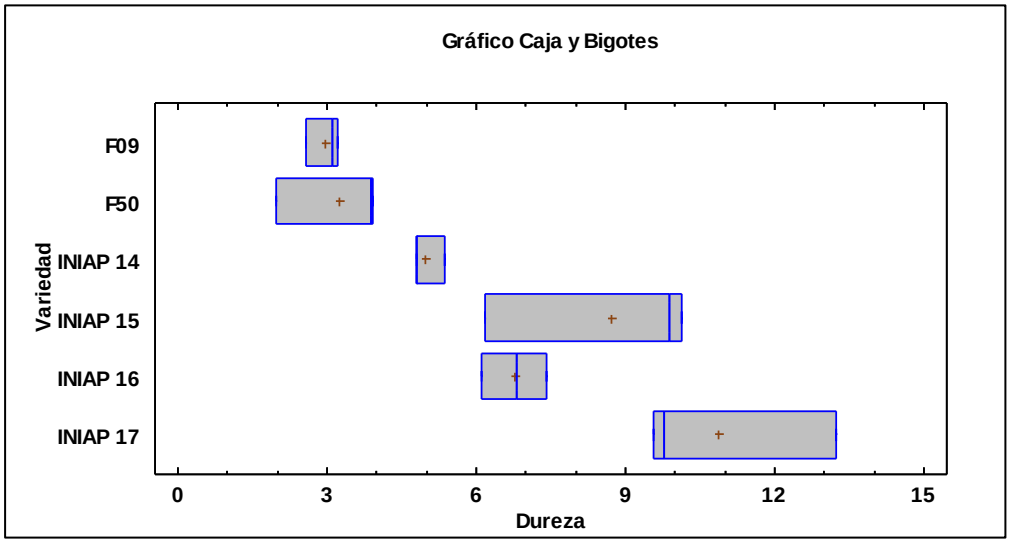
* indica una diferencia significativa.

Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

Mediante el test ANOVA se determinó que el valor-P de la prueba-F es 0.0001 el cual es menor a 0.05 por lo tanto existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 6 variables con un nivel del 95% de confianza.

La prueba de Múltiples Rangos que se detalla en la Tabla 3 permitió comparar las medias que son significativamente diferentes de otras.

Se puede decir que los 9 pares que tienen a lado un * presentan diferencias significativas con un nivel del 95% de confianza. Esto indica que al elaborar pan de arroz sin gluten a partir de diferentes variedades, la dureza si difiere en el producto final.



Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

GRÁFICO 3 CAJA Y BIGOTES PARA DUREZA POR VARIEDAD

El diagrama de caja y bigotes Gráfico 3 muestra la dureza por cada variedad. Gráficamente, se observa que el pan que obtuvo mayor dureza (10,86+/-2,06N) fue el elaborado a partir de la variedad INIAP 17, el cual presenta diferencias significativas con las muestras de pan elaboradas a partir de las variedades INIAP 14,

16, F09 y F50. El pan con menor dureza (2,98+/-0,33N) fue el elaborado a partir de la variedad F09 el cual no difiere de su homologo, pero presenta diferencias significativas con las variedades de pan elaboradas a partir de las variedades INIAP 15,16 y 17. Sería recomendable elaborar pan con las variedades de Pronaca (F09 y F50), ya que el producto final posee un mayor contenido de humedad, por consiguiente tendrá mayor suavidad.

Elasticidad

TABLA 4

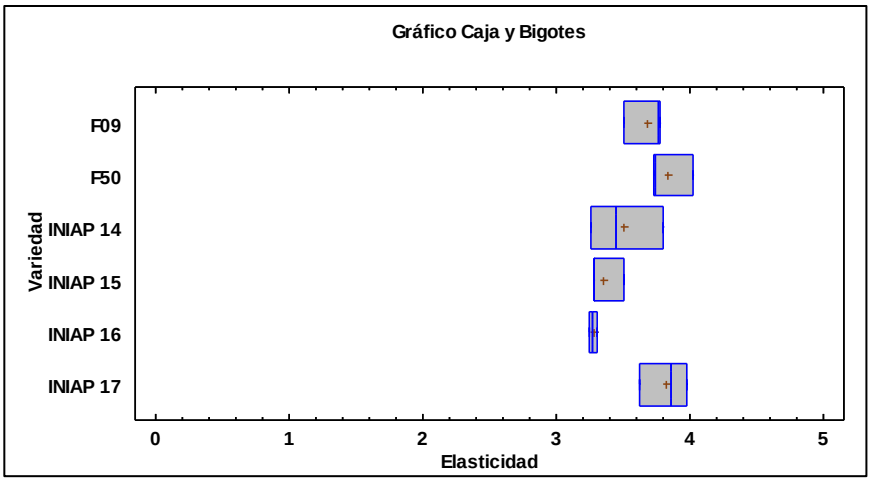
PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS PARA ELASTICIDAD POR VARIEDAD

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
F09 - F50		-0,14	0,30
F09 - INIAP 14		0,18	0,30
F09 - INIAP 15	*	0,32	0,30
F09 - INIAP 16	*	0,40	0,30
F09 - INIAP 17		-0,13	0,30
F50 - INIAP 14	*	0,32	0,30
F50 - INIAP 15	*	0,47	0,30
F50 - INIAP 16	*	0,55	0,30
F50 - INIAP 17		0,01	0,30
INIAP 14 - INIAP 15		0,14	0,30
INIAP 14 - INIAP 16		0,22	0,30
INIAP 14 - INIAP 17	*	-0,31	0,30
INIAP 15 - INIAP 16		0,08	0,30
INIAP 15 – INIAP 17	*	-0,46	0,30
INIAP 16 - INIAP 17	*	-0,54	0,30

* indica una diferencia significativa.
Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

Mediante el test ANOVA se determinó que el valor-P de la prueba-F es 0.0069 el cual es menor a 0.05 por lo tanto existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 6 variables con un nivel del 95% de confianza.

