



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**  
**PROYECTO DE INVESTIGACION**  
**PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE**  
**INGENIERO QUIMICO**

**TEMA:**

ESTUDIO EXPERIMENTAL PARA LA FORMULACION DE LAS MEZCLAS DE  
HARINAS DE ARROZ Y TRIGO EN LA INDUSTRIA DE LA PANIFICACION

**AUTORES:**

MARCO ANTONIO DIAZ ALMEIDA  
ALEX NAXIMILIANO SEVILLA SANTANA

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

ING QCO FAUSTO NOLIVOS REINOSO

Guayaquil - Ecuador

Junio – 10 - 2011

Declaración

“La responsabilidad del contenido desarrollado en este trabajo de investigación, me corresponde exclusivamente; y la propiedad intelectual de la misma a la Universidad de Guayaquil según lo establecido en la ley vigente ”

Firma.....

Marco Antonio Díaz Almeida

Declaración

“La responsabilidad del contenido desarrollado en este trabajo de investigación, me corresponde exclusivamente; y la propiedad intelectual de la misma a la Universidad de Guayaquil según lo establecido en la ley vigente ”

Firma.....

Alex Maximiliano Sevilla Santana

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCION**

Los cereales son unas de las fuentes principales de calorías para el hombre, entre ellos el trigo, este es el cereal predominantemente usado en panificación, de forma individual o combinado con otros cereales. El pan de harina de trigo forma parte de la dieta diaria de la población. Si bien no representa el cereal que se consume en mayor cantidad, su consumo es frecuente y tiende a incorporarse cada vez más en la dieta habitual. Derivados del trigo como el pan y las pastas son de consumo masivo. El alto consumo se debe principalmente a las características de las proteínas del trigo que forman una red bioelástica que origina la masa de panadería.

Sin embargo, en los últimos años el uso de la harina de arroz en panificación se ha ido incrementado progresivamente, En este sentido uno de los subproductos del arroz como el arrocillo que ha sido objeto de investigaciones, implementado productos como harina de arroz, que supla de una manera total o parcial la dependencia única de trigo. La sustitución de la harina de trigo por otras harinas para la elaboración de productos horneados, entre ellos el pan, hace necesario modificar los parámetros de los procesos de elaboración y el uso de agentes que ayuden al desarrollo de la masa.

De todos los cereales, el arroz es el más escaso de proteínas y el más rico en almidón. El valor biológico de la proteína contenida en el arroz es muy alto respecto de la proteína de otros cereales y su fácil digestibilidad hace que este cereal tenga fundamental importancia en la alimentación. Si bien su empleo en la industria de la panificación es modesto, motivo por el cual es necesario contribuir con investigaciones que sirvan para el desarrollo potencial en la industria panificadora. Se han desarrollado estudio de harinas compuestas al mezclar las

harinas de trigo con otros cereales; leguminosas, oleaginosas y tubérculos. Estas harinas permiten la suplementación demasa de pan, aumentado su valor nutritivo 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. El concepto de molienda en el arroz difiere completamente del trigo. El trigo es molturado para obtener harina, mientras que la molienda del arroz incluye el descascarillado, la eliminación del salvado y finalmente la separación de los granos partidos y dañados .Esta harina se usa para alimentos infantiles, productos extruídos y diversos productos de panificación. Las harinas de arroz tienen la misma composición química que los granos de donde proceden. Por tanto las propiedades funcionales de estas dependen de la variedad, condiciones medioambientales y métodos de molienda.

No es posible sostener el abastecimiento de trigo para Ecuador puesto que nuestro país no es productor de grandes cantidades que suplan la demanda nacional de este cereal, no obstante de el 100% de trigo que se usa en la industria de la panificación 95 % es importado, aumentando así los costos de producción en la elaboración del producto terminado, es fundamental, dada la importancia que posee el pan en la canasta familiar nos lleva a la búsquedas de alternativas como la implementación de adecuadas combinaciones de harina de trigo + harina de arroz esperando lograr una alternativa a la deficiencia de harina de trigo y obtener así un producto que conserve las misma o parecidas características físicas y organolépticas, que un pan 100% de trigo.

En base a todo lo mencionado se planteó como objetivo del presente trabajo, elaborar panes de molde con harina de trigo y salvado de arroz estabilizado por calor, estudiar sus características químicas físicas y sensoriales, de esta manera se aprovechará un subproducto agroindustrial.

## CAPITULO II

### REVISION DE LITERATURA

#### 2.1. La Harina de arroz en panificación.

**Kohlwey et al., (1995)** indica que para intentar aproximarse a un pan de calidad aceptable, se han llevado a cabo estudios en donde se han incorporado a la formulación ingredientes capaces de aportar propiedades visco-elásticas a la masa que contribuyan a la retención del gas producido durante la fermentación, aspecto de fundamental importancia para la formación y el establecimiento de la estructura que determina la textura final característica del pan elaborado con harina de trigo.

**D'Appolinia. (1997)** menciona que se han desarrollado estudio de harinas compuestas al mezclar las harinas de trigo con otros cereales; leguminosas, oleaginosas y tubérculos. Estas harinas permiten la suplementación de masa de pan, aumentado su valor nutritivo y diversificando productos de regiones tropicales.

**Almazán, (1990)** manifiesta que el término de harina compuesta se refiere a cualquier mezcla de dos o más harinas de cereales: Leguminosas tubérculos con diferentes fines. Entre los productos desarrollados con estas harinas compuestas se destacan los horneados. Especial el pan, la función de la panificación es presentar la harina en forma atractiva pal atable y digerible.

**Wendy et al., (1970)** reportó que resultados pobres fueron obtenidos cuando 50% de harina de arroz fue usada reemplazando harina de trigo, pero panes hechos con 40% harina de arroz y 60% de harina de trigo dio hogazas de pan con volúmenes razonables y suavidad en la migaja.

**Pedrosa y El-Das., (2006)** analizaron el comportamiento de una formulación de pan «libre de gluten», cuando se reemplazó parte de una harina de arroz de alta

amilasa, por la misma harina pre cocida por extrusión y observaron una mejora en la calidad del pan obtenido

También se han realizado estudios con formulaciones para pan sin gluten, reemplazando una parte de harina de arroz por harina de arroz pre-gelatinizada y se ha observado que la funcionalidad de estas harinas depende del método de cocción utilizado **Zhang, (1995)**

**Novell**, realizó un estudio para determinar el porcentaje de harina de arroz que puede utilizarse en la mezcla con la harina de trigo para la elaboración de pan. Encontró que con un 30% de harina de arroz se produce un pan de buenas características. Así mismo indica que con los panes producidos con un 25 a 30 % de harina de arroz no presenta casi grandes diferencias con el pan a base de harina de trigo.

El Instituto Colombiano Agropecuario **1979**, concluye que los países donde la producción de arroz es más favorable que el trigo debido a las condiciones climáticas, es altamente deseable sustituir parcialmente harina de arroz por harina de trigo en pan o producción de panadería. También hay un mercado de harina de arroz empaquetada la cual se vende en almacenes de especialidades alimenticias a las personas alérgicas al trigo y para el uso de recetas especiales.

## **2.2. Composición y propiedades de las harinas de arroz.**

**Doblad, (1972)** Concluyó que las harinas obtenidas a partir de arroz quebrado molido tiene la misma composición química que la de el arroz entero, como también los contenidos de proteínas, lípidos y almidón así como las propiedades de amilasa y amilo pectinas en la harina del arroz. La diferencia de la composición contribuye a la diversidad de propiedades químicas y físicas de varias harina de arroz, tales como propiedades viscométricas, temperatura de gelatinización del almidón, absorción de agua y otras características.

**Rosell, 2004** el arroz como el resto de los cereales, es rico en hidratos de carbono complejos, es fuente de proteínas y minerales, y no contiene colesterol. La composición química media de los granos varía enormemente durante su molienda debido a la eliminación de las capas externas (cascarilla y salvado) y con ellas gran parte de las grasas, fibras, vitaminas y minerales. La cascarilla representa el 20% del grano y está compuesta por aproximadamente un 20% de sílice; además, tiene un gran contenido de fibra y hemicelulosas. Cuando se elimina la cascarilla se pierden importantes cantidades de fibra y entre los minerales, calcio, manganeso y sodio. El salvado constituye el 10-15% del grano y es una excelente fuente de proteínas (12-15%) y lípidos (15-20%). Los minerales y vitaminas se encuentran principalmente en el salvado y el germen, por ello su contenido disminuye considerablemente en el arroz blanco en el que se eliminan estos componentes.

**Ver Tabla 1.** Composición química (%) media del arroz (referido a 100 gramos)

**Ver Tabla 2.** Lípidos y ácidos grasos presentes en el arroz (referido a 100 gramos)

**Ver Tabla 3.** Composición (mg) en aminoácido de la proteína del arroz (referido a 100 gramos)

**Ver Tabla 4.** Minerales presentes en el arroz (referido a 100 gramos).

**Ver Tabla 5.** Vitaminas presentes en el arroz (referido a 100 gramos)

### **2.3. Influencia de las grasas.**

**Othon, 1996** los lípidos actúan como emulsificantes, retardando el endurecimiento del pan y mejora la calidad de la miga, haciéndola más suave y de mejor apariencia que aquella que no posee ninguna grasa. Al añadirle grasa a la masa, se forma una capa entre las partículas de almidón y la red glutamínica, todo esto otorga a la miga una estructura fina y homogénea. Además le proporciona elasticidad y retiene burbujas de dióxido de carbono, evitando que se unan para formar burbujas más grandes, las cuales afectarían la apariencia, al presentar agujeros en las rodajas de los moldes. En la panificación la grasa es agregada a casi todas las clases de pan, en el pan de molde es recomendable usar de 3.5 a 6%. En el pan hay una pérdida de volumen, textura y gusto grasoso si contiene excesos de grasa.

**Calderón, G.; Jiménez, E. y Farrera, R., 1995.** Entre las funciones más importantes de la grasa en el proceso de panificación se encuentran: mayor valor nutritivo, mejor conservación (pan más suave debido a la mayor retención de humedad), mayor volumen cuando se emplea en un porcentaje superior a 3%, corteza más suave y mejor sabor, mejor textura y miga más suave, mejor aroma y desarrollo más uniforme. Debe tenerse cuidado de no sobrepasar el porcentaje necesario de grasa ya que como efectos del exceso de grasa puede obtenerse pérdida de volumen, textura grasosa o gusto grasoso.

**Grupo Vilbo, 2004,** indica que la adición de grasa al pan supone la mejora de la calidad en el aspecto organoléptico (miga más fina y blanda), además de en su durabilidad. Al añadir las grasas se forma una sutil capa entre las partículas de almidón y la red de gluten, transformando la superficie hidrófila de las proteínas en una superficie más lipófila, por consiguiente se ligan más las diferentes mallas del gluten y aumenta la capacidad de estiramiento. Las grasas confieren a la miga una estructura fina y homogénea, ya que el gluten, al poder estirarse sin romperse, retiene las burbujas de gas evitando que se unan formando burbujas más gruesas

### **2.4. Influencia de la Levadura, azúcar y sal.**

**Basman, et al. 2003.** La levadura en la panadería tiene dos formas de vida según el medio en el que se encuentre. Puede vivir en ausencia de aire (anaerobio) o en presencia de éste (aerobio). Cuando una levadura posee un poco de oxígeno, utiliza los azúcares de la masa para producir la energía necesaria para mantenerse viva, provocando el proceso denominado fermentación. Este proceso consiste en un proceso donde los azúcares son transformados en alcohol y gas (bióxido de carbono). En cambio, cuando la levadura se encuentra en presencia de oxígeno se produce la oxigenación de los azúcares en masa celular, agua y energía necesaria para la vida y desarrollo de las levaduras.

**Kent., (1971)** demostró que las levaduras empleadas son de distintas clases que las empleadas en cervecerías y deben ser frescas y activas. La cantidad empleada es inversamente proporcional al tiempo de fermentación y a la temperatura de la masa. Las levaduras utilizadas por los panificadores se llaman *Saccharomyces cerevisiae* (del latín hongos de azúcar). La composición de la levadura es la siguiente: proteínas 14% carbohidratos (almidones) 10.2% materias minerales 2.3% y humedad 73%. Además contiene enzimas y vitaminas del complejo B. La levadura realiza dos funciones de la masa:

- 1) produce gas, esponja la masa y el pan acabado
- 2) ayuda a la maduración o acondicionamiento de la masa

Según **Salgado., (2000)** en el proceso de elaboración de productos leudados es recomendable no colocar la levadura junto al azúcar y la sal ya que ya que podrían deshidratarla. Tampoco debe colocarse junto algún producto graso como la manteca, ya que recubrirán las levaduras y evitaran que cumpla su función. Las cantidades para el uso de levaduras son: 1.5 a 2% de levadura seca y 4 a 6.5% de levadura fresca comprimida. Estas cantidades se incrementan si la masa contiene gran cantidad de azúcar (más del 10%), al contener gran cantidad de leche, si tiene corto tiempo de fermentación o crecimiento y si contiene gran cantidad de manteca vegetal. Disminuirá si contiene un porcentaje mayor a 2% de sal o si se deja pasar por largo tiempo de fermentación.

**Charley., (1989)** indica que la función principal de los azúcares es de servir de alimento para para la levadura. Las enzimas de las levaduras convierten el azúcar complejo en mono y disacáridos, los cuales pueden ser consumidos. Actúa acentuando las características como aroma y color superficial. Aumenta el rango de conservación ya que permite una mejor retención de la humedad, manteniendo más tiempo su blandura inicial y retrasando el proceso de endurecimiento.

**Álvarez M. 1995.** El azúcar añadido en cantidad normal tiene un efecto muy limitado sobre la absorción de la masa: sin embargo a medida que aumenta la cantidad de azúcar adicionado, el tiempo de amasado es más largo. Este factor es especialmente importante cuando se hacen masas dulces con 20-25% de azúcar. En tal caso, si la masa no se mezcla durante un tiempo suficiente, el producto final se caracterizará por un volumen pequeño, miga seca y escaso sabor y poca conservabilidad. El aumento del tiempo de amasado exigido cuando se añade azúcar se explica por un mecanismo competitivo entre el azúcar y el gluten.

**Escobar, p., 1998.** La sal evita el desarrollo de fermentaciones silvestres la cual al aparecerle darán al pan un sabor ácido y agrio. El empleo de cantidades adecuadas de sal, no sólo mejora el gusto del pan, sino que ayuda a dar un color más blanco a la miga, así como un mejor color a la corteza, esto se debe a que el azúcar que contiene la masa acaramelada en la presencia de sal.

**Calaveras.J, (2004)** sostiene que una levadura de calidad debe tener fuerza fermentativa suficiente para que una vez la red proteica de la masa pueda retener la mayor cantidad de gas posible. Todo ello nos dará el volumen del pan durante la fermentación, la cual tiene tres procesos:

- 1) Consumo muy rápido de los azúcares, libres (glucosa/fructosa) existentes en la harina, que comienza desde el momento del contacto de la levadura con la harina. Este proceso comienza en la amasadora.
- 2) Consumo lento de azúcares que se han producidos por la degradación del almidón, es un proceso que tarda más tiempo.

3) Última fermentación que se da en el horno, hasta que la masa adquiere la temperatura de 55<sup>o</sup>c a la que mueren las levaduras. Es el último impulso de la masa aumentando su volumen. Hasta que se cristaliza el almidón y se carameliza la corteza, formando la última estructura del pan.

