

# Capítulo I

## **1 GENERALIDADES**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

En el Ecuador el principal problema de la industria de panificación es proveer al cliente, un pan fresco, de buena calidad y en cualquier momento del día; debido a que este producto, luego de su elaboración y a medida que transcurre el tiempo empieza a cambiar ciertas características como son: la corteza se vuelve dura; la estructura de la miga envejece, pierde suavidad, alterando el sabor y olor característico de un pan fresco.

Por tal motivo la agroindustria esta desarrollando nuevas tecnologías como es la elaboración de pan precocido el cual es distribuido a los puntos calientes de venta, su finalidad es tener un pan estructurado totalmente en el interior, mientras que en el exterior todavía es blanco.

El pan precocido utiliza la tecnología del congelado con lo que se conserva durante más tiempo y preserva todos los sabores naturales, solamente se necesita un congelador y el horno, para obtener el tradicional pan fresco hecho en casa, no tiene preservantes ni conservantes o sabores artificiales; es un producto 100% natural, listo para hornear.

La yuca es una raíz que se cultiva en todas las regiones del Ecuador y presenta diferentes variedades, actualmente es considerada un cultivo de pequeños agricultores, su producción esta dedicada principalmente al consumo en estado fresco debido a la cultura alimenticia de las personas. Por otra parte una característica de las raíces de yuca es que sufren un rápido deterioro luego de ser

cosechadas por lo que deben ser procesadas pocos días después de la cosecha. La ocurrencia del deterioro está directamente asociada a los daños mecánicos que ocurren con la cosecha, pero también depende de la variedad, su deterioro aumenta los costos y causa pérdidas considerables a los productores y comercializadores.

La elaboración de productos derivados de la yuca es escasa, no se han desarrollado alternativas a nivel nacional para darle un valor agregado a ésta. En la Provincia de Manabí existen microempresas dedicadas a la obtención de harina y almidón, los cuales son destinados como materia prima para la industria de balanceados y panificación.

A pesar que esta raíz contiene un alto porcentaje de almidón, esta no se aprovecha mayormente en la industria de panificación, de igual manera no existen alternativas del aprovechamiento de ésta, cuando hay una sobre producción o no se ha podido comercializar.

Desde la antigüedad la humanidad aprendió a elaborar alimentos fermentados a partir de materias ricas en almidón. En África Occidental por ejemplo se elabora el “gari” (alimento fermentado obtenido de la yuca pelada y rallada). En Asia se consume el “miso” una pasta preparada a partir de cebada, arroz y soya; En América se obtienen bebidas como la “chicha”, el “champús”, así como bebidas alcohólicas elaboradas a partir de yuca, maíz y arroz. En Venezuela se elabora el “casabe” fuente calórica, rica en fibra y minerales. En ciertos países se muele comercialmente la yuca, en algunos de estos procesos el producto final es la “tapioca”, que es principalmente almidón de yuca. En África occidental se utiliza la yuca para preparar “fufu” que es un producto molido, fermentado y hervido.

Desde años atrás las comunidades, especialmente de la costa y oriente ecuatoriano conservan celosamente la técnica para la elaboración del pan de yuca, que es pan seco, llamado “**casabe**”. En la región costa especialmente en Manabí es utilizado para elaborar el “pan de yuca”, a pesar que no es consumido en todo el país, en la

actualidad la empresa “Facundo” está elaborando dicho pan precocido con la finalidad de incorporarlo al mercado como un producto tradicional ecuatoriano.

De igual manera en las comunidades del oriente ecuatoriano, es utilizada para preparar la tradicional “Chicha de yuca”, la cual se elabora a partir de la yuca cocinada y aplastada.

Esta investigación propuso una alternativa para darle un valor agregado a la yuca, así como también satisfacer las exigencias del mercado, esto es proveer al cliente de pan precocido para que termine con la cocción en su hogar y de esta manera disponer de pan fresco de excelente calidad a cualquier hora del día. Dando como consecuencia que a nivel de productor ya podría eliminarse los excedentes de pan que no se ha vendido, y a nivel de consumidor, no tenga pan guardado de un día para otro u otros.

La presente investigación planteó determinar los parámetros óptimos para la elaboración de pan precocido de yuca (*Manihot esculenta crantz*), como son porcentaje de masa de yuca, temperatura y tiempo de precocción. Para cumplir este propósito se estudió:

- A la yuca en si, con la finalidad de tener muy en claro los beneficios que puede proporcionar para dicha investigación, para lo cual se utilizó un tipo de yuca blanca-crema, proveniente de la zona sub-tropical de Intag del cantón Cotacachi, de la provincia de Imbabura.
- El correcto proceso para la elaboración de pan precocido, en el cual es necesario prestar atención a los diferentes tiempos y temperaturas a utilizar durante el proceso, ya que estos van a determinar la calidad del producto final.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Determinar los parámetros óptimos para elaborar pan precocido de yuca (*Manihot esculenta crantz*).