La prueba de Múltiples Rangos que se detalla en la Tabla 4 permitió comparar las medias que son significativamente diferentes de otras. Se puede decir que los 8 pares que tienen a lado un * presentan diferencias significativas con un nivel del 95% de confianza. Esto indica que al elaborar pan de arroz sin gluten a partir de diferentes variedades, la elasticidad si difiere en el producto final.



Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

GRÁFICO 4 CAJA Y BIGOTES PARA ELASTICIDAD POR VARIEDAD

El diagrama de caja y bigotes Gráfico 4 muestra la elasticidad por cada variedad. Gráficamente, se observa que los panes sin gluten elaborados con harina de arroz presentan un bajo nivel de elasticidad esto se debe a la falta de prolaminas (Gluteninas) que son las responsables de brindar la elasticidad requerida. Aunque sus valores son bajos, los panes elaborados con las diferentes variedades estudiadas si presentaron diferencias significativas entre ellas. La variedad INIAP 16 es la que tiene menor elasticidad (3,28+/-0,03) presentando diferencias significativas con la variedad INIAP 17 y las variedades F09 y F50. La variedad F09 es la que mayor elasticidad tiene (3,83+/-0,16) presentando diferencias significativas con las variedades INIAP 14, 15, 16. Un valor de elasticidad bajo indica que el producto final es quebradizo, mientras que para un valor de elasticidad alto da como resultado un pan con mayor gomosidad.

Masticabilidad:

TABLA 5

PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS PARA MASTICABILIDAD POR VARIEDAD

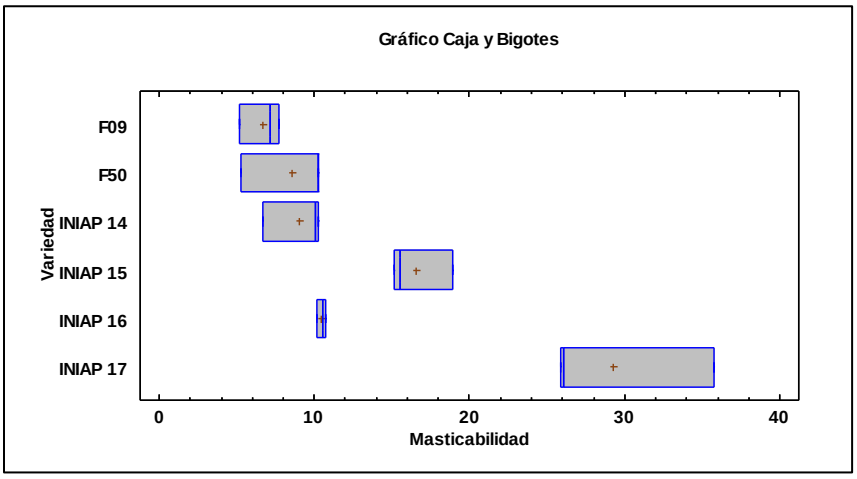
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
F09 - F50		-1,90	5,18
F09 - INIAP 14		-2,33	5,18
F09 - INIAP 15	*	-9,86	5,18
F09 - INIAP 16		-3,79	5,18
F09 - INIAP 17	*	-22,55	5,18
F50 - INIAP 14		-0,43	5,18
F50 - INIAP 15	*	-7,96	5,18
F50 - INIAP 16		-1,89	5,18
F50 - INIAP 17	*	-20,64	5,18
INIAP 14 - INIAP 15	*	-7,53	5,18
INIAP 14 - INIAP 16		-1,45	5,18
INIAP 14 - INIAP 17	*	-20,21	5,18
INIAP 15 - INIAP 16	*	6,07	5,18
INIAP 15 - INIAP 17	*	-12,68	5,18
INIAP 16 - INIAP 17	*	-18,75	5,18

* indica una diferencia significativa.

Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

Mediante el test ANOVA se determinó que el valor-P de la prueba-F es 0.0000 el cual es menor a 0.05 por lo tanto existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 6 variables con un nivel del 95% de confianza.

La prueba de Múltiples Rangos que se detalla en la Tabla 5 permitió comparar las medias que son significativamente diferentes de otras. Se puede decir que los 9 pares que tienen a lado un * presentan diferencias significativas con un nivel del 95% de confianza. Esto indica que al elaborar pan de arroz sin gluten a partir de diferentes variedades, la masticabilidad si difiere en el producto final.



Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

GRÁFICO 5 CAJA Y BIGOTES PARA MASTICABILIDAD POR VARIEDAD

El diagrama de caja y bigotes Gráfico 5 muestra la masticabilidad por cada variedad. Gráficamente, se observa que el pan con menor masticabilidad (6,68+/-1,33mJ) se elaboró con la variedad F09, el

cual no presentó diferencias significativas con su homólogo F50 y las variedades de INIAP 14, 16. La muestra con mayor masticabilidad (29,23+/-5,68mJ) perteneció a la variedad INIAP 17, el cual presentó diferencias significativas con todas las muestras estudiadas al igual que INIAP 15. La medición de la masticabilidad es directamente proporcional a la elasticidad; los panes de las diferentes variedades tuvieron valores bajos de elasticidad lo que se traduce en obtener panes con baja masticabilidad es decir que tuvieron baja gomosidad y son fracturables.