**PEÑA, R., 2002** dice que la sal tiene acción fortificante y estabilizadora del gluten, es usada en un porcentaje de 1,5–2,8% regulando la fermentación de la masa, retarda la producción de los gases producidos por la levadura durante la fermentación. Resalta el sabor, tiene efecto bactericida controlando el desarrollo del ácido láctico, es importante en la fijación del agua en el gluten. Otras funciones son estabilizar y mejorar harinas débiles. Por su higroscopia aumenta el poder de absorción, mejora la retención de la humedad y permite la actividad de las enzimas.

Mientras que **León, Mascara y Guillen 1982**. Sostienen que la sacarosa se utiliza como fuente de alimento para las levaduras que la utiliza para su desarrollo y también sirve para acondicionar las masas. El crecimiento del pan es causado por la conversión de carbohidratos en CO<sub>2</sub> que realizan las enzimas de la levadura y hacen que el gluten se infle en un fenómeno similar al observado al inflar un globo. El también es responsable de la coloración de la corteza en el producto final de la cocción, debe ser usada en tal cantidad que pueda producir con la levadura una actividad vigorosa y rápida. Al final de la fermentación aun debe haber azúcar suficiente para que se caramelicé en el horno y así tener la coloración dorada típica. Mientras mas azúcar, mas color en el producto final y menos temperatura en el horno. Funciona también como conservador pues es la materia prima de la fermentación alcohólica del producto cuyo producto (etanol) evita la contaminación bacteriana. Por último, tiene poder higroscópico lo que le proporciona la masa la capacidad de retener la humedad y conservar el producto más tiempo.

## 2.5. Influencia del agua.

**Nishita et al., (1976)** usó 65, 75, y 85 ml de agua por 100 gr de harina de arroz en panificación. Los niveles de methocel estaban al 3% de la harina de arroz. Encontró que el aumento de la cantidad de agua aumenta el volumen del pan pero el producto dio grandes huecos y una textura pobre. Considero que el nivel del agua a 75% era el más deseable para producir una corteza de textura uniforme.

**Beecher G, Matthewx R. 1998.** Es el elemento más útil y más lucrativo en una fórmula. Por su intermedio los ingredientes se distribuyen uniformemente en la masa. El agua es responsable por el sabor y porosidad característica del pan. El pan envejece por la pérdida de humedad, por lo tanto, su conservación depende de una menor o mayor presencia del agua en el cocimiento final. Las sustancias minerales disueltas en el agua representan sólo una pequeña fracción de las sustancias inorgánicas contenidas en los productos horneados; sin embargo, su cantidad y calidad tienen a menudo una notable influencia sobre la facilidad de trabajar la masa, sobre su aspecto y sobre la consistencia de los productos acabados. Por ejemplo, un agua dulce puede influir creando una masa pegajosa, fenómeno que puede evitarse adicionando un mejorante de la masa o una cantidad mayor de sal.

**Morón C, Zacarías I, De Pablo S. 1997.** Las principales funciones del agua en la fabricación del pan son las siguientes:

- Humedecer las proteínas de la harina. Esto hace posible la formación de gluten y el acondicionamiento de los almidones.
- Disolver todos los ingredientes secos de la masa.
- Regula la temperatura de la masa.
- Hace posible el desarrollo de levaduras.

- Permite un mayor desenvolvimiento o crecimiento del pan en el horno.

## **2.6. Análisis Físico Sensorial y Químico**

**2.6.1. Análisis Químico Proximal.** El análisis proximal se define como la determinación del porcentaje de los principales componentes de un alimento, esto es humedad, proteína cruda, grasa cruda, cenizas, fibra cruda y carbohidratos totales

**2.6.2. Preparación de la Muestra.** Para poder determinar la composición proximal de un alimento, este se debe reducir a un tamaño de partícula apropiado para ser trabajado en el laboratorio. La trituration mecánica, mezclado, agitación o cualquier mecanismo físico que puedan hacer la muestra lo más homogénea posible pueden ser utilizados para este fin

La trituration, que reduce el tamaño de la partícula, ayuda a reducir la variabilidad en el peso y tamaño de las partículas. Usualmente el diámetro de una partícula oscila entre 0.5-1.0 mm. Se obtienen buenos resultados si la muestra es capaz de atravesar por un filtro de 35 micras. Ninguna parte de la muestra debe ser descartada, ya que con esta podemos estar descartando componentes de concentración importante y de esta forma caer en un análisis erróneo.

**2.6.3. Humedad.** La humedad es el contenido de agua que contiene un material. El agua es uno de los constituyentes mayoritarios en los alimentos y está unido a otros constituyentes por fuerzas químicas o físicas de diversa naturaleza y diversa magnitud. La humedad es un factor importante en la calidad, preservación y resistencia al deterioro de los alimentos. Por ejemplo, el cereal tiene alto contenido de agua, por ello tiende a deteriorarse rápidamente debido al crecimiento de moho, calentamiento, daño por insectos y germinación. La determinación de la humedad es necesaria para expresar los resultados de determinaciones analíticas sobre bases uniformes.

El agua existe principalmente en tres formas:

- Solvente o medio de dispersión.
- Adsorbida por la superficie interna o externa o por finos capilares por medio de la condensación capilar.
- Agua de hidratación.

El agua es solvente para compuestos solubles como azúcares, aminoácidos y ácidos carboxílicos. Los compuestos que no se disuelven se dispersan en el agua, entre los que se encuentran las proteínas, gomas y polisacáridos. El agua adsorbida es una película muy fina que comúnmente no se remueve por las determinaciones normales de humedad. El agua de hidratación es un componente químico de azúcares, como glucosa, maltosa y lactosa; de sales como tartrato de potasio y de proteínas y polisacáridos que forman geles con agua.

El agua no puede ser removida de estos diferentes estados con igual facilidad, por ello se deben utilizar diferentes métodos de acuerdo a los diferentes tipos de alimentos. Los dos métodos más comunes para la determinación de humedad de un alimento son el secado directo y la codestilación. **(10)**

En el secado directo la presencia de otras sustancias volátiles o de reacciones químicas relacionadas a la formación de agua o a alguna otra sustancia volátil pueden dar falsos resultados.

Se pueden obtener resultados con bajo porcentaje de recuperación debido a que no se ha removido completamente el agua bajo las condiciones de secado que se han escogido. Por otro lado si el secado se continúa por un período muy largo puede ocurrir un incremento de peso debido a la oxidación. El resultado varía dependiendo del grado en que se da la ruptura celular y del tamaño de la partícula. Existe una gran cantidad de fuentes de error para determinaciones rutinarias de humedad a presión ambiente por lo que se debe utilizar un horno con circulación de aire, platos de aluminio, níquel o platino. **(10)**

Los métodos estándar para la determinación de humedad por secado al horno estipulan que se deben secar las muestras a una cierta temperatura ya sea por un tiempo específico o hasta alcanzar un peso constante. En el último caso, la muestra se saca del horno después de varias horas, se pesa y se regresa al horno por períodos de 1 hora hasta que los pesos sucesivos no difieran más de una pequeña cantidad (0.5 mg, 1 mg, 2 mg ó 5 mg que varían de acuerdo al material y al método utilizado). Si las diferencias exceden los valores especificados es posible continuar el secado hasta que los pesos en lo sucesivo no decrezcan significativamente.

El agua libre es la más fácil de remover pero es necesario considerar ciertos puntos críticos como: la temperatura de secado, tamaño de partícula, vacío, la formación de costra en la superficie, el área de superficie de la muestra, etc. afectan el grado de humedad que será posible remover de los alimentos. Los hornos de vacío reducen significativamente el deterioro de las muestras durante el calentamiento. A temperaturas elevadas las reacciones químicas como la hidrólisis pueden ocurrir y ocasionar errores significativos en la determinación de la humedad ya que el agua de la hidrólisis no es trascendental para la muestra. **(18)**

**2.6.4. Ceniza.** La ceniza de un alimento representa su residuo inorgánico, después de que la porción orgánica y otras sustancias volátiles han sido oxidadas y evaporadas. La ceniza frecuentemente puede servir como medida de la adulteración de los alimentos. Por ejemplo: Un nivel superior de cenizas puede representar la adición de adulterantes teniendo así un nivel más alto de sustancias inorgánicas que el nivel normal en los alimentos. Por el contrario un nivel bajo de cenizas puede indicar dilución del alimento con material de bajo nivel inorgánico. Cuando compuestos orgánicos o inorgánicos son descompuestos o sometidos a altas temperaturas (500-600 °C) el residuo remanente es la ceniza. Este residuo consiste en óxido y sales que contienen aniones como fosfatos, cloruros, sulfatos y además tiene cationes como sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro y manganeso. **(10)**

Durante el proceso de calcinación las sales orgánicas se descomponen, perdiendo el carbono de composición. El metal de esas sales forma un óxido o reacciona con otros aniones de la matriz.

Algunos metales (ejemplo: cadmio y plomo) pueden volatilizarse durante la calcinación, por lo tanto, si la ceniza es examinada para determinar elementos traza, se debe tener mucho cuidado para prevenir pérdidas. Para muchos alimentos, el calcinar a 600 grados Celsius o menos, por 12 horas provee resultados aceptables para el análisis de los elementos traza. Para evitar la pérdida mecánica de la ceniza se puede iniciar la incineración en la mufla a baja temperatura (temperatura ambiente) y permitir que la temperatura suba lentamente. Las corrientes de aire pueden ser un problema si la puerta de la mufla está abierta. Generalmente, las muestras no se deben de colocar en muflas cercanas a 1 pulgada de la pared o 1.5 pulgadas de la puerta de la mufla. **(20)**

**2.6.5. Grasa Cruda.** La grasa cruda es un término que se utiliza para referirse a la mezcla cruda de materiales liposolubles presentes en la muestra. El contenido lipídico puede incluir triglicéridos, diglicéridos, monoglicéridos, fosfolípidos, esteroides, ácidos grasos libres, vitaminas liposolubles, pigmentos carotenoides, clorofila, etc.

Los dos métodos comúnmente usados para determinar grasa son: extracción en húmedo y extracción en seco. La extracción en húmedo se realiza con el agua que permanece en la muestra.

Existen varios métodos gravimétricos para la determinación de grasa y lípidos. Los factores que influyen sobre el método específico de extracción de grasa incluyen la polaridad de los solventes de extracción, el pretratamiento de las muestras (si han sido hidrolizadas o digeridas previo a la extracción), y la reextracción o procedimiento de lavado. Los solventes típicos incluyen éter dietílico anhidro, éter de petróleo y cloroformo-metanol. Todos estos solventes extraen triglicéridos, así como el éter extrae glicéridos simples como los mono, di y triglicéridos, esteroides y usualmente ácidos grasos libres. Los solventes más polares como el cloroformo-

metanol extraen los lípidos más polares, incluyendo fosfolípidos, esteroides, terpenos, ceras, hidrocarburos y otros materiales no lipídicos. **(10)**

Las matrices alimenticias se tratan previamente a la extracción para hacer que los lípidos se encuentren más disponibles al solvente. Estos tratamientos incluyen la adición de un álcali para solubilizar las proteínas o la adición de un ácido para romper las emulsiones o hidrolizar lípidos complejos. El método cloroformo-metanol para lípidos utiliza enzimas para hidrolizar las proteínas y matrices polisacáridas, haciendo más fácil la extracción de lípidos.

El tamaño de la partícula, la humedad de la muestra y la formulación pueden afectar el proceso de extracción. Por ejemplo, el contenido de humedad de un producto y el tiempo de extracción pueden ser influenciados por la cantidad de lípidos removidos del producto o muestra.

Aparentemente a menor tamaño de muestra es más íntimo el contacto del solvente con el lípido de la misma, incrementando la eficiencia de la extracción. **(20)**

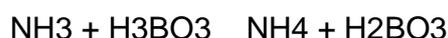
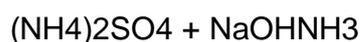
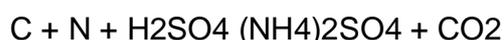
Debido a la naturaleza no específica del procedimiento de extracción de grasa, se extraen diferentes componentes y son considerados como grasa. Por ejemplo, algunos polisacáridos o proteínas contenidas en las matrices pueden removerse completamente de la grasa por medio de la utilización de éter, requiriendo también procedimientos más vigorosos como lo es la hidrólisis previa a la extracción.

Los métodos de extracción con éter son sencillos para el análisis de grasa en alimentos de tipo animal, granos de cereales crudos, carnes y derivados, mantequilla, nueces y especias. Estos métodos utilizan éter dietético o éter de petróleo para remover las grasas por medio de un reflujo continuo de éter a través de la muestra por 12-78 horas. Después de la extracción, el solvente se evapora bajo vapor de nitrógeno y la grasa residual se determina por procedimientos gravimétricos. **(19)**

**2.6.6. Proteína Cruda.** La determinación de proteína no se usa para análisis rutinarios, debidos a la dificultad de la extracción de la proteína de una muestra. Generalmente, las muestras que no son complicadas, es decir, que no contienen concentraciones elevadas de compuestos nitrogenados no proteicos (ejemplo  $\text{NH}_4^+$ , aminoácidos libres, urea y otros compuestos complejos nitrogenados) deben analizarse por una simple determinación del porcentaje de nitrógeno (como  $\text{NH}_3$ ) y haciendo la suposición que este nitrógeno fue el resultado de la digestión de las proteínas. Este procedimiento da el contenido de proteína cruda en los alimentos y se conoce como el método de Kjeldahl.

El principio del método se basa en que la muestra es digerida en ácido sulfúrico en presencia de un catalítico. El nitrógeno de las proteínas y de otros constituyentes es convertido a sulfato de amonio. El amonio se titula en un ácido estándar después de que el destilado se ha vuelto alcalino por medio de una destilación. El porcentaje de nitrógeno es calculado y el resultado es convertido a proteína cruda por la multiplicación con un factor (usualmente 6.25). **(3)**

Las reacciones que se llevan a cabo durante el proceso para la determinación de proteína son las siguientes:



Ya que los miliequivalentes de nitrógeno en la muestra de proteína equivalen a los miliequivalentes de  $\text{NH}_3$ , el porcentaje de nitrógeno se pueden obtener utilizando la siguiente formula:

$$\% \text{ nitrógeno} = (\text{ml ácido} \times \text{N del ácido}) \times 1.4 \text{ gr de muestra}$$

El peso de nitrógeno de la muestra puede ser convertido a proteína utilizando el factor apropiado basándose en el porcentaje de nitrógeno en la proteína. El

contenido de nitrógeno de la proteína en la mayoría de los alimentos oscila entre el 15-20%; el promedio se encuentra cercano al 16%. Para convertir los gramos de nitrógeno a gramos de proteína, existe un factor común de 6.25 (100/16). De cualquier forma el factor de conversión de nitrógeno a proteína puede variar entre los diferentes productos alimenticios. Es aconsejable verificar las fuentes apropiadas y utilizar el factor más acertado para convertir gramos de nitrógeno a gramos de proteína. **(31)**

**2.6.7. Fibra Cruda.** La fibra cruda es una medida de la cantidad de componentes de origen vegetal que se encuentran en un alimento. Estos componentes son resistentes a las enzimas digestivas del hombre y químicamente se encuentran representados por la suma de los polisacáridos que no son almidones ni lignina. Los alimentos con altos niveles de fibra cruda tienen bajo valor alimenticio pero proveen la capacidad necesaria para la acción peristáltica en el tracto gastrointestinal.