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Determinar el porcentaje de yuca, la temperatura y el tiempo de precocción óptimos en la elaboración de pan precocido.
- Establecer las características de calidad del producto final mediante análisis físico-químicos: humedad, fibra, cenizas, azúcares libres, proteína, grasa, peso, volumen, peso específico; y organolépticos: color, aroma, sabor, miga y corteza.
- Establecer los rendimientos mediante balance de materiales al finalizar el proceso de elaboración del pan.
- Determinar los costos de producción del pan precocido a nivel experimental en laboratorio.

### 1.3 HIPÓTESIS

**Hi:** Los porcentajes de masa de yuca (*Manihot esculenta crantz*), las temperaturas y tiempos de precocción influyen en la calidad del pan precocido.

**Ho:** Los porcentajes de masa de yuca (*Manihot esculenta crantz*), las temperaturas y tiempos de precocción no influyen en la calidad del pan precocido.

# Capítulo II

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 LA YUCA (*Manihot esculenta crantz*)



**Fotografía1:** <http://www.consumer.es> [Consulta: 2007, Junio 7]

#### 2.1.1 Descripción

Es una raíz de forma elongada cubierta por una cáscara áspera de color rosado/café; su densa y fibrosa pulpa es de color blanco. También conocida como “casabe” o “mandioca”, se originó en América Latina, ahora se cultiva ampliamente en muchas partes de Asia y África, especialmente por sus raíces. Crece en suelos pobres, requiere relativamente poca atención, resiste a condiciones adversas del tiempo.

El rendimiento energético por hectárea de las raíces de yuca es generalmente alto, y potencialmente mucho mayor que la de los cereales. Sin embargo, la yuca tiene la gran desventaja de contener pocos nutrientes y muchos carbohidratos. Contiene menos del 1% de proteína, significativamente menos que el 10% en el maíz y otros cereales, también tiene mucho menos hierro que los granos de cereales.

La yuca, y en particular las variedades amargas, a veces contienen un glucósido cianogénico. Esta sustancia es la responsable de la formación del ácido cianhídrico el cual es venenoso y se encuentra cerca de la capa externa, por lo tanto pelar, lavar o hervir la yuca ayuda a reducir los niveles de cianuro.

Además, se puede reducir la toxicidad de las raíces de yuca al rallarla, molerla y fermentarla. [Página Web en línea] Disponible <http://www.fao.org.ec> [Consulta: 2007, Septiembre 19]

Cuando la yuca tiene menos de 50 miligramos de dicho ácido, se considera que es dulce y por lo tanto comestible. Sin embargo, la gran mayoría de las yucas son consideradas inofensivas ya que el veneno presente en ellas es altamente soluble y volátil, esfumándose cuando es expuesta al sol o al calor, cuando se hierve o se fríe a más de 100°C. [Página Web en línea] Disponible <http://www.mipunto.com> [Consulta: 2007, Septiembre 19].

Por su potencial de producción y usos finales, se ha convertido en base de la alimentación para la población rural y en una alternativa de comercialización en centros urbanos ya que las raíces son ricas en almidón y sus hojas ricas en proteínas. La yuca trae muchas ventajas para los agricultores de bajos ingresos, ya que se da en suelos pobres, requiere de pocos fertilizantes, plaguicidas y agua.

Además, la yuca puede cosecharse en cualquier momento de los 8 a los 24 meses después de plantarla, por lo que puede quedarse en la tierra como defensa contra una escasez de alimentos inesperada. [Página Web en línea] Disponible <http://www.sica.gov.ec> [Consulta: 2007, Septiembre 19].

### **2.1.2 Valor nutricional**

Es muy rica en hidratos de carbono complejos y magnesio; pobre en proteínas, grasas, vitaminas B y C; además de potasio y calcio. A continuación se describe el cuadro del valor nutricional de la yuca.