3.4. Efecto de la Variedad de Arroz en el Color del Pan de Arroz

Para el análisis de color del pan se evaluaron 3 parámetros entre los cuales podemos citar L*es luminosidad, a* es dirección del rojo (+) al tono verde (-) y b* es tono amarillo (+) y tono azul (-).

Luminosidad:

TABLA 6

PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS PARA L* POR VARIEDAD

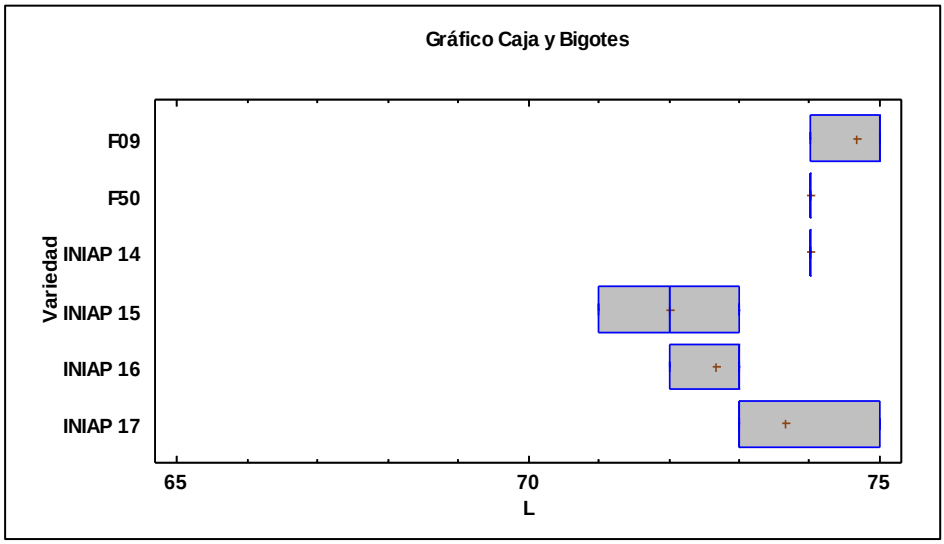
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
F09 - F50		0,66	1,25
F09 - INIAP 14		0,66	1,25
F09 - INIAP 15	*	2,66	1,25
F09 - INIAP 16	*	2,0	1,25
F09 - INIAP 17		1,0	1,25
F50 - INIAP 14		0	1,25
F50 - INIAP 15	*	2,0	1,25
F50 - INIAP 16	*	1,33	1,25
F50 - INIAP 17		0,33	1,25
INIAP 14 - INIAP 15	*	2,0	1,25
INIAP 14 - INIAP 16	*	1,33	1,25
INIAP 14 - INIAP 17		0,33	1,25
INIAP 15 - INIAP16		-0,66	1,25
INIAP 15 - INIAP 17	*	-1,66	1,25
INIAP 16 - INIAP 17		-1,0	1,25

* indica una diferencia significativa.

Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

Mediante el test ANOVA se determinó que el valor-P de la prueba-F es 0.0060 el cual es menor a 0.05 por lo tanto existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 6 variables con un nivel del 95% de confianza.

La prueba de Múltiples Rangos que se detalla en la Tabla 6 permitió comparar las medias que son significativamente diferentes de otras. Se puede decir que los 7 pares que tienen a lado un * presentan diferencias significativas con un nivel del 95% de confianza. Esto indica que al elaborar pan de arroz sin gluten a partir de diferentes variedades, la L* si difiere en el producto final.



Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

GRÁFICO 6 CAJA Y BIGOTES PARA L* POR VARIEDAD

El diagrama de caja y bigotes Gráfico 6 muestra la luminosidad por cada variedad. Gráficamente, se observa que la variedad de F09 obtuvo el valor más alto (74,66+/-0,57), esto reveló que esta variedad proporciona colores más claros en el pan sin gluten. Por

otra parte se observó que la variedad INIAP 15 presentó el valor más bajo (72,00+/-1,00) indicando de esta manera que las muestras de este pan son más oscuras.

a*

TABLA 7

PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS PARA a* POR VARIEDAD

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
F09 - F50		-0,33	1,18
F09 - INIAP 14		0	1,18
F09 - INIAP 15		-1,0	1,18
F09 - INIAP 16		-1,0	1,18
F09 - INIAP 17		-0,66	1,18
F50 - INIAP 14		0,33	1,18
F50 - INIAP 15		-0,66	1,18
F50 - INIAP 16		-0,66	1,18
F50 - INIAP 17		-0,33	1,18
INIAP 14 - INIAP 15		-1,0	1,18
INIAP 14 - INIAP 16		-1,0	1,18
INIAP 14 - INIAP 17		-0,66	1,18
INIAP 15 - INIAP 16		0	1,18
INIAP 15 - INIAP 17		0,33	1,18
INIAP 16 - INIAP 17		0,33	1,18