Los métodos para la determinación de la fibra se dividen en métodos gravimétricos y métodos enzimáticos-químicos. Los métodos gravimétricos se basan en pesar el residuo que queda después de una solubilización enzimática o química de los componentes que no son fibra. Los métodos enzimático-químicos consisten en aislar los residuos de fibra por acción enzimática y en liberar por hidrólisis ácida los azúcares neutros que constituyen los polisacáridos de la fibra y se miden por cromatografía líquida de alta presión (HPLC), cromatografía de gases (GLC) o colorimétricamente. **(24)**

**2.6.8. Carbohidratos Totales.** La palabra carbohidrato se deriva de la fórmula química que presentan la mayor parte de los compuestos de este tipo  $C_n(H_2O)_n$ . Los carbohidratos se presentan en las frutas y vegetales como una reserva de almacenamiento además de presentarse en las semillas, raíces y tubérculos. También son encontrados en la leche, sangre y tejidos animales.

Los carbohidratos son los más abundantes en los alimentos y la fuente de energía más económica. En la dieta americana, los carbohidratos constituyen

aproximadamente el 50% de la ingesta de calorías. De cualquier forma, los carbohidratos forman una parte importante de la dieta de la gente en la mayoría de países donde los cereales son un producto principal de consumo. **(29)**

Los carbohidratos se dividen en 2 grandes grupos: azúcares simples y compuestos. Esta división se basa en el número de azúcares que son obtenidos cuando son hidrolizados. Los carbohidratos como la glucosa y la fructosa que no pueden hidrolizarse en compuestos simples son llamados monosacáridos.

Los azúcares compuestos formados de dos o más moléculas de monosacárido se dividen en dos categorías: oligosacáridos y polisacáridos. Los oligosacáridos se componen de dos a nueve monosacáridos incluyendo la sucrosa (disacárido) y rafinosa (trisacárido). Los polisacáridos consisten en diez o más monosacáridos y se pueden ser separados en tres grupos: homopolisacáridos (un tipo de unidad de monosacáridos), heteropolisacáridos (dos o más tipos de unidad de monosacáridos) y polisacáridos que poseen nitrógeno. **(29)**

Los métodos para la determinación de los carbohidratos se dividen en métodos cualitativos y métodos cuantitativos: Los métodos cualitativos se realizan cuando se hace necesario identificar que carbohidrato en particular está presente en los alimentos antes de realizar un análisis cuantitativo. Se pueden detectar carbohidratos específicos basados principalmente en las diferencias de estructura química de estos compuestos. De una forma u otra, empleando una prueba específica, el analista frecuentemente separa el carbohidrato de interés y así poder identificarlo.

Para sus análisis cuantitativos se puede recurrir a ciertas metodologías como los son: los ensayos de reducción, refractometría, polarimetría y densitometría. Junto a estos análisis también se puede utilizar la cromatografía de gases como una alternativa para la cuantificación de azúcares.

Lo más importante para cuantificar azúcares es importante obtener muestras representativas y además la solución que contiene los azúcares debe ser clarificada para remover sustancias que puedan interferir con los análisis. **(29)**

### **2.6.9. Análisis Sensorial**

Una prueba sensorial puede clasificarse en afectiva o de satisfacción (orientada al consumidor) y analítica (orientada a paneles entrenados), la selección de una de las anteriores depende del objetivo a cumplir.

**2.7. Propósito del análisis.** Dado que uno de los objetivos es evaluar la aceptabilidad del pan obtenido a partir de harinas compuestas trigo-arroz, el propósito es evaluar la preferencia, aceptabilidad o grado en que gusta este producto en una población de consumidores, por lo tanto es un análisis de tipo afectivo.

**2.7.1. Selección del tipo y números de panelistas.** El tamaño apropiado de la población para evaluar un producto mediante pruebas de consumidores es de mínimo de 30 personas.

**2.7.2. Selección de las características de calidad a evaluar.** Las características organolépticas a evaluar en el pan: textura de la miga, sabor, apariencia y aceptabilidad en general.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Watt B. M. et al citado por Henao, O., S., 2004 Utilización de harina de yuca en panificación

## CAPITULO III

### INGENIERIA DEL PROCESO.

#### 3.1 Materiales.

#### 3.2. El Arrocillo y la obtención de la Harina de Arroz.

Una de las formas de obtener Harina de arroz es utilizar el arroz partido cuyas fracciones de grano, son menores de  $\frac{1}{4}$  de la longitud normal del grano entero, con aproximadamente 2mm – 4mm de longitud, encontrándose dentro de las dimensiones promedio. Normalmente el porcentaje de partículas extrañas que se pueden encontrar es de 1.5%; comprendido por tierra, pajilla, semillas, etc. Además, el arroccillo presenta inicialmente una baja humedad (13.5%) necesaria para su equilibrio y mejor conservación durante el almacenamiento, que evita el crecimiento de hongos y su posterior putrefacción. La harina de arroz para esta investigación se la obtuvo a partir del arroccillo de Vinces, Prov. de Los Ríos.

#### 3.3. Proceso de obtención de la Harina de Arroz.

**3.3.1. Pesado de la materia prima.** Con la ayuda de una romana de plato se procedió a pesar 100 libras como materia prima en bruto, que entra al proceso

**3.3.2. Limpieza.** Se procedió con la limpieza del arroccillo que consistía en la eliminación de la cascarilla o tamo de arroz con la ayuda de una bandeja y un ventilador dejando caer el arroz por delante del ventilador así los residuos de cascaras se separan del arroz quebrado. En cuanto a las piedras que forman parte de las impurezas de la materia prima fueron separadas por medios de una maya tamizadora.

**3.3.3. Secado.** La humedad final del grano es de 13 a 14 %, porcentaje con el cual se evita la proliferación de microorganismos e insectos, que normalmente son causas del deterioro de granos y harinas. Para el secado se utilizó una estufa del laboratorio de OPERACIONES UNITARIAS DE LA FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, se procedió a secar con una temperatura de 100°C por un periodo de 5 horas, el secado se lo hizo por parada con unas 5 libras por cada parada

**3.3.4. Molienda.** Para la molienda del arrocillo para esta investigación fue empleado un molino de bola propiedad del LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL la misma que se la realizó por paradas colocando 10 libras por cada parada, hay que tener en cuenta que la molienda es un paso inmediato después del secado así podemos hacer la molienda con temperatura obteniendo un molido más fino ya que el arrocillo se encuentra totalmente deshidratado y por ende obtener un material panificable.

**3.3.5. Tamizado.** En esta operación, se busca obtener la granulometría adecuada, utilizando una máquina tamizadora, se procedió a tamizar la harina como se describe en la **tabla 6**, el análisis granulométrico de las partículas.

**3.3.6. Almacenamiento.** Se obtuvo un total de 5000 gramos de harina de arroz, esta harina fue empaquetada en fundas plásticas con un contenido de 2 kg cada una y almacenada en un lugar fresco y seco libre de contaminantes hasta el momento de utilización.

**Ver Tabla.6 Análisis Granulométrico de la harina de arroz.**

**Ver Grafico 1. Comportamiento granulométrico de las harinas.**

**Ver GRAFICO 2. Representacion lineal del analisis granulometrico de la harina de trigo y arroz 1.**

**Ver GRAFICO 3. Representación lineal del análisis granulométrico de la harina de arroz 2.**

**Ver Tabla. 7 Análisis comparativo de la humedad de la harina de arroz y harina de trigo.**

**Ver Tabla. 8 Fórmulas establecidas para la elaboración de panes de harina de trigo y los diferentes niveles de sustitución de harina de arroz.**

**3.4. Equipos.** Para la elaboración de este trabajo de investigación se utilizaron los siguientes equipos.

Molino de Bolas.

Juego de tamices.

Horno.

Balanza analítica.

Balanza monoplato.

Estufa.

Amasadora.

### **3.5. Método.**

Implementando formulas básica en la elaboración de pan se procederá a la producción de pan de trigo y los distintos niveles de sustitución por harina arroz y

la evaluación física química y sensorial de los mismos, se describe a continuación la etapas en la elaboración de pan tipo molde:

### **3.5.1.Descripción del proceso de fabricación del Pan de molde.**

**3.5.2. Pesado.** Se peso la cantidad de materia prima de la fórmula total de acuerdo a los niveles de sustitución de harina de trigo por harina de arroz.

**3.5.3. Amasado.**Se coloca en la amasadora todos los ingredientes incorporando como último la sal, se amaso por 15 minutos a temperatura ambiente y a velocidad media. El objetivo del amasado es el desarrollo del gluten, un adecuado desarrollo es esencial para obtener un pan de buena calidad. Con el movimiento de la amasadora se logra que la masa sea presionada, cortada y azotada, lo cual hace que se incorpore aire y le dé elasticidad. Si la masa es elástica será capaz de retener el gas generado por la levadura. Cuando el gluten ha desarrollado su fuerte estructura, la masa pierde su pegajosidad y se hace estirable y elástica, reteniendo numerosas burbujas diminutas de gas que aparecen justo por debajo de la superficie. La masa se somete a un trabajo mínimo, ya que el gluten pierde su cohesividad y elasticidad y por lo tanto la capacidad de retención de gas.

Durante el amasado se busca el “desarrollo de la masa”, definido como la obtención de las características deseables para producir un pan de calidad, entre las que podemos mencionar se encuentran la elasticidad y la flexibilidad.

**3.5.4. División.**En esta etapa se establece el peso final que se requiere, para el tipo de pan el peso fue de 700 g.

**3.5.5. Boleo.**Se realiza la boleadacon el fin de eliminar las bolsas de aire, lograr una tensión uniforme en la masa, lograr que la masa tenga una superficie lisa, suministrar una forma básica para el moldeado a una pieza uniforme de masa y distribuir homogéneamente las células de levadura y la temperatura de la masa.

**3.5.6. Leudado.**La masa se deja reposar 15 minutos aproximadamente, con el fin de relajarla, siendo susceptible a ser extendida y modelada.

**3.5.7. Formado.**Se realizo con el finde que la masa tome la forma deseada colocándola luego se coloco en los moldes cuyas dimensiones fueron: 28.7cm de largo, 9.2 cm de ancho y 7.2 cm de alto.

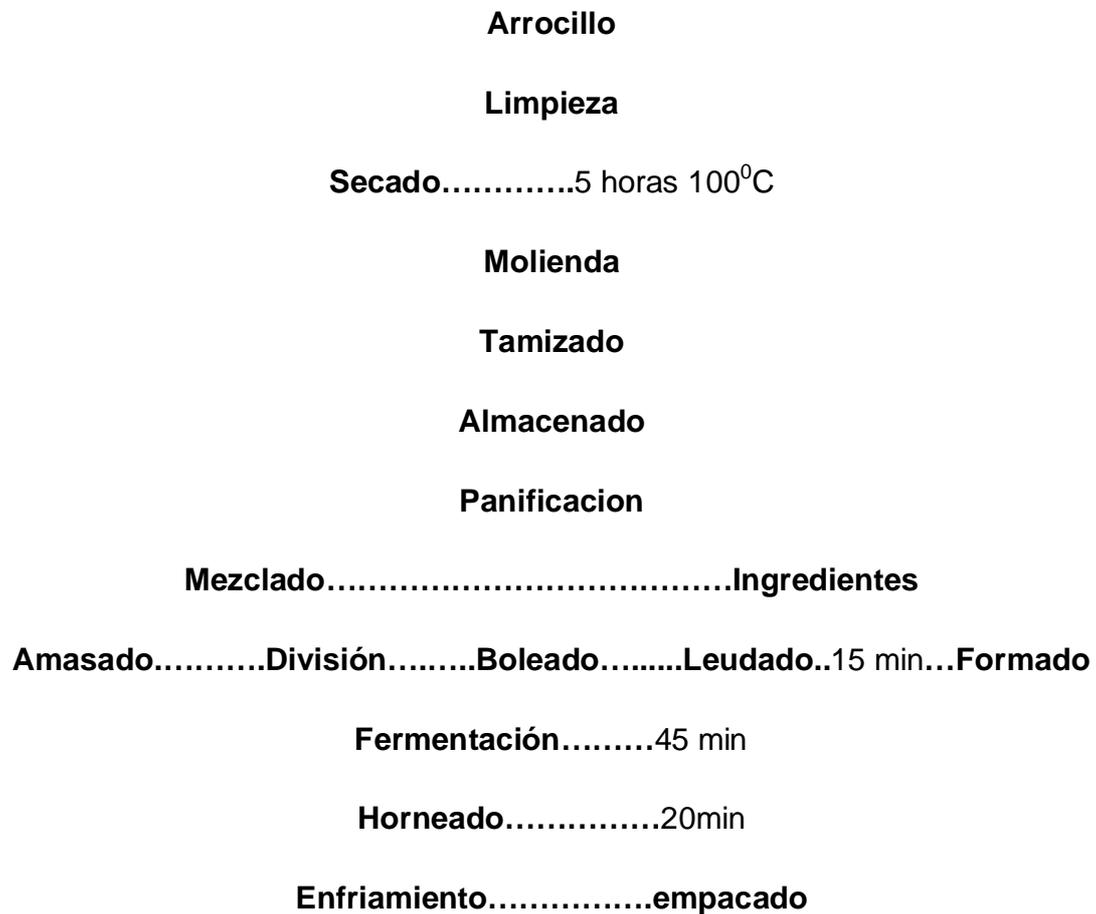
**3.5.8. Fermentación.**El proceso de Fermentación es el más importante por cuanto permite que la masa se haga más firme y más seca, la proporción de gas en la masa aumenta; las celdas de la masa se hacen más grandes y las paredes se extienden más allá y se adelgazan, y la proporción de substancias que contribuyen a la formación de aromas aumentan en la masa; el gluten pierde algo de elasticidad. Este proceso se lo realizo utilizando como cámara de leudado el mismo horno pero sin encender por un lapso de tiempo de 45 minutos.

**3.5.9. Horneo.**Durante el proceso de horneado, la masa cruda se convierte en un producto digerible y de buen sabor. Este proceso de horneado tiene una influencia definitiva e irreversible sobre la calidad del producto y pequeños cambios en este proceso pueden causar la diferencia entre un buen producto. Para efectuar esta labor el pan fue horneado a una temperatura de 160<sup>0</sup> C por periodo de 20 minutos.

**3.6. Enfriamiento.**Se Coloco el producto en las perchas de enfriamiento a temperatura ambiente (32°C) por 40 minutos aproximadamente.

**3.6.1. Enfundado.**Como último paso del proceso el producto se enfundo manualmente en fundas plásticas.

**3.6.2. DIAGRAMA DEL FLUJO DE PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA HARINA DE ARROZ Y SU PANIFICACIÓN.**



### **3.7. Análisis físico del pan.**

Se realizó una evaluación de las características físicas del pan control y de los sustituidos por harina de arroz, pérdida de humedad en el horneado (%), altura de las hogazas (cm), volumen específico ( $\text{cm}^3/\text{g}$ ), volumen ( $\text{cm}^3$ ) y con una balanza su peso (g). Los datos de dichas mediciones, consideradas como las más importantes en un pan a base de harinas compuestas, fueron analizados estadísticamente mediante la prueba de Tukey al 5%.

### **3.8. Análisis Sensorial.**

Un panel de 60 personas se evaluó la apariencia, sabor, textura y aceptación general de los diferentes niveles de sustitución de harina de arroz. Siendo participes personas de diferente condición social en el panel de degustación. A cada uno de los panelistas se les dio dos muestras codificadas, asignándole un color a cada nivel de sustitución, la escala de la calificación sensorial tuvo el siguiente rango: 5 me gusta mucho, 4 me gusta, 3 no me gusta ni me disgusta, 2 me gusta, 1 me disgusta mucho.

### **3.9. Análisis químico.**

Se realizó un análisis proximal de carbohidratos, proteínas y grasa tanto de las harinas de arroz y trigo, así como de las muestras de pan 100% trigo y las que fueron seleccionadas por la prueba sensorial de preferencia, análisis las proteínas y carbohidratos de las muestras en estudio.

## **CAPITULO IV.**

### **Resultados y análisis de resultados.**

#### **4.1 ANALISIS FISICO.**

**Análisis de las propiedades físicas de panes a partir de varios niveles de sustituciones de trigo por arroz.**

##### **4.1.1. Perdida de humedad en el horneado.**

La pérdida de humedad del pan del pan fue determinada una hora después del horneado su calculo consistió en obtener la diferencia de pesos entre el peso del pan y el peso de la masa antes del horneado.

##### **4.1.2. Altura de la hogaza de pan.**

Se realizo la medición directa de la altura de la rebanada central utilizando un calibrador.

##### **4.1.3. Volumen especifico.**

El volumen del pan se determino siguiendo el método de desplazamiento de semilla. Para seguir este procedimiento se lleno con granos de arroz una caja de madera. Se coloca el pan dentro de la caja, y se mide en  $\text{cm}^3$  el volumen de granos de arroz desplazados este volumen fue determinado 12 horas después del horneado.

##### **4.1.4. Peso del pan.**

El peso de los panes se realizo con la ayuda de una balanza y su peso se expreso en gramos

#### **4.1.5. Peso específico de pan.**

El peso específico de panes resulto de dividir el volumen (cm<sup>3</sup>) entre el peso (g) de la misma pieza de pan.

**Ver Tabla. 9 Resultados de la pérdida de humedad en el horneado.**

\*Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

En la tabla 9 se observan los resultados de la pérdida de humedad después del horneado, realizando el análisis de varianza se determino alta significancia estadísticas para los tratamientos con un coeficiente de variación de 3.20%.

La prueba de TUkey al 5% de posibilidad determino que hay significancia estadística entre los tratamientos siendo la muestra 40:60 la de mayor pérdida de humedad con 56.62 grs seguido por 60:40 con 50.35 grs y el que menos pérdida de humedad fue 85:15 con 45.11grs.

**Ver Grafico. 4 Pérdida de la humedad después del horneado en gramos.**

**Ver Tabla. 10 Resultados de la altura de las hogazas en cm.**

\*Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

En la Tabla 10 se observan los resultados de la altura de la hogaza, realizando el análisis de varianza se determino alta significancia estadísticas para los tratamientos con un coeficiente de variación de 5.26%.

La prueba de TUkey al 5% de posibilidad determino que hay significancia estadística entre los tratamientos siendo la muestra 85:15 la de mayor altura con

12.17 cm seguido por 80:20 con 10.87 cm y el de menor altura fue 40:60 con 5.6 cm.

**Ver Grafico. 5 Altura de las hogazas en cm.**

**Ver Tabla. 11 Resultados del volumen especifico de panes en cm<sup>3</sup>.**

\*Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

En la Tabla 11 se observan los resultados del volumen especifico, realizando el análisis de varianza se determino alta significancia estadísticas para los tratamientos con un coeficiente de variación de 0.84%.

La prueba de TUkey al 5% de posibilidad determino que hay significancia estadística entre los tratamientos siendo la muestra 85:15 la de mayor volumen con 2382.16 cm<sup>3</sup> seguido por 80:20 con 2345.79 cm<sup>3</sup> y con menor volumen fue 40:60 con 1292.22 cm<sup>3</sup>.

**Ver Grafico. 6 Volumen especifico de los panes cm<sup>3</sup>.**

**Ver Tabla. 12 Resultados del peso especifico de panes en g/cm<sup>3</sup>.**

\*Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

En la Tabla 12 se observan los resultados del volumen especifico, realizando el análisis de varianza se determino alta significancia estadísticas para los tratamientos con un coeficiente de variación de 2.06%.

La prueba de TUkey al 5% de posibilidad determino que hay significancia estadística entre los tratamientos siendo la muestra 80:20 la de mayor peso específico con  $3.22 \text{ g/cm}^3$  seguido por 85:15 con  $3,19\text{g/cm}^3$  y con menor peso específico fue 40:60 con  $2.03 \text{ g/ cm}^3$ .

**Ver Grafico. 7 Peso específico de panes en  $\text{g/cm}^3$ .**

**Ver Tabla. 13 Resultados del peso de panes en g.**

\*Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

En la tabla 13 se observan los resultados del volumen específico, realizando el análisis de varianza se determino alta significancia estadísticas para los tratamientos con un coeficiente de variación de 1.72%.

La prueba de TUkey al 5% de posibilidad determino que hay significancia estadística entre los tratamientos siendo la muestra 80:20 la de mayor peso con 760.66grs seguido por 85:15 con 740grs y con menor peso fue 40:60 con 630.76grs.

**Ver Grafico. 8 Peso de panes en gramos.**

#### **4.1.6. Análisis de resultados físico.**

Pérdida de Humedad, en las muestras de esta investigación indican que los niveles donde se hubo una mayor concentración de harina de arroz perdieron mas humedad puesto que esta harina absorbe mas agua con relación a la harina de trigo, mientras que en los niveles de hasta 30% de harina de arroz la perdida de humedad es más uniforme.

Altura de las hogazas de pan, el decrecimiento de la altura de las hogazas está dada en función al contenido de mayores concentraciones de harina de arroz, puesto que los niveles de hasta 30% de harina de arroz demuestran mayores alturas, característica que es muy parecida a un pan 100% trigo, esto se da debido al desarrollo de las masas en el momento de la maduración presentando hogazas con mayor desarrollo y por ende alveolos mas grandes

Volumen específico, tiene una relación estrecha con la altura de hogazas ya que a mayor altura se tendrá un mayor volumen, es decir, que este aspecto es directamente proporcional en función a las proporciones de harina de arroz utilizada, demostrando que el pan de 40% de harina de trigo+60% de harina de arroz no cambio en nada su tamaño desde el momento del amasado hasta después del horneado manteniendo una misma altura

#### **4.2. PRUEBAS SENSORIALES.**

Prueba Hedónica: Las pruebas hedónicas están destinadas a medir cuánto agrada a un producto. Para estas pruebas se utilizan escalas categorizadas, que pueden tener diferente número de categorías y que se designo de la siguiente forma: me gusta mucho, me gusta, no me gusta ni me disgusta me disgusta, me disgusta mucho. La población elegida para la evaluación deberá corresponder a los consumidores potenciales o habituales del producto en estudio. Estas personas deberán entender el procedimiento de la prueba y responder a ella.

Es una prueba sencilla de aplicar y no requiere entrenamiento o experiencia por parte de los jueces – consumidores.

#### **4.2.1. Aplicación de la prueba:**

Para determinar el nivel de agrado de los panes que aleatoriamente se destinaron para tal fin, se les sometió a una prueba de aceptabilidad (prueba hedónica) cuya escala estructurada fue de 5 puntos y siendo las alternativas de respuesta las siguientes: “me gusta mucho” (5 puntos) “me gusta” (4 puntos) “no me gusta ni me disgusta” (3 puntos) “me disgusta” (2 puntos), “me disgusta mucho” (1 puntos). Para la prueba se contó con el apoyo de 60 jueces no entrenados pertenecientes a las distintas facultades de la Universidad de Guayaquil y cuyas edades oscilaron entre 19 y 28 años.

Los alumnos que participaron en la prueba fueron seleccionados por conveniencia y tuvieron que haber almorzado. La prueba se realizó aproximadamente 2 horas después de la hora del almuerzo. Cada uno de los alumnos recibió una hoja de respuestas (ver anexo 1.) Al momento de la prueba se les explicó a los alumnos lo que debían hacer y se les entregó las 2 muestras a la misma vez.

**4.2.2. Análisis de Datos.**El objetivo de realizar la prueba hedónica es saber si los consumidores encuentran diferencias significativas entre los panes evaluados, las muestras de pan fueron codificadas:

**A=** 15%de harina de arroz+ 85% de harina de trigo.

**B=** 20% de harina de arroz+ 80% de harina de trigo.

**C=** 30% de harina de arroz+ 70% de harina de trigo.

**D=** 40% de harina de arroz+ 60% de harina de trigo.

**E=** 50% de harina de arroz+ 50% de harina de trigo.

F= 60% de harina de arroz+ 40% de harina de trigo.

Y combinadas de la siguiente manera: AB, AC, AD, AE, AF, BC, BD, BE, BF, CD, CE, CF, DE, DF, y EF.

**Ver Tabla.14 Promedios del análisis sensorial para el aspecto de la apariencia.**

\*Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

En la Tabla 14 se observan los resultados de la característica sensorial apariencia, realizando el análisis de varianza se determinó alta significancia estadística para los tratamientos con un coeficiente de variación de 8.96%.

La prueba de TUkey al 5% de posibilidad determinó que hay significancia estadística entre los tratamientos siendo la muestra 70:30 la de mayor grado de calificación con 4.25 seguido por 80:20 con 3.90 y el que menos calificación obtuvo fue 40:60 con 1.35.

**Ver Grafico. 9Perfil de la calificación sensorial de las muestras de pan sobre el aspecto de la apariencia.**

**Ver Tabla. 15 Promedios del análisis sensorial para el aspecto del sabor.**

\*Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

En la Tabla 15 se observan los resultados de la característica sensorial sobre el sabor, realizando el análisis de varianza se determinó significancia estadística para los tratamientos con un coeficiente de variación de 7.776%.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad determinó que hay alta significancia estadística entre los tratamientos siendo la muestra 70:30 la de mayor calificación con 4.1 seguido de 80:20 con 3.90 y el que menos calificación obtuvo fue 40:60 con 1.45.

**Ver Grafico. 10 Perfil de la calificación sensorial de las muestras de pan sobre el aspecto del sabor.**

**Ver Tabla. 16 Promedios del análisis sensorial para el aspecto de la textura.**

\*Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

En la Tabla 16 se observan los resultados de la característica sensorial sobre la textura, realizando el análisis de varianza se determinó significancia estadística para los tratamientos con un coeficiente de variación de 12.40%.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad determinó que hay significancia estadística entre los tratamientos siendo la muestra 70:30 con mayor calificación 4.0, seguido por 80:20 con 3.75 y el que menos calificación obtuvo fue 40:60 con 1.10.

**Ver Grafico. 11 Perfil de la calificación sensorial de las muestras de pan sobre el aspecto de la textura.**

**Ver Tabla. 17 Promedios del análisis sensorial para el aspecto de la aceptabilidad general.**

\*Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

En la Tabla 17 se observan los resultados de la característica sensorial sobre la aceptabilidad general, realizando el análisis de varianza se determinó que no hay significancia estadística para los tratamientos con un coeficiente de variación de 11.22%.

La prueba de Tukey al 5% de probabilidad determinó que hay significancia estadística entre los tratamientos siendo la muestra 80:20 con mayor calificación 4.00, seguido por 70:30 con 3.95 y el que menos calificación obtuvo fue 40:60 con 1.25.

**Ver Grafico. 12 Perfil de la calificación sensorial de las muestras de pan sobre el aspecto de la Aceptabilidad general.**

#### **4.2.3. Análisis de resultados sensoriales.**

Apariencia, las muestras con niveles de hasta 30% de harina de arroz presentaron características similares a la de un pan 100% de trigo. Después del horneado de los panes se notó que el pan de 40% de harina de trigo+60% de harina de arroz tomó la misma coloración que los otros panes y por lo tanto algunos de los jueces manifestaron que no parecían panes.

Sabor, los niveles de hasta 30% tuvieron un buen sabor de acuerdo al rango de calificación aplicado por los jueces a las muestras, lo que indica que estos niveles de harina de arroz son aceptables, por otro lado las sustituciones mayores al 40% de harina de arroz los jueces notaron mayor diferencia en el sabor.

Textura, algunos de los jueces manifestaron que los panes con mayor cantidad de harina de arroz tenían masas compactas, la masa se pegó en el paladar la misma era muy seca especialmente en el pan 60% de harina de arroz.

Aceptabilidad general, se puede manifestar que los panes de mejor agrado fueron lo que contenían proporciones de hasta el 30% de arroz demostrando que se puede sustituir hasta un 30% de harina de arroz sin que el pan pierda sus características similares a la de un pan 100% de trigo

**Ver Tabla. 18 Porcentaje de aceptación de jueces.**

#### **4.2.4. Porcentaje de aceptación de los jueces.**

En la tabla 18 se aprecian los resultados obtenidos para los niveles de sustituciones que lograron mejores características, se puede concluir que: La muestra **C=** que es el pan de 70% de harina de trigo+30% de harina de arroz, el valor de la moda es 4 es decir que a los panelistas les gusta además de que es el valor que más se repite en los datos. Se puede decir que a nadie le disgustó, o que le que le haya disgustado mucho y que al 5% de los jueces manifiestan **que ni me gusta ni me disgusta**, al 90% **le gustó** y al 5% **le gusta mucho** la muestra.

La muestra **B=** que es el pan de 80% harina de trigo+20% de harina de arroz el valor de la moda es 4, es decir a los panelistas le gusta la muestra ya que es el valor que más se repite entre los datos. Como se observa en la tabla 18 de la prueba realizada se puede decir que a nadie disgustó mucho, a nadie no le gusta la muestra, al 10% **ni le gusta ni le disgusta**, al 80% **le gusta** y al 10% **le gusta mucho** la muestra.

Como se Observa en la Tabla 18 la muestra **A=** que es el pan de 85% de harina de trigo+15% de harina de arroz, el valor de la moda es 4, es decir que a los panelistas les gusta la muestra, es decir, que a ninguno le disgustó mucho y que al 60% **ni le gusta ni le disgusta** mientras que al 35% **le gusta** y al 5% **le gusta mucho**.

### **4.3. ANALISIS QUIMICO.**

#### **4.3.1. Composición química de las harinas.**

A continuación en la Tabla w se presenta los resultados de la composición química de las harinas.

**Ver Tabla. 19Composición química de la harina de trigo y arroz.**

Los datos obtenidos en el análisis químico de harina de arroz comparado con la harina de trigo determinan que la proteína de la harina de trigo es 3 veces mayor que la contenida en la harina de arroz lo que indica que esta harina nos permite realizar sustituciones no mayores del 30 % para así mantener un buen nivel de proteína en los panes y tener un alimento casi igual a un producto 100% de trigo.

En cuanto al contenido de grasa los aportes de las harinas no son elevados y como consecuencia las posibilidades de enranciamiento son menores en el producto terminado.

El contenido de carbohidratos en la harina de trigo es mayor que la de arroz pero es un buen aporte significativo ya que los carbohidratos son la fuente de energía más económica, en la dieta americana, los carbohidratos constituyen aproximadamente el 50% de la ingesta de calorías

#### **4.3.2. Composición química de panes.**

Una vez terminada la evaluación sensorial se procedió al análisis químico de los panes que tuvieron mayor grado de calificación, y consistió en el envío de muestras al laboratorio por medio del cual se determino carbohidratos, proteínas, grasas, ceniza y humedad.

A continuación en la Tabla 20 se presentan la composición química de los panes: pan 100% de trigo, trigo: arroz 70:30 y trigo: arroz 80:20

**Ver Tabla. 20 Composición química del pan 100% y los de mejor calificación sensorial.**

Los panes con sustituciones de 50% y 40% de harina demostraron menos contenido de proteína, decir, la harina que se empleo en esta investigación tiene un bajo contenido de proteínas.

También encontramos la disminución de carbohidratos con forme se aumenta la harina de arroz y como contraparte el aumento de humedad en los panes, es decir, que estas mezclas absorben mas agua con relación al pan 100% de trigo.

En el grafico 13 se presenta la calidad de proteína en panes suplementados con harina de trigo.

En el grafico 14 se presenta la calidad de carbohidratos en panes suplementados con harina de trigo.