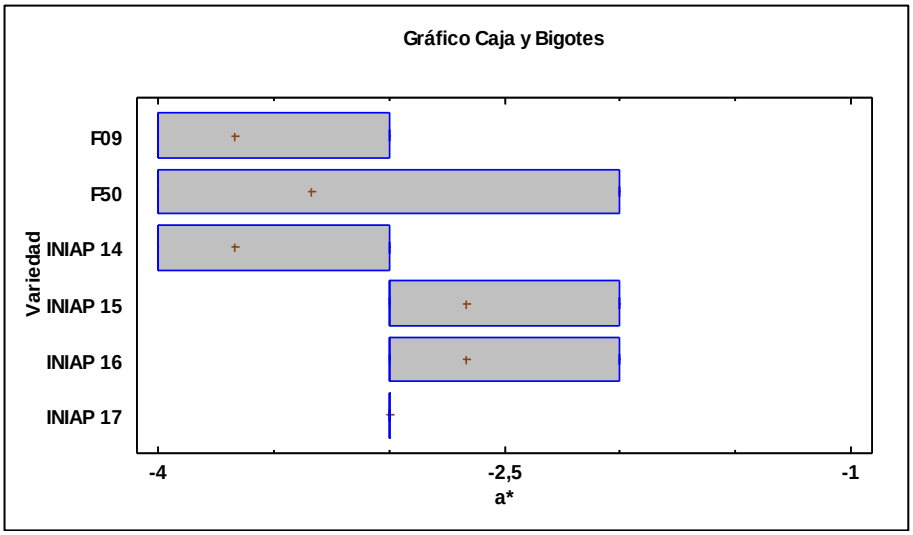
* indica una diferencia significativa.

Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

Mediante el test ANOVA se determinó que el valor-P de la prueba-F es 0.2840 el cual es mayor a 0.05 por lo tanto no existe diferencia

estadísticamente significativa entre las medias de las 6 variables con un nivel del 95% de confianza.

La prueba de Múltiples Rangos que se detalla en la Tabla 7 permitió comparar las medias que son significativamente diferentes de otras. El análisis minucioso permite conocer que no existe diferencia entre las variedades estudiadas.



Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

GRÁFICO 7 CAJA Y BIGOTES PARA a* POR VARIEDAD

El diagrama de caja y bigotes Gráfico 7 muestra a* por cada variedad. Gráficamente, se observa que las variedades de arroz no

afectan el rango de colores de rojo (+) a verde (-) en las muestras de pan de cada variedad.

b*

TABLA 8

PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS PARA b* POR VARIEDAD

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
F09 - F50		-1,33	4,08
F09 - INIAP 14		-0,33	4,08
F09 - INIAP 15	*	-5,66	4,08
F09 - INIAP 16		-0,66	4,08
F09 - INIAP 17	*	-4,33	4,08
F50 - INIAP 14		1,0	4,08
F50 - INIAP 15	*	-4,33	4,08
F50 - INIAP 16		0,66	4,08
F50 - INIAP 17		-3,0	4,08
INIAP 14 - INIAP 15	*	-5,33	4,08
INIAP 14 - INIAP 16		-0,33	4,08
INIAP 14 - INIAP 17		-4,0	4,08
INIAP 15 - INIAP 16	*	5,0	4,08
INIAP 15 - INIAP 17		1,33	4,08
INIAP 16 - INIAP 17		-3,66	4,08

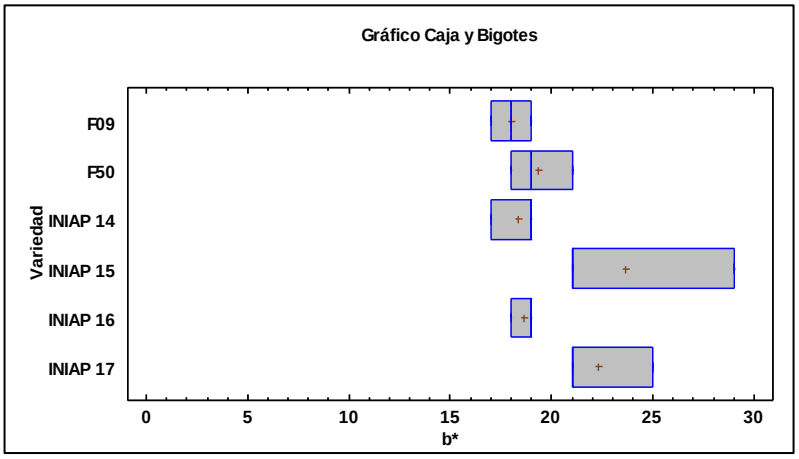
* indica una diferencia significativa.

Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

Mediante el test ANOVA se determinó que el valor-P de la prueba-F es 0.0472 el cual es menor a 0.05 por lo tanto existe diferencia

estadísticamente significativa entre las medias de las 6 variables con un nivel del 95% de confianza.

La prueba de Múltiples Rangos que se detalla en la Tabla 8 permitió comparar las medias que son significativamente diferentes de otras. Se puede decir que los 5 pares que tienen a lado un * presentan diferencias significativas con un nivel del 95% de confianza. Esto indica que al elaborar pan de arroz sin gluten a partir de diferentes variedades, el b* si difiere en el producto final.



Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

GRÁFICO 8 CAJA Y BIGOTES PARA b* POR VARIEDAD

El diagrama de caja y bigotes Gráfico 8 muestra b* por cada variedad. Gráficamente, se observa que para la prueba de color del

valor b* se obtuvo que la variedad INIAP 15 presentó el valor más alto (23,66+/-4,61), esto revela que la muestra de pan elaborada a partir de la misma tiende a tonos más amarillos en su presentación. La variedad F09 obtuvo los valores más bajos (18,00+/-1,00), esto indica que la tonalidad en la muestra de pan tiende a una coloración azul. El análisis minucioso permite conocer que la variedad INIAP 15 presenta diferencias con el resto de variedades en estudio a excepción de la INIAP 17.