**Ver Grafico. 13 Evaluación de la calidad proteica de panes suplementados con harina de trigo.**

**Ver Grafico. 14 Evaluación de la calidad carbohidratos de panes suplementados con harina de trigo.**

## **CAPITULO V.**

### **Conclusiones y Recomendaciones.**

#### **5.1. Conclusiones.**

Después de haber realizado la parte experimental, manifestaremos lo siguiente: en los diferentes niveles de sustitución de arroz, se evaluaron en los siguientes parámetros: análisis químico (proteínas carbohidratos, grasas, humedad y ceniza), análisis físico (altura de las migas (cm), volumen (cm<sup>3</sup>), volumen específico (gr/cm<sup>3</sup>), peso (g) y pérdida de humedad) y evaluación sensorial (apariencia, textura, sabor y aceptabilidad general).

Se evaluaron diferentes niveles de sustitución de harina de trigo por la de arroz para encontrar la óptima en la elaboración de pan. Así mismo, se considero de vital importancia la determinación del grado de aceptación del producto fabricado. Se realizaron pruebas físicas y sensoriales con el objeto de seleccionar el producto con mejores preferencias, tomando en cuenta sus dimensiones así como su apariencia textura, y sabor; propiedades determinantes para la aceptación del producto por parte del panel degustador

En la evaluación de la preparación del pan vale la pena indicar que hubo diferencias muy notables en el manejo de las masas, principalmente las de los panes hechos con mayor sustitución de harina de trigo (40, 50 y 60% de sustitución).

Estas diferencias fueron básicamente: la textura de la masa, un tanto arenosa, así como una notable absorción del agua de dichas formulaciones que dieron como resultado masas pegajosas y un poco difíciles de manejar.

Con los panes hechos con sustitución de 15, 20 y 30% casi no hubo problemas de este tipo por la menor cantidad de harina de arroz añadida a la harina de trigo.

La evaluación visual de los panes con sustitución de más de 50% de harina detectó un menor tamaño de poros y hogazas más compactas. El pan con 60% de sustitución produjo hogazas con casi el mismo tamaño que la masa original que se colocó en el molde, lo que indica que no se produjo una retención de gas durante la maduración. Por lo que se puede afirmar que a mayor porcentaje de sustitución de harina se obtiene un menor tamaño de hogaza de pan.

Sí fue posible desarrollar un pan tipo molde con sustitución parcial de la harina de trigo (70%) por harina de arroz (30%),

El producto final demostró tener un buen grado de aceptabilidad dentro del panel de personas que lo evaluaron sensorialmente.

Cabe destacar en el manejo de las harinas estas dependen del contenido de gluten, de la granulometría, de la variedad (en el caso del arroz), es decir, la harina de arroz es de consistencia un poco arenosa, mientras que la harina de trigo presenta un aspecto de polvo muy fino ayudando a la retención de agua por lo tanto la absorción es más lenta mientras que la harina de arroz absorbe agua más rápidamente. Debido a que sus partículas son más grandes.

Con el aumento de harina de arroz las masas comienzan a perder elasticidad y cohesividad también el color característico de las masas con harina de trigo, es decir, se tornan más blancas.

En cuanto al contenido proteico de la harina de arroz está relacionado desde el momento de la siembra hasta su cosecha es decir que depende del manejo agrícola del cultivo de arroz, es decir una relación inversamente proporcional: mejor manejo agrícola, mayor contenido de proteína.

## **5.2. Recomendaciones.**

El uso del arrocillo en la producción de harina de arroz, no solo para fines de panificación sino también se puede usar en la elaboración de pasta, galletas en programas de alimentación escolar, usos capaces para sostener un mercado para la producción de harina de arroz, implementando el desarrollo de este producto y disminuyendo así las importaciones de trigo.

Implementando a nuestro convivir diario el consumo de panes elaborados con mezcla de harina de trigo y arroz, ya que estos panes demuestran su aceptabilidad al momento de la degustación, más aun que la producción de trigo es limitada en nuestro país sería conveniente que las autoridades pertinentes realicen proyectos encaminados a la producción de harina de arroz y culturizar a la ciudadanía en su consumo.

Continuar con las investigaciones con el arroz y otros cereales que presenten propiedades para la panificación y así ampliar la gama de alternativas para paliar la gran demanda de trigo.

## CAPITULO VI

### BIBLIOGRAFIA

- 1), **Almazan, A.,M.,** EFFECT OF CASSAVA FLOUR VARIETY ACONCENTRATION ON BREAD LOAF QUALITY. Cereal Chem ; 67**1990**
- 2). **AlvarezM.**Fabricación de Pan. 4 ed. Acribia. Zaragoza: Editorial,.404p .**1995**
- 3). **Aurand L, Woods A, Wells. M,** .Food Composition and Analysis. 4 ed. Van Nostrand Reinhold, New York: Editorial. 690p.**1987**
- 4). **Basman, A., et. al.**Utilization of Transglutaminase to Increase the Level of Barley and Soy Flour Incorporation in Wheat Flour Breads. Journal Food Science 68(8): 2453-2460. **2003**
- 5). **Beecher G, Matthewx R.**Composición de nutrientes en los alimentos en Conocimientos Actuales sobre Nutrición. 4ed. ILSI Estados Unidos:, 510p.**1998**
- 6). **Caballero, M.; Lucero, Z.,** PAN A PARTIR DE HARINA DE ARROZ. Tesis de Grado.**1986**
- 7). **CHARLEY, H.** Tecnología de alimentos: procesos físicos y químicos en la preparación de alimentos Mexico, D.,F.,Mexico, Edit. LUmisa 520 p.**1989**
- 8). **Calaveras, J.** NUEVO TRATADO DE PANIFICACION Y BOLLERIA Mundi–Prensa. 131. **2004**
- 9). **Calderón, G.; Jiménez, E. y Farrera, R.** Efecto de la Adición de Diferentes Niveles de Ingredientes sobre la Calidad en Pan Dulce (bizcocho).Información Tecnológica.6:1. p. 57–63. **1995**
- 10). **Carpenter D, Ngeh-Ngwainbi J, Lee S.**Lipid Analysis. Met.Anal.Nut. Label;5:85-104. **1993**

- 11). D'Appolinia, B.** Rheological and baking studies of legume-wheat flours blends. Cereal Chem. (1): 56-63.**1997**
- 12). Deobald, H. J.;** RICE CHEMISTRY AND TECNOLOGY, American Association of cereal chemists , Inc.**1972**
- 13). DE TALES HARINAS, TALES PANES:** granos, harinas y productos de panificación enIberoamérica.**2007**<http://agro.unc.edu.ar/~uninvestigacion>
- 14). Escobar, P.** Manual para el desarrollo de un producto alimenticio nuevo. (Tesis) Universidad del Valle de Guatemala.82 pp. **1998**
- 15). GRUPO VILBO,** Mejoradores para Panificación [http://www.alimentariaonline.com/imprimir\\_notas.asp?did=964](http://www.alimentariaonline.com/imprimir_notas.asp?did=964)**2004**
- 16). Kent, N. L. M. A.,** TECNOLOGIA DE CEREALES Editorial Acribia.**1971**
- 17). Kohlwey, D. E.; Kendall, J. H.; Mohindra, R. B.** Using the physical properties of rice as a guide to formulation.Cereal Food World 40(10), 728-732.**1995**
- 18). Lake R, Thomson B.**Trans Fatty Acid Content of Selected New Zealand Foods. J. Food. Comp. Anal; 9:365-374. **1996**
- 19). Leon, M. Mascara, W. Guillen, C.**Utilización de harinas compuestas en la elaboración de productos de panadería. RepublicaDominicana. P13–14.**1982**
- 20).Méndez E, González R.** Lipid Content and Fatty Acid Composition of Fillets of Six Fishes fromthe Rio de la Plata. J. Food. Comp. Anal; 9:163-171.**1996**
- 21). Morón C, Zacarías I, De Pablo S.** Producción y Manejo de Datos de Composición Química de Alimentos en Nutrición. Santiago: INTA, XIII+356p. **1985**
- 22). Nishita, K. D.,r. R.L. Roberts, Bean, M. M.** DEVELOPMENT OF YEAST LEAVEVEND RICE BREAD FORMULA . Cereal Chemistry 53 (5), **1976**

- 23). Othon,S.** Química, almacenamiento e industrialización de los cereales.Mexico,D.,F., Mexico, Edit. Lumisa.767 p.**1996**
- 24). Pearson D.**Laboratory Technics in Food Analysis. 7 ed. Butterworth, Londres: Editorial, 583p.**1978**
- 25). Pedrosa Silva Clerici, M. T. El-Dash, A. A.** Farinhaextrusada de arroz como sustituto de glútenproduçãÃo de pão de arroz .Archivos Latinoamericanos de Nutrición 56(3), 288-298.**2006**
- 26). Peña, R.,J.** Bread wheat improvement and production .Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) . **2002**
- 27). Rosell CM.** Fortification of grain-based foods. En: Wrigley C, Corke H, Walker CEeditors. Encyclopedia of grain science. 1st ed. Oxford UK: Elsevier Academic Press. Pág. 399-405.**2004**
- 28). SALGADO, W.**Principios Básicos de Panificación. San Pedro Sula, Honduras, Molino Central Harinero S. A. 55 p. **2000**
- 29).Sevenhuysen G.**FAOs food composition activities. Food Nut. Agric. 13/14:26-28. **1995**
- 30). Sheng, D. Y.** Rice-Based ingredients in cereals and snacks. Cereal Foods World 40(8), 538-540.**1995**
- 31). Sullivan D, Carpenter D.** Methods of Analysis for Nutrition Labeling. Arlington, Virginia: AOAC International, 107p.**1993**

## ANEXO.1

### FICHA PARA LA EVALUACION SENSORIAL

#### ESCALA DE CINCO PUNTOS

**Hoja.....**

Por favor, pruebe las muestras e indique su nivel de agrado marcando en la escala con la X.

Toma en cuenta que ud Eres el único juez que puede decir lo que le gusta

<b>APARIENCIA</b>				<b>SABOR</b>			
VALOR	DESCRIPCION	A	B	VALOR	DESCRIPCION	A	B
5	Me gusta mucho			5	Me gusta mucho		
4	Me gusta			4	Me gusta		
3	Ni me gusta ni me disgusta			3	Ni me gusta ni me disgusta		
2	Me disgusta			2	Me disgusta		
1	Me disgusta mucho			1	Me disgusta mucho		

<b>TEXTURA</b>				<b>ACEPTABILIDAD</b>			
VALOR	DESCRIPCION	A	B	VALOR	DESCRIPCION	A	B
5	Me gusta mucho			5	Me gusta mucho		
4	Me gusta			4	Me gusta		
3	Ni me gusta ni me disgusta			3	Ni me gusta ni me disgusta		
2	Me disgusta			2	Me disgusta		
1	Me disgusta mucho			1	Me disgusta mucho		

Comentario:.....  
 .....Muchas gracias

## ANEXO 2

Análisis sobre apariencia

Calificaciones otorgadas por los jueces

<b>Nº de jueces</b>	<b>A= 85:15</b>	<b>B= 80:20</b>	<b>C= 70:30</b>	<b>D= 60:40</b>	<b>E= 50:50</b>	<b>F= 40:60</b>
01	3	4				
02	4		4			
03	4			3		
04	4				3	
05	3					2
06		3	4			
07		4		3		
08		4			2	
09		3				1
10			4	2		
11			4		2	
12			5			2
13				3		2
14				3		1
15					2	2
16	4	4				
17	4		4			
18	4			3		
19	4				3	
20	3					1
21		4	4			
22		4		2		
23		3			1	
24		3			1	
25			5		3	
26			5		2	
27			4			1
28				3	2	
29				3		1
30					2	2
31		3		3		
32		4			2	
33		3				1
34			5	3		
35			4		2	
36			4			1
37				3	3	
38				3		2

39					3	2
40		4	4			
41	3					1
42	4				3	
43	4			2		
44	3		4			
45	3	4				
46				3	3	
47			5		2	
48		5				1
49	3					1
50	3	4				
51	3		4			
52	3				2	
53		4			2	
54			5			1
55					3	1
56				2		1
57			4	2		
58		4		2		
59		3	4			
60	4			3		

### ANEXO 3

Prueba de 5 puntos para la muestra con 30% de harina de arroz

Característica	valor	Apariencia		Sabor		Textura		Aceptabilidad general	
		# de personas	total	# de personas	total	# de personas	total	# de personas	total
Me gusta mucho	5	6	30	6	30	3	15	1	5
Me gusta	4	13	52	14	56	14	56	18	72
No me gusta ni me disgusta	3	1	3	0	0	3	9	1	3
Me disgusta	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Me disgusta mucho	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>		20	<b>85</b>	20	<b>86</b>	20	<b>80</b>	20	<b>80</b>

#### ANEXO 4

Prueba de 5 puntos para la muestra con 20% de harina de arroz

Característica valor	<b>Apariencia</b>		<b>Sabor</b>		<b>Textura</b>		<b>Aceptabilidad general</b>	
	# de personas	total	# de personas	total	# de personas	total	# de personas	total
Me gusta mucho 5	1	5	1	5	3	15	2	10
Me gusta 4	14	56	16	64	9	36	16	64
Ni me gusta ni me disgusta 3	5	15	3	9	8	24	2	6
Me disgusta 2	0	0	0	0	0	0	0	0
Me disgusta mucho 1	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>76</b>	<b>20</b>	<b>78</b>	<b>20</b>	<b>75</b>	<b>20</b>	<b>80</b>

## ANEXO 5

Prueba de 5 puntos para la muestra con 15% de harina de arroz.

Características valor	<b>Apariencia</b>		<b>Sabor</b>		<b>Textura</b>		<b>Aceptabilidad general</b>	
	# de personas	total	# de personas	total	# de personas	total	# de personas	total
Me gusta mucho 5	0	0	1	5	0	0	1	5
Me gusta 4	11	44	11	44	9	36	7	28
Ni me gusta ni me disgusta 3	9	27	8	24	11	33	12	36
Me disgusta 2	0	0	0	0	0	0	0	0
Me disgusta mucho 1	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	20	<b>71</b>	20	<b>73</b>	20	<b>69</b>	20	<b>69</b>

## ANEXO 6

**Tabla 1.** Composición química (%) media del arroz (referido a 100 gramos)

	<b>Arroz blanco</b>	<b>Harina blanca</b>	<b>Harina integral</b>
Hidratos de carbono	79.9	76.5	80.1
Proteínas	7.1	7.2	5.9
Fibra dietética	1.3	3.4	2.4
Grasa	0.7	2.8	0.7
Minerales	1.5	1.5	0.6

**Fuente:** DE TALES HARINAS, TALES PANES: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica 2007.

**Tabla 2.** Lípidos y ácidos grasos presentes en el arroz (referido a 100 gramos)

	<b>Arroz blanco</b>	<b>Harina integral</b>	<b>Harina blanca</b>
Grasa total (g)	0.7	2.8	1.4
Grasa saturada (g)	0.2	0.6	0.4
Grasa monoinsaturada (g)	0.2	1.0	0.4
Grasa poliinsaturada (g)	0.2	1.0	0.4

**Fuente:** DE TALES HARINAS, TALES PANES: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica 2007.

**Tabla 3.** Composición (mg) en aminoácido de la proteína del arroz (referido 100 gramos)

	<b>Arroz blanco</b>	<b>Harina integral</b>	<b>Harina blanca</b>
Triptófano	83	92	72
Treonina	255	265	210
Isoleucina	308	306	244
Leucina	589	598	488
Lisina	258	276	207
Meteonina	168	163	144
Cistina	146	88	107
Fenilalanina	381	373	317
Tirosina	238	271	314
Valina	435	424	348
Arginina	594	548	516
Histidina	168	184	149
Alanina	413	422	332
Acido aspártico	670	677	549
Acido glutámico	1389	1473	1097
Glicina	325	356	267
Prolina	335	339	278
Serina	375	347	310

**Fuente:** DE TALES HARINAS, TALES PANES: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica 2007.

**Tabla 4.**Minerales presentes en el arroz (referido a 100 gramos).

	<b>Arroz blanco</b>	<b>Harina Integral</b>	<b>Harina blanca</b>
Calcio( mg)	28.0	11.0	10.0
Hierro (mg)	0.8	2.0	0.4
Magnesio( mg)	25.0	112.0	35.0
Fosforo (mg)	115.0	337.0	98.0
Potasio (mg)	115.0	289.0	76.0
Sodio (mg)	5.0	8.0	0.0
Zinc (mg)	1.1	2.5	0.8
Cobre (mg)	0.2	0.2	0.1
Manganeso (mg)	1.1	4.0	1.2
Selenio (µg)	15.1	–	1

**Fuente:** DE TALES HARINAS, TALES PANES: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica 2007.

**Tabla 5.** Vitaminas presente en el arroz (referido a 100 gramos)

	<b>Arroz Blanco</b>	<b>Harina integral</b>	<b>Harina Blanca</b>
Vitamina E(mg)	0.1	1.2	0.1
Vitamina K (mg)	0.1	–	0.0
Tiamina B1 (mg)	0.1	0.4	0.1
Riboflavina B2(mg)	0.0	0.1	0.0
Niacina PP (mg)	1.6	6.3	2.6
Vitamina B6(mg)	0.2	0.7	0.4
Folatos (µg)	8.0	16.0	4.0
Acido pantotenico(mg)	1.0	1.6	0.8

**Fuente:** DE TALES HARINAS, TALES PANES: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica 2007.

**Tabla.6 Análisis Granulométrico de la harina de arroz.**

Tamiz	% Retenido		
	Trigo	Arroz 1	Arroz 2
250	0.286	33.333	14.2857
180	34.29	51.667	41.728
150	30.71	16.667	14.285
125	22	0.333	
63	22.86		
45	2.143		
0	0.071		
	112.4		

**Tabla. 7 Análisis comparativo de la humedad de la harina de arroz y harina de trigo.**

Tiempo	Temp	Capsula	Tara	muestras	Peso 1	Peso 2	%humedad
10:40	100	1	5.1	Arroz 1	25.9	23.6	8.88030888
11:00	104	2	5.2	Arroz 2	24.2	22	9.09090909
11:30	107	3	5.7	Arroz 2	22.5	20.4	9.33333333
12:40	104	4	12.2	Trigo	30.2	27.	<b>8.60927152</b>
							<b>9.09090909</b>

**Tabla. 8 Fórmulas establecidas para la elaboración de panes de harina de trigo y los diferentes niveles de sustitución de harina de arroz.**

	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6
Harina de trigo	100 g	85 g	80 g	70 g	60 g	50 g	40 g
Harina de arroz	—	<b>15 g</b>	<b>20 g</b>	<b>30 g</b>	<b>40 g</b>	<b>50 g</b>	<b>60 g</b>
Levadura	4g	4 g	4 g	4 g	4 g	4 g	4 g
Azúcar	12 g	12 g	12 g	12 g	12 g	12 g	12 g
Grasa	12 g	12 g	12 g	12 g	12 g	12 g	12 g
Sal	2 g	2 g	2 g	2 g	2 g	2 g	2 g
Agua	50,ml	51.ml	52.5ml	60.5ml	63.ml	65.7ml	70.5ml
Huevos	13.21g	13.21g	13.21g	13.21g	13.21g	13.21g	13.21g
Enzima	22.02g	22.02g	22.02g	22.02g	22.02g	22.02g	22.02g
Esencia	3.30ml	3.30ml	3.30ml	3.30ml	3.30ml	3.30ml	3.30ml

**Tabla. 9 Resultados de la pérdida de humedad en el horneado.**

Muestras	Gramos de humedad perdida
40:60	56.62 A
60:40	50.35 B
50:50	49.49 B
80:20	48.56 BC
70:30	47.25 BC
85:15	45.11 C
Tukey	4.33
C.V.	3.20%

**Tabla. 10 Resultados de la altura de las hogazas en cm.**

<b>Muestras</b>	<b>Altura en cm</b>
85:15	12.17 A
80:20	10.87 AB
70:30	10.51 B
60:40	8.530 C
50:50	8.090 C
40:60	5.610 D
Tukey	1.31
C.V:	5.26%

**Tabla. 11 Resultados del volumen especifico de panes en cm<sup>3</sup>.**

<b>Muestras</b>	<b>Cm<sup>3</sup></b>
85:15	2382.16 A
80:20	2345.79 A
70:30	2221.16 B
60:40	2050.09 C
50:50	1663.61 D
40:60	1292.22 E
Tukey	45.99
C.V.	0.84%

**Tabla. 12 Resultados del peso específico de panes en g/cm<sup>3</sup>.**

<b>Muestras</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
80:20	3.22 A
85:15	3.19 A
60:40	3.11 AB
70:30	3.00 B
50:50	2.84 C
40:60	2.03 D
Tukey	0.150
C.V.	2.06%

**Tabla. 13 Resultados del peso de panes en g.**

<b>Muestras</b>	<b>Peso en gramos</b>
85:15	760.66 A
80:20	740.00 A
70:30	682.73 B
60:40	660.46 BC
50:50	650.73 BC
40:60	630.76 C
Tukey	32.57
C.V.	1.72%

**Tabla.14 Promedios del análisis sensorial para el aspecto de la apariencia.**

Muestras	Calificación
70:30	4.250 A
80:20	3.900 AB
85:15	3.550 B
60:40	2.750 C
50:50	2.250 C
40:60	1.350 D
Tukey	0.594
C.V.	8.96%

**Tabla. 15 Promedios del análisis sensorial para el aspecto del sabor.**

Muestras	Calificación
70:30	4.300 A
80:20	3.900 AB
85:15	3.650 B
60:40	2.850 C
50:50	2.750 C
40:60	1.450 D
Tukey	0.502
C. V.	7.776%

**Tabla. 16 Promedios del análisis sensorial para el aspecto de la textura.**

Muestras	Calificación
70:30	4.000 A
80:20	3.750 A
85:15	3.450 A
60:40	1.950 B
50:50	1.550 BC
40:60	1.100 C
Tukey	0.709
C.V.	12.40%

**Tabla. 17 Promedios del análisis sensorial para el aspecto de la aceptabilidad general.**

Muestras	Calificación
80:20	4.000 A
70:30	3.950 A
85:15	3.400 A
60:40	2.450 B
50:50	2.150 B
40:60	1.250 C
Tukey	0.709
C.V.	11.22%

**Tabla. 18 Porcentaje de aceptación de jueces.**

Calificación Sensorial	C= 70+30		B= 80+20		A= 85+15	
	# de jueces	% de aceptación	# de jueces	% de aceptación	# de jueces	% de aceptación
1	0	0%	0	0%	0	0%
2	0	0%	0	0%	0	0%
3	1	5%	2	10%	12	60%
4	18	90%	16	80%	7	35%
5	1	5%	2	10%	1	5%

**Tabla. 19 Composición química de la harina de trigo y arroz.**

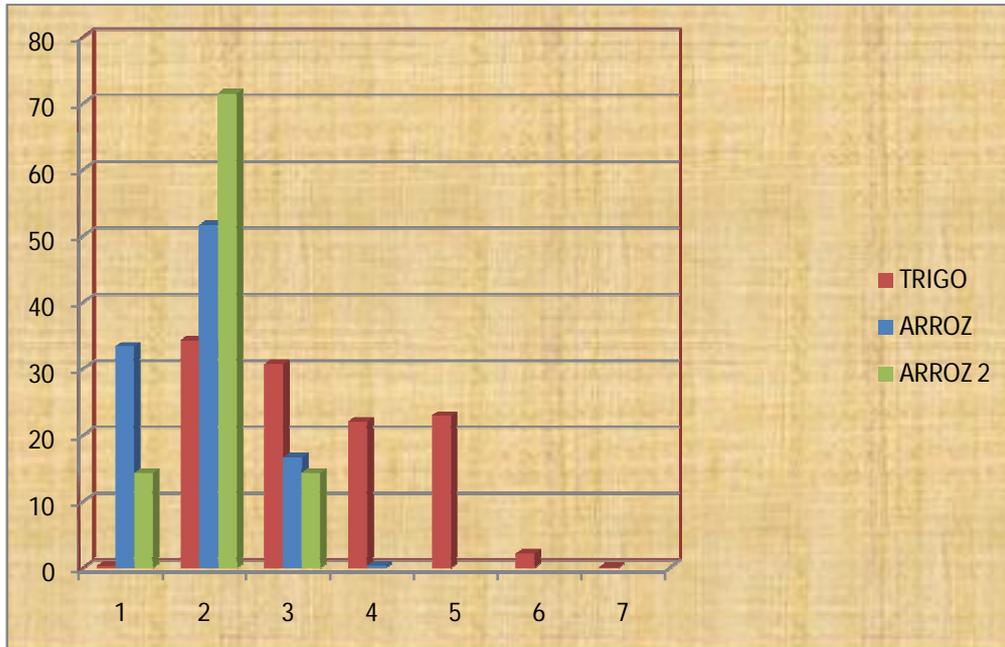
Componente	Harina de trigo	Harina de arroz
Carbohidratos	62.45%	40.80%
Proteínas	10.18%	3.63%
Grasa	1.5%	0.30%

**Tabla. 20 Composición química del pan 100% y los de mejor calificación sensorial.**

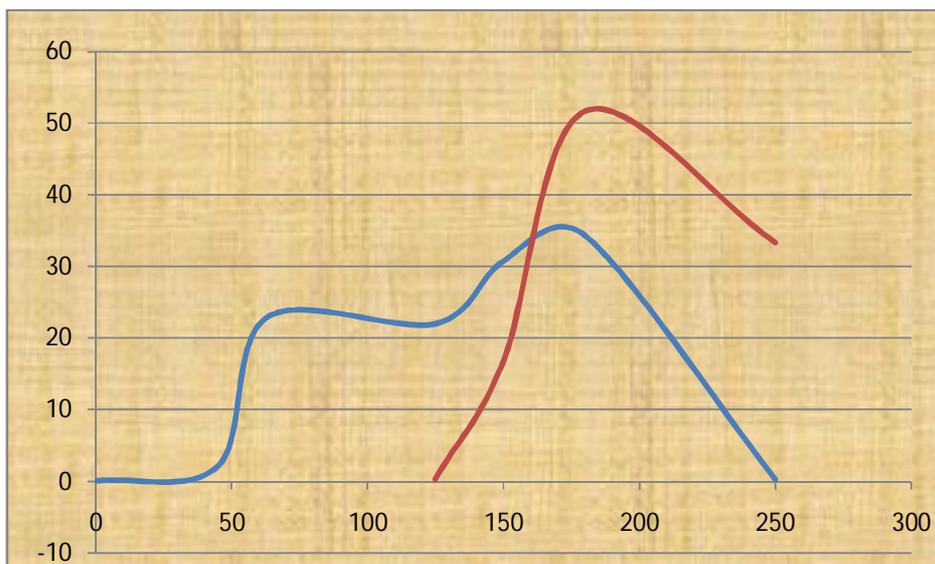
Componentes	Pan trigo (100%)	trigo:arroz 70:30	Trigo:arroz 80:20
Carbohidratos	60.39	56.07	58.24
Proteínas	11.82	10.19	11.01
Grasa	6.97	7.66	7.66
Ceniza	1.26	2.08	2
Humedad	19.56	24	21.09

## ANEXO 7

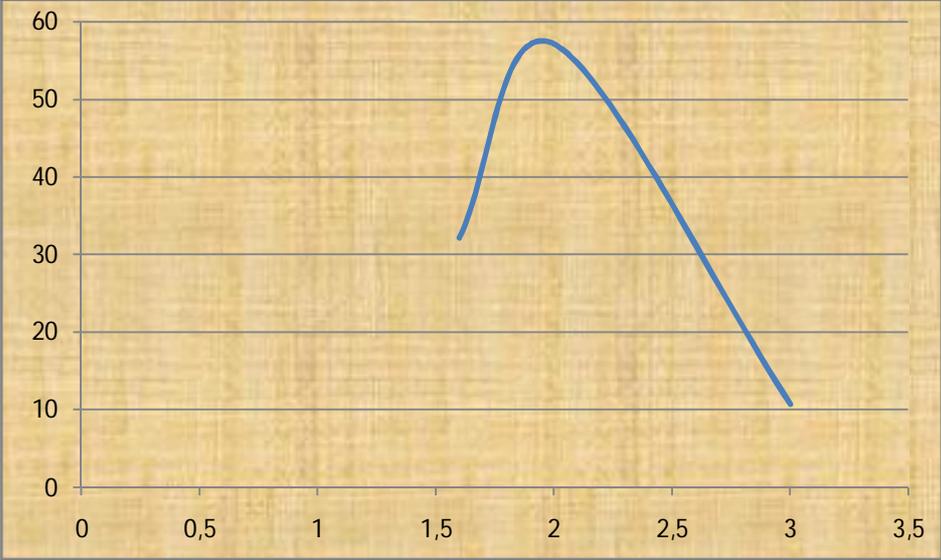
**Grafico 1. Comportamiento granulométrico de las harinas.**



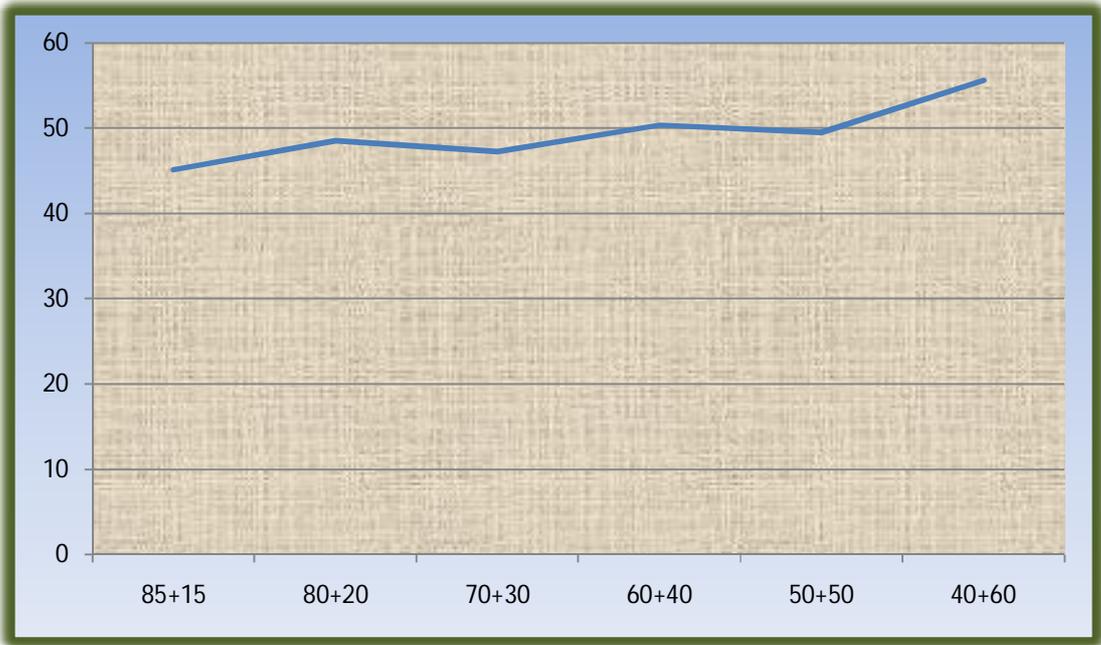
**GRAFICO 2. Representacion lineal del analisis granulometrico de la harina de trigo y arroz 1.**