3.5. Efecto de la Variedad de Arroz en la Humedad y Actividad de Agua del Pan de Arroz

Humedad

TABLA 9

PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS PARA PORCENTAJE HUMEDAD POR VARIEDAD

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
F09 - F50		2,85	2,91
F09 - INIAP 14	*	6,17	2,91
F09 - INIAP 15	*	4,83	2,91
F09 - INIAP 16	*	4,58	2,91
F09 - INIAP 17	*	4,48	2,91
F50 - INIAP 14	*	3,31	2,91
F50 - INIAP 15		1,98	2,91
F50 - INIAP 16		1,72	2,91
F50 - INIAP 17		1,62	2,91
INIAP 14 - INIAP 15		-1,33	2,91
INIAP 14 - INIAP 16		-1,59	2,91
INIAP 14 - INIAP 17		-1,69	2,91
INIAP 15 - INIAP 16		-0,25	2,91
INIAP 15 - INIAP 17		-0,35	2,91
INIAP 16 - INIAP 17		-0,1	2,91

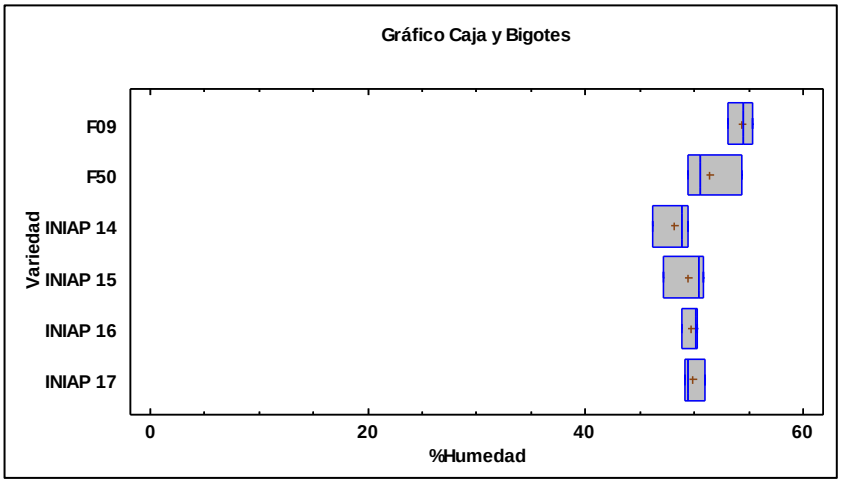
* indica una diferencia significativa.

Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

Mediante el test ANOVA se determinó que el valor-P de la prueba-F es 0.0094 el cual es menor a 0.05 por lo tanto existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 6 variables con un nivel del 95% de confianza.

La prueba de Múltiples Rangos que se detalla en la Tabla 9 permitió comparar las medias que son significativamente diferentes de otras.

Se puede decir que los 5 pares que tienen a lado un * presentan diferencias significativas con un nivel del 95% de confianza. Esto indica que al elaborar pan de arroz sin gluten a partir de diferentes variedades, la humedad si difiere en el producto final.



Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

GRÁFICO 9 CAJA Y BIGOTES PARA HUMEDAD POR VARIEDAD

El diagrama de caja y bigotes Gráfico 9 muestra el porcentaje de humedad por cada variedad. Gráficamente, se observa que el pan que obtuvo mayor humedad (54,30+/-1,08%) fue elaborado a partir de la variedad de arroz F09, el cual no difiere de su homólogo F50. El pan con menor contenido de humedad (48,13+/-1,70%) se realizó con la variedad de arroz INIAP 14, la misma que no presenta

diferencias con el resto de variedades de INIAP. Sería recomendable producir pan con las variedades de Pronaca (F09 y F50), ya que el producto final tendría mayor contenido de humedad y esto favorece que el endurecimiento y envejecimiento del pan sea un poco más prolongado en comparación con las otras variedades.

Aw

TABLA 10

PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS PARA Aw POR VARIEDAD

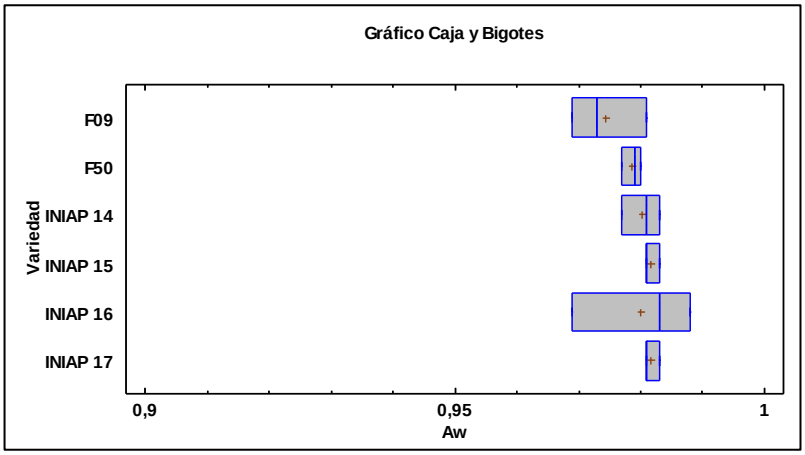
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
F09 - F50		-0,004	0,008
F09 - INIAP 14		-0,006	0,008
F09 - INIAP 15		-0,007	0,008
F09 - INIAP 16		-0,005	0,008
F09 - INIAP 17		-0,007	0,008
F50 - INIAP 14		-0,001	0,008
F50 - INIAP 15		-0,003	0,008
F50 - INIAP 16		-0,001	0,008
F50 - INIAP 17		-0,003	0,008
INIAP 14 - INIAP 15		-0,001	0,008
INIAP 14 - INIAP 16		0,00033	0,008
INIAP 14 - INIAP 17		-0,001	0,008
INIAP 15 - INIAP 16		0,001	0,008
INIAP 15 - INIAP 17		0	0,008
INIAP 16 - INIAP 17		-0,001	0,008

* indica una diferencia significativa.

Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

Mediante el test ANOVA se determinó que el valor-P de la prueba-F es 0.5046 el cual es mayor a 0.05 por lo tanto no existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 6 variables con un nivel del 95% de confianza

La prueba de Múltiples Rangos que se detalla en la Tabla 10 permitió comparar las medias que son significativamente diferentes de otras. El análisis minucioso permite conocer que no existe diferencia entre las variedades estudiadas. Por lo tanto la Aw es un parámetro que no cambia al utilizar las distintas variedades de arroz.



Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

GRÁFICO 10 CAJA Y BIGOTES PARA Aw POR VARIEDAD

El diagrama de caja y bigotes Gráfico 10 muestra la Aw por cada variedad. Gráficamente, se observa que en promedio se tuvo un valor de 0,979+/-0,00 para esta característica; no se ve afectada por la variedad de arroz utilizada. Es decir que la cantidad de agua ligada en las muestras de pan fue la misma, esto permite saber que los 6 panes mantuvieron su frescura y estabilidad durante el mismo tiempo.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se estudió seis variedades de arroz entre las cuales se puede citar a INIAP 14, 15, 16, 17 y F09, F50 a partir de éstas se obtuvo la harina para elaborar pan sin gluten. La sustitución completa de la harina de trigo en las formulaciones de pan por cien por ciento harina de arroz efectuó cambios en el producto final comparado en relación a un pan tradicional.

El uso de diferentes variedades de arroz provocó un efecto significativo sobre algunas de las características físicas y químicas en el pan sin gluten. Específicamente el volumen específico, relación alto/ancho, textura, color y humedad. Por otro lado, la Aw no difirió en las muestras de pan final. Considerando que el volumen específico, define la calidad del pan, la variedad de arroz que obtuvo el mayor volumen fue F09. Es decir, esta variedad tiene la capacidad de retener mejor el CO2 formado durante la fermentación. En cuanto a la relación alto/ancho, la variedad

F09 no proporcionó el valor deseado porque su valor indica la formación de un pan plano difiriendo completamente de la variedad que si cumplió que fue INIAP 17, pero que resultó compensado el resto de parámetros.

Para la prueba de textura los valores obtenidos de dureza han sido bajos comparados a otros estudios como los de Machado (1996) y Gujral y Molina (2004) en panes a base de harina de arroz. Esto indicaría algo positivo debido a que llega a asemejarse a valores de pan de trigo tradicional, pudiendo tener mayor aceptación en el mercado.

Ya que algunos de los parámetros no cumple con las características del pan de trigo tradicional, se recomienda que para elaborar pan sin gluten se puede hacer una combinación de las harinas determinando así la proporción de cada variedad; la proporción patrón será harina a partir de F09 mezclada con INIAP 17 que ofreció mejores resultados para las pruebas de relación ancho/alto y masticabilidad se pretende que se observen si existen cambios favorables en el producto final.

Para conocer la aceptación de este producto por parte del consumidor es necesario realizar pruebas de evaluación sensorial que determinarán si tiene oportunidad de entrar al mercado o no y consecuentemente hacer un análisis financiero de cuánto costaría producir una unidad de este pan.

ANEXOS

ANEXO A

Determinación del volumen específico de las muestras de pan sin gluten

Desplazamiento de la semilla

Medición del volumen en la probeta

ANEXO B

Determinación de la relación alto/ancho en las muestras de pan sin gluten

Variedad F09

Variedad INIAP 17

ANEXO C

Determinación de la Textura en las muestras de pan sin gluten

Texturómetro: Modelo CT3, Marca Brookfield

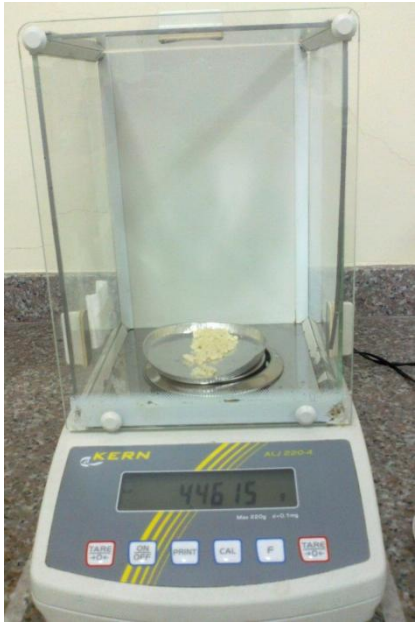
ANEXO D

Determinación del color en las muestras de pan sin gluten

Sistema de Visión Computarizado, con la muestra de pan incluida para tomar la foto

ANEXO E

Determinación del contenido de Humedad en las muestras de pan sin gluten

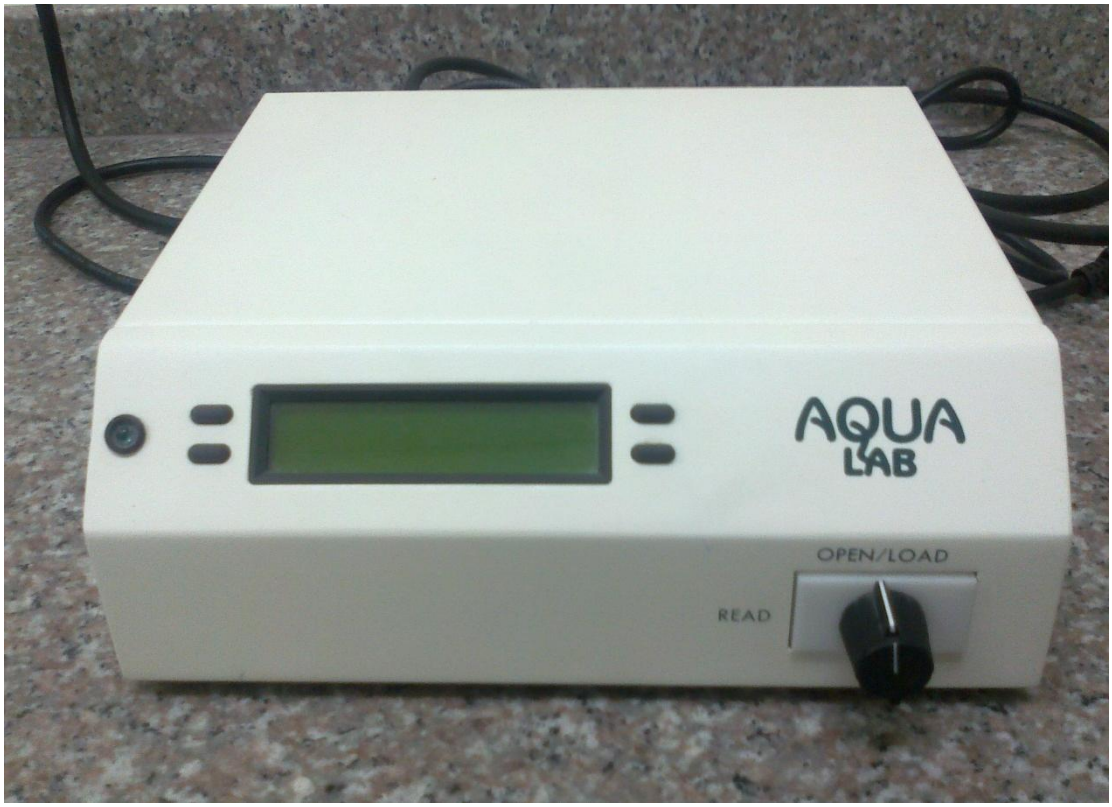


Balanza Analítica con muestra de pan

Muestras de pan de variedades de arroz diferentes que van directamente a la estufa

ANEXO F

Determinación de la actividad de agua de las muestras de pan sin gluten



Equipo AQUA Lab Serie 3

ANEXO G

Pan sin gluten de las diferentes variedades de arroz

Variedad INIAP 14

Variedad INIAP 15

Variedad INIAP 16

Variedad INIAP 17

Variedad F09

Variedad F50

ANEXO H

Rebanadas de pan sin gluten de las seis variedades de arroz para pruebas de textura, relación alto/ancho y color