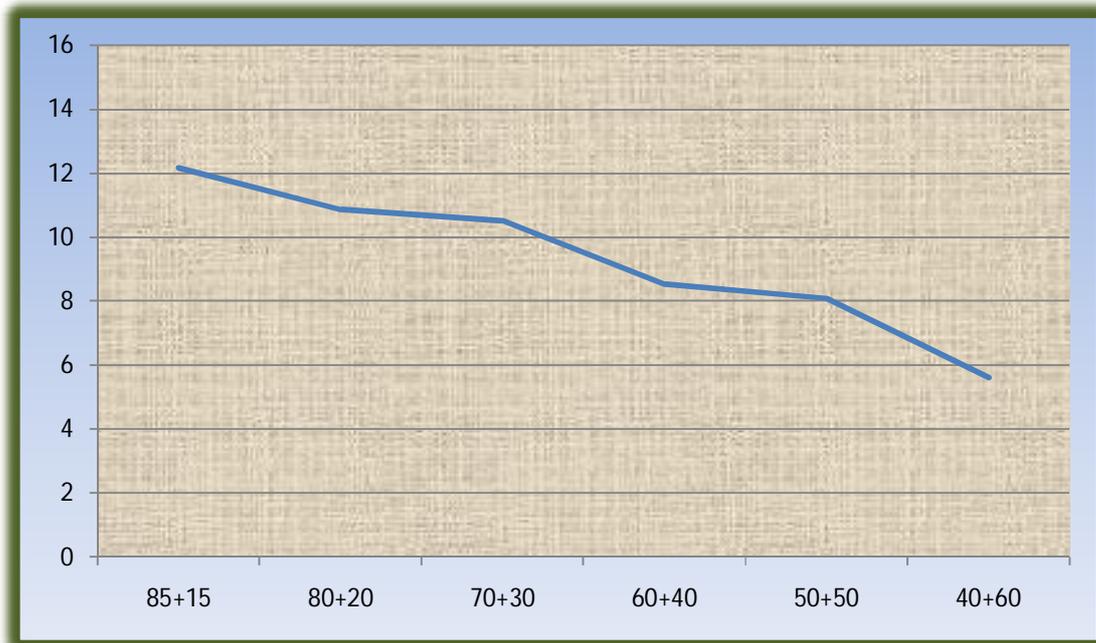
**GRAFICO 3. Representación lineal del análisis granulométrico de la harina de arroz 2.**



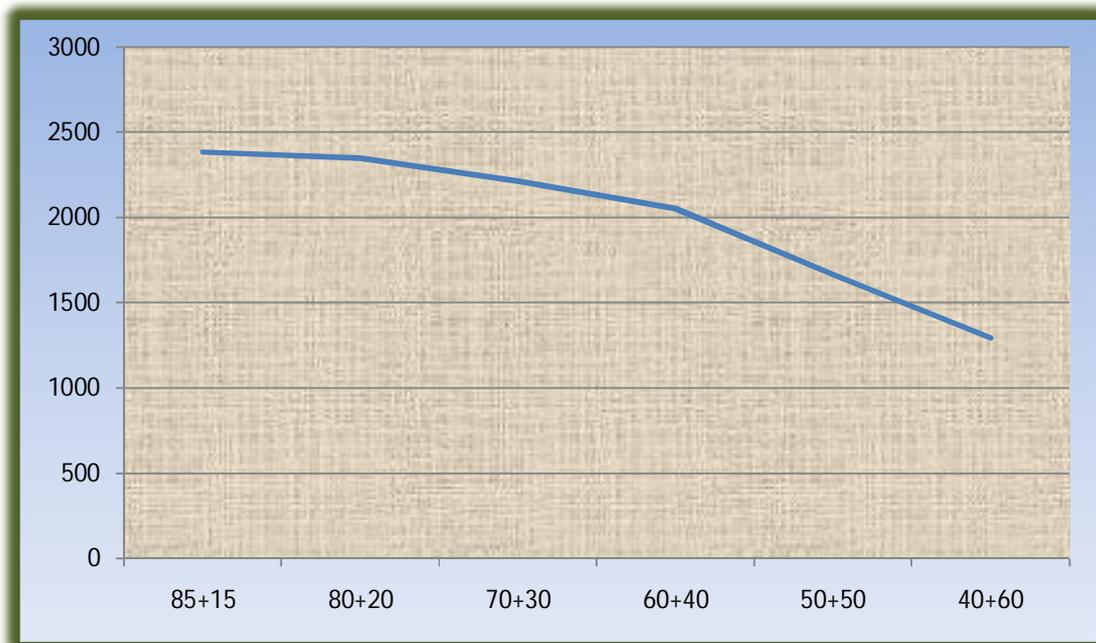
**Grafico. 4 Pérdida de la humedad después del horneado en gramos.**



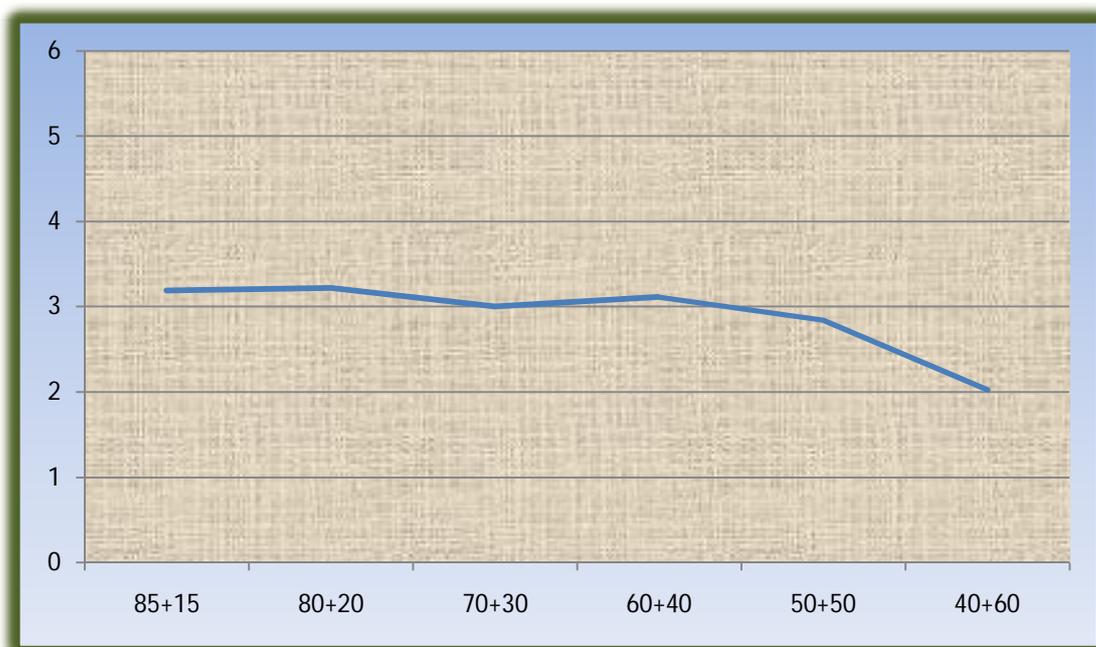
**Grafico. 5** Altura de las hogazas en cm.



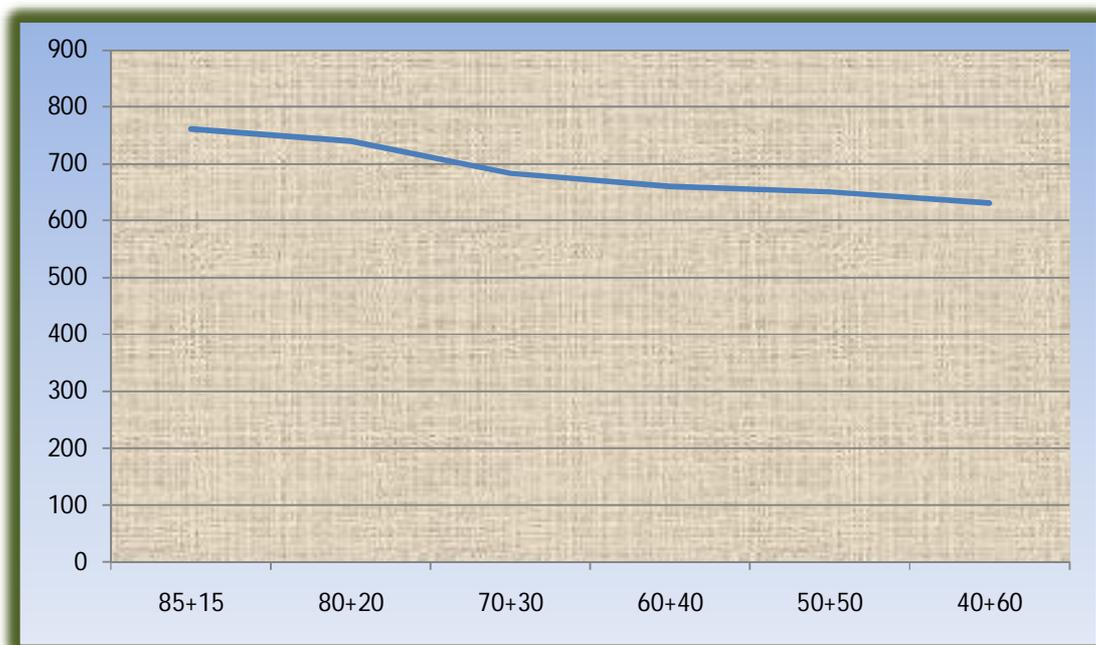
**Grafico. 6** Volumen especifico de los panes cm<sup>3</sup>.



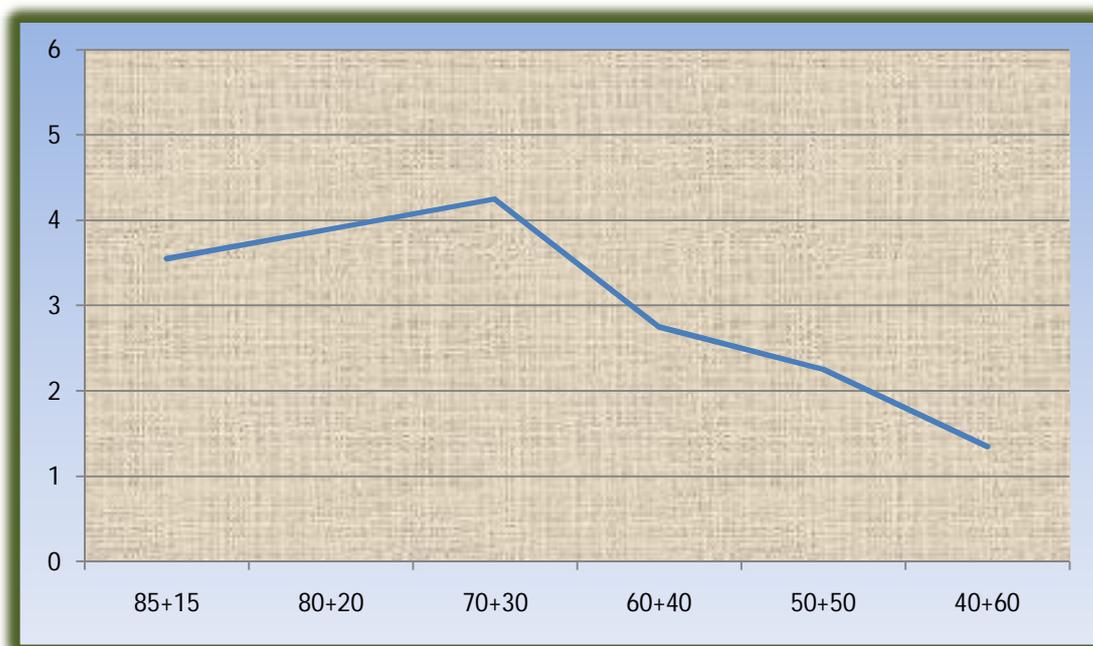
**Grafico. 7** Peso especifico de panes en  $\text{g}/\text{cm}^3$ .



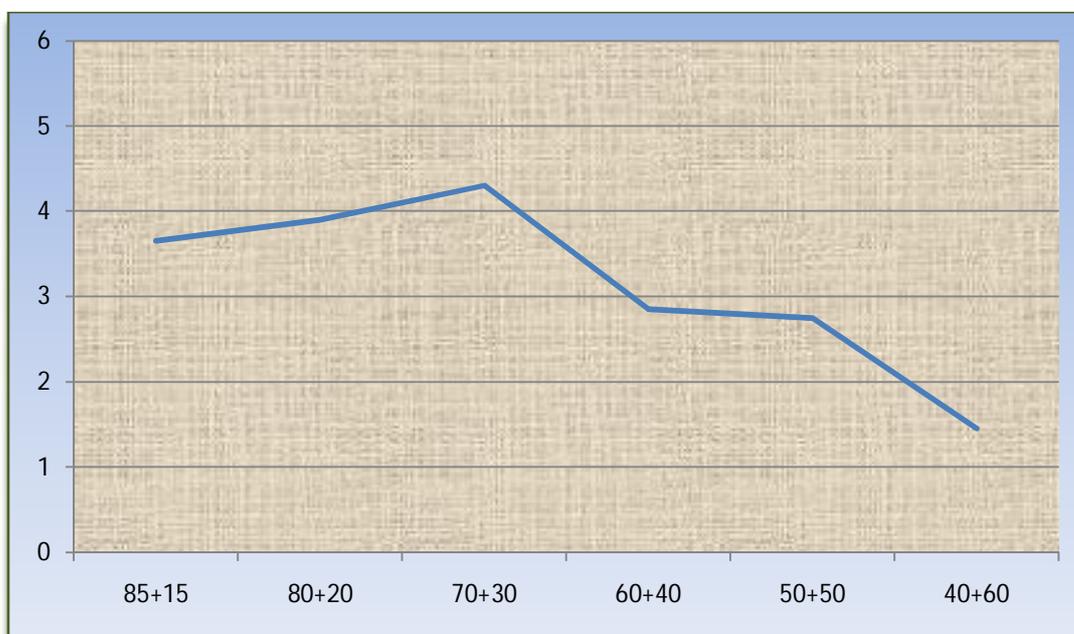
**Grafico. 8** Peso de panes en gramos.



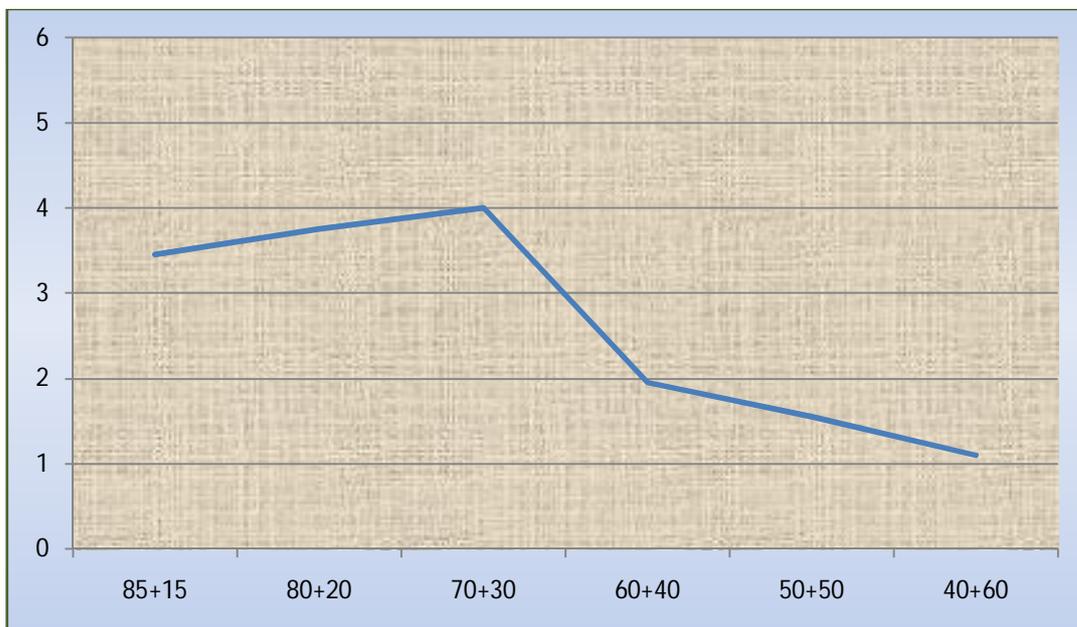
**Grafico. 9 Perfil de la calificación sensorial de las muestras de pan sobre el aspecto de la apariencia.**



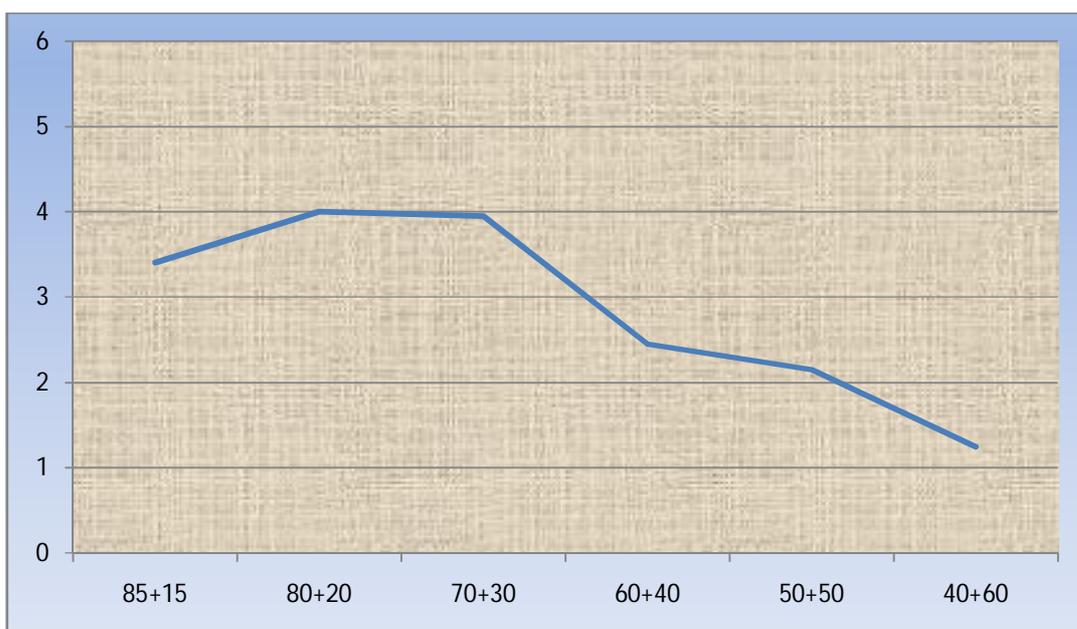
**Grafico. 10 Perfil de la calificación sensorial de las muestras de pan sobre el aspecto del sabor.**



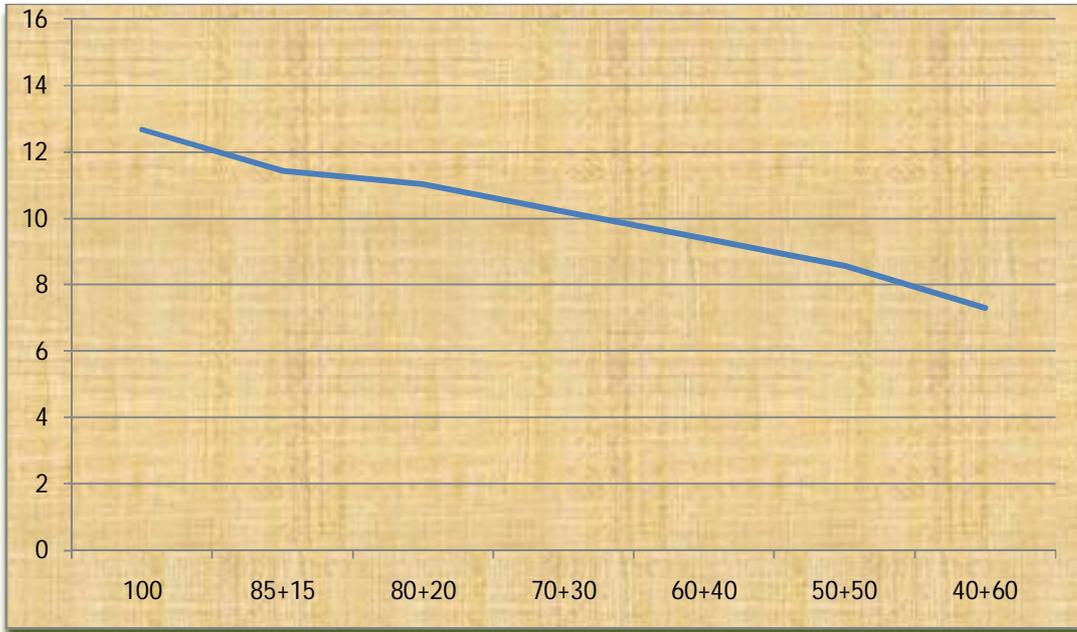
**Grafico. 11 Perfil de la calificación sensorial de las muestras de pan sobre el aspecto de la textura.**



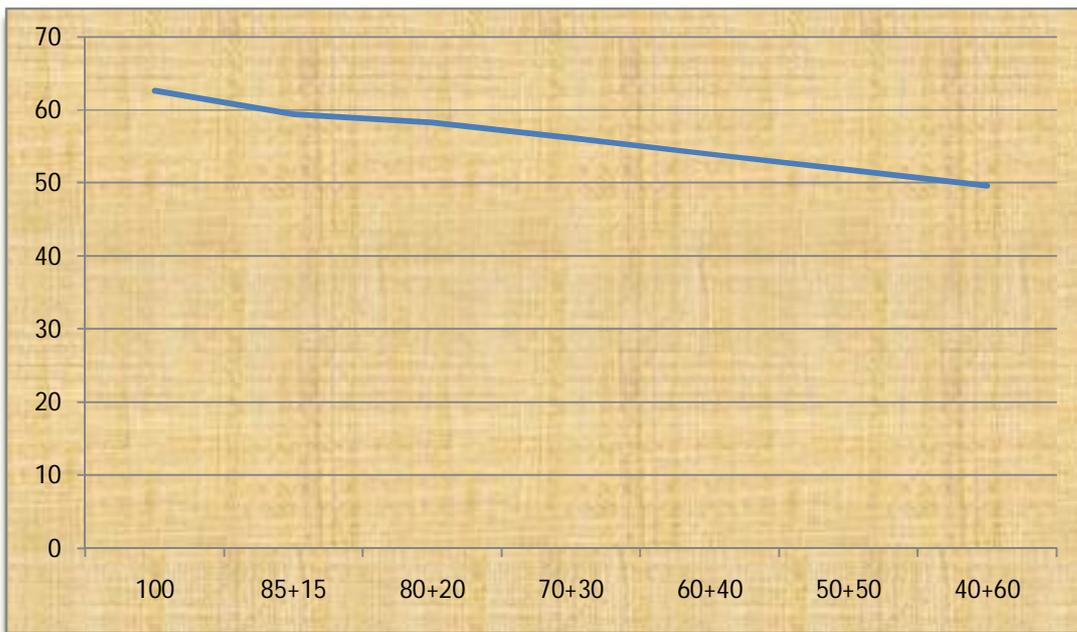
**Grafico. 12 Perfil de la calificación sensorial de las muestras de pan sobre el aspecto de la Aceptabilidad general.**



**Grafico. 13 Evaluación de la calidad proteica de panes suplementados con harina de trigo.**



**Grafico. 14 Evaluación de la calidad carbohidratos de panes suplementados con harina de trigo.**



ANEXO 8

Figura N# 1

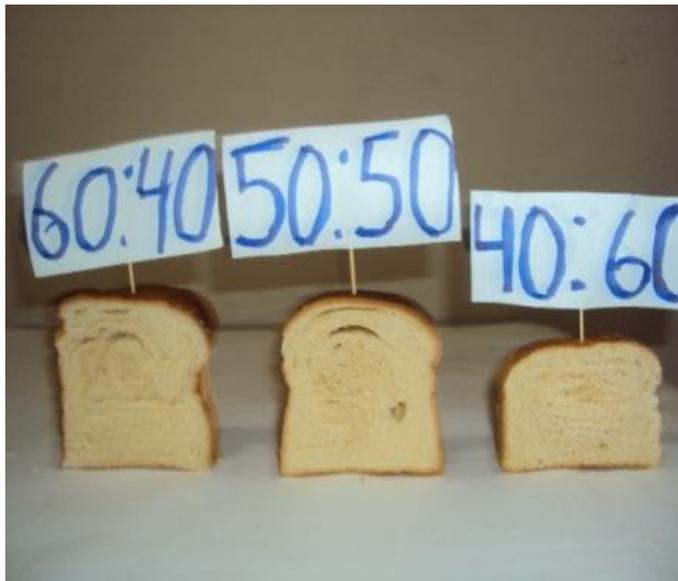


Figura N# 2



Figura N# 3



Figura N# 4



Figura N# 5



Figura N# 6



Figura N# 7

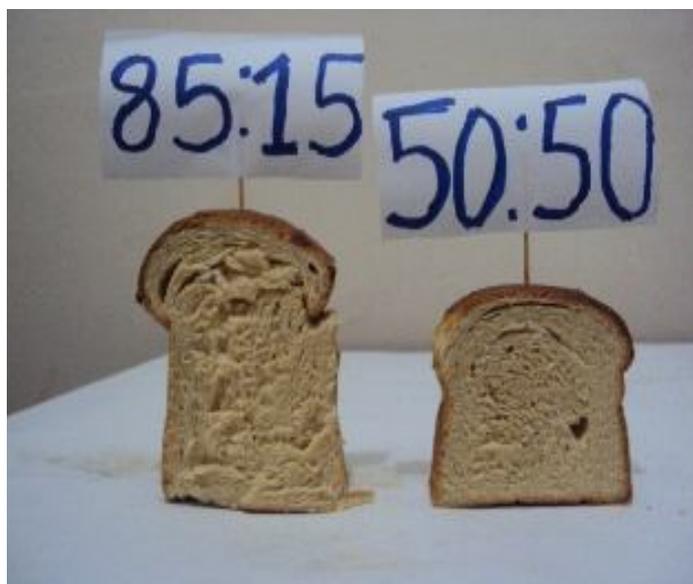


Figura N# 8



Figura N# 9



Figura N# 10



Figura N# 11



Figura N# 12



Figura N# 13

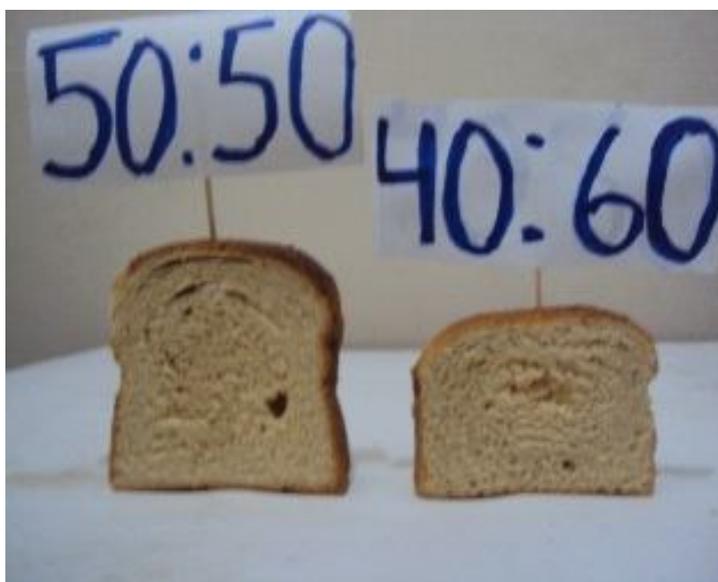


Figura N# 14



Figura N# 15

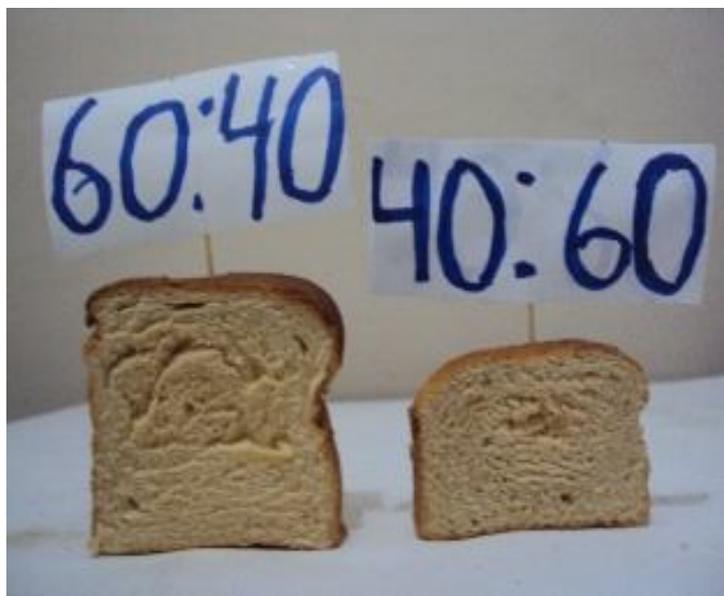


Figura N# 16



Figura N# 17



Figura N# 18



Figura N# 19

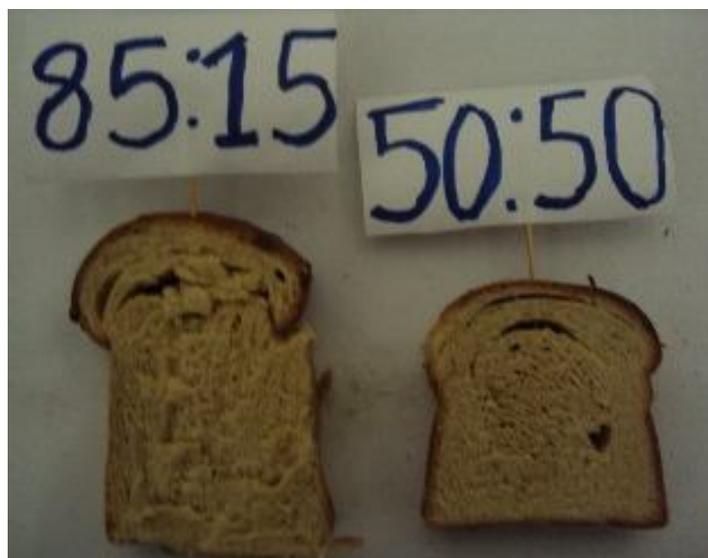


Figura N# 20



Figura N# 21



Figura N# 22



Figura N# 23



Figura N# 24



Figura N# 25



Figura N# 26



Figura N# 27



Figura N# 28



Figura N# 29



Figura N# 30



Figura N# 31



Figura N# 32



Figura N# 33



Figura N# 34