ANEXO I

Equipos utilizados en la obtención de harina

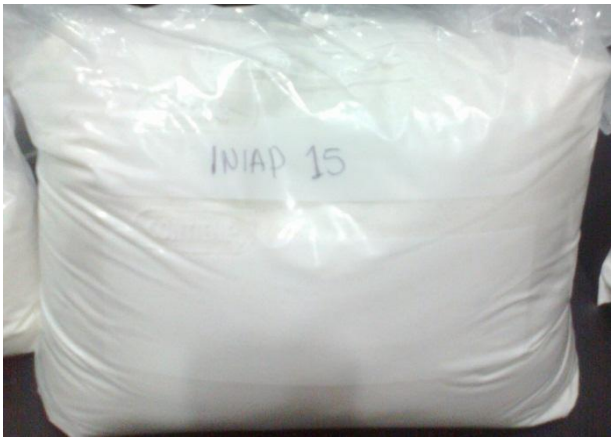
Molino, modelo RPM1720-MCF

Molino, modelo CYCLOTEC

ANEXO J

Harina obtenida de las diferentes variedades de arroz

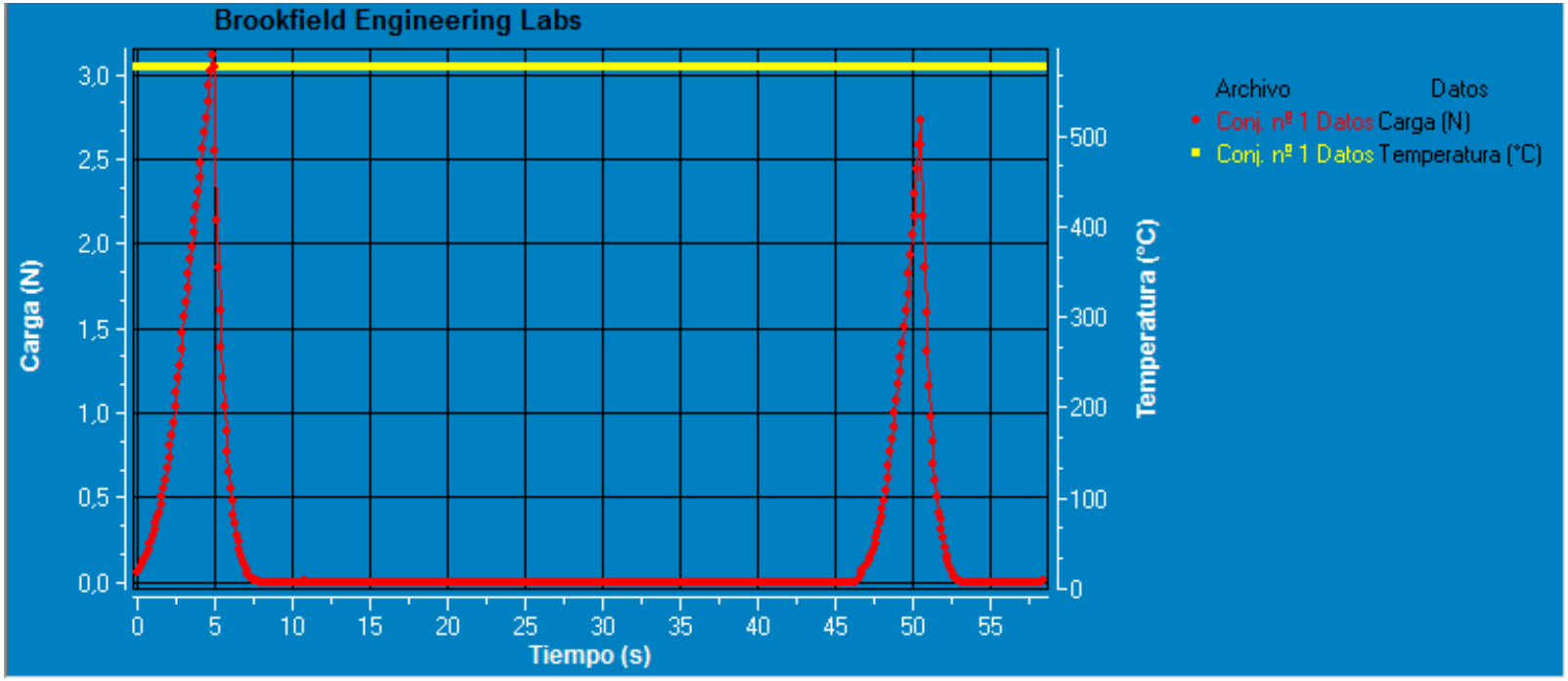
INIAP 14



INIAP 15

ANEXO K

Fuerza vs Tiempo de un pan sin gluten



BIBLIOGRAFÍA

(1) Hernández-Lahoz C., Mauri-Capdevila G., Vega-Villar J., Rodrigo L. Revista de Neurologia. "*Neurogluten: patología neurológica por intolerancia al gluten"*. Volumen: 53 (5): pags: 287 - 300. 2011.

(2) Reardon J. North Carolina Department of Agriculture and Consumer Services, Food and Drug Protection Division. "*Intolerancia al Gluten y la Enfermedad de los Celíacos"*. North Carolina. Pags:1-3.

(3) Sciarini L., Ribotta P., León A., Pérez G. International Journal of Food Science and Technology. "Effect of hydrocolloids on gluten-free batter properties and bread quality". Volumen 45, 2306 - 2312. 2010.

(4) Mandala I., Kapsokefalou M. Gluten-Free Bread: Sensory, Physicochemical, and Nutritional Aspect. "*Flour and Breads and their fortification in Health and Disease Prevention".* Capitulo 15. Pags: 161 - 169 2011.

(5) Arendt E., Morrissey A., Moore M., Dal Bello F. Gluten - Free breads. "*Cereal Products and Beverage"*. Capitulo 13. Pag: 289 – 319. 2008.

(6) Rosell C., León A. De tales harinas, tales panes.”*Arroz”.* 1ª Edición. Córdoba, Argentina. Pags:123 - 193. 2007.

(7) Marco C. “*Mejora de la funcionalidad de proteínas de cereales libres de gluten: Aplicación en productos fermentados”.* TESIS DOCTORAL DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA VALENCIA. Valencia. 2008.

(8) Conocimiento con todos y para todos. Disponible en: http://www.ecured.cu/index.php/Variedades_de_Arroz

(9) INIAP. Instituto de Investigación Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.*”Variedades del arroz ecuatoriano”.* Disponible en: http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com_content&view=article&id=346&Itemid=249

(10) Alvis A., Pérez L., Arrazola G. “*Estudio de Propiedades Físicas y Viscoelásticas de Panes Elaborados con Mezclas de Harinas de Trigo y de Arroz Integral” .* Colombia. Vol. 22(4), 107-116 . 2011.

(11) Características físicas y químicas del pan elaborado con harina de trigo. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/perez_g_g/capitulo7.pdf

(12) Álvarez L., Vallejos R. Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy . "*El pan nuestro de cada día"*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO. Vol 11- N° 62. 2001.

(13) Tinoco O., "*Desarrollo y evaluación física-química y sensorial de un pan usando salvado de trigo y harina integral".*PROYECTO ESPECIAL*.* Zamorano, Honduras. 2009.

(14) Ordóñez G., Oviedo R. *"Alternativas de Aprovechamiento de Harinas no Tradicionales para la Elaboración de Pan Artesanal".* TESIS DE GRADO DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÈCNICA DEL LITORAL . Guayaquil, Ecuador. 2010.