**Cuadro N° 1: Valor nutricional (por 100 g de porción comestible de yuca)**

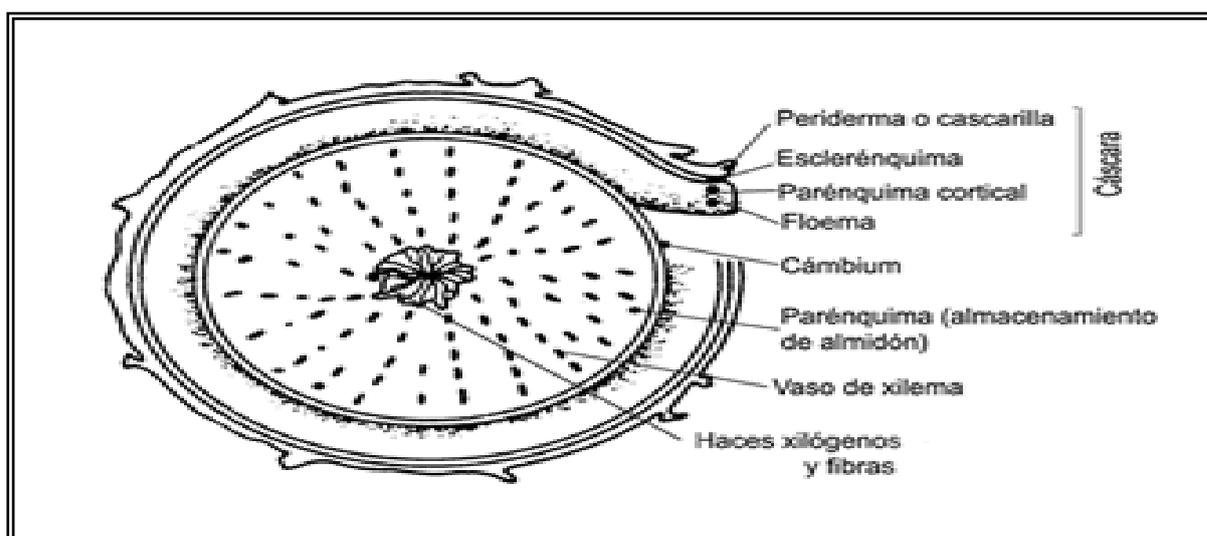
<b>Componentes</b>	<b>Cantidad</b>
Calorías	120 cal
Proteínas	1 g
Grasas	0,4 g
Hidratos de carbono	26,9 g
Magnesio	66 g
Potasio	764 mg
Calcio	40 mg
Fósforo	34 mg
Hierro	1,4 mg
Vitamina B6	0,3 mg
Vitamina C	48,2 mg

**Fuente:** www.consumer.es [Consulta: 2007, Junio 7]

### **2.1.3 Análisis de la raíz**

Velastegui R. (1992) indica que “la raíz de yuca se compone de 3 tejidos: el periderma (cascarilla), el parénquima cortical (corteza) y el parénquima interior (pulpa). La cáscara está formada por el periderma y la corteza; el periderma está compuesto por células muertas que envuelven la superficie de la raíz, y cuyo color es café claro u oscuro, la superficie puede ser lisa o rugosa.

Después del periderma se encuentra la corteza o parénquima cortical que tiene de 1 a 2 mm de espesor y es de distintos colores (blanca, crema o rosada). En esta capa se encuentran comprimidos los tejidos del floema que tienen los glucósidos cianogénicos, responsables de la formación del ácido cianhídrico. El parénquima interior o pulpa está compuesto del liber (floema) y del tejido leñoso (xilema). Este último tiene dos clases de elementos: vasos leñosos y las células parenquimáticas llenas de granos de almidón



**Fotografía 2:** [http:// www.ciat.cgiar.org/agroempresas/sistema\\_yuca/cosecha.htm](http://www.ciat.cgiar.org/agroempresas/sistema_yuca/cosecha.htm)

[Consulta: 2007, Agosto 1]

El contenido de materia seca de la raíz de yuca fluctúa entre el 30% y el 40%. La materia seca del parénquima está constituida en su mayor parte (90-95%) por la fracción no nitrogenada, es decir, por carbohidratos (almidón y azúcares). El resto corresponde a fibra, grasas, cenizas o minerales y proteína”. (p 7)

#### **Cuadro N° 2: Composición proximal de la raíz**

<b>Componentes</b>	<b>%</b>
Carbohidratos	90-95
Fibra	1-2
Grasa	0,5-1
Cenizas	1,5-2,25
Proteína	0.8-1

**Nota:** Tomado de: “Almidón Agrio de yuca” por ALARCON F. (2004). (p 4)

#### **2.1.4 Cosecha y rendimiento**

Terranova (1995) manifiesta que “el signo que un plantel de yuca está próximo a la madurez es el resquebrajamiento del suelo alrededor de los cuellos de las plantas.

La cosecha para la industria del almidón y de la harina integral de yuca se efectúa cuando se produce el máximo rendimiento en raíces, situación que ocurre según los cultivos, entre los 12 y 24 meses del ciclo. Es necesario indicar que si la cosecha se hace pasados 12 meses, las yucas son poco aptas para el consumo directo por el aumento en fibra de las raíces.

Los rendimientos son muy diversos y dependen de las variedades, la duración del período vegetativo, las condiciones del medio y la forma de cultivo. Se considera que aplicando buenas técnicas agronómicas al cultivo se logra un rendimiento de 30.000 Kg/ha de raíces reservantes, a los 12 meses, que corresponde a 2.500 kg de raíces, por hectárea y por mes”. (p 350)

### **2.1.5 Manejo poscosecha de la yuca**

Después de la extracción de las raíces se colocan sobre los surcos donde estaban las plantas. El producto cosechado debe llevarse a un sitio de acopio donde esté protegido del sol y del viento hasta el momento de empaque o cargue, para no aumentar el calor interno que acelera procesos fisiológicos y microbianos que deterioran la calidad. [Página Web en línea] Disponible <http://www.clayuca.org/manejo.htm> [Consulta: 2007, Agosto 1].

#### **✚ Deterioro fisiológico o primario**

Se inicia en los puntos donde hay daño mecánico, pasada las 24 a 48 horas de la cosecha. Sus síntomas son una desecación de color blanco a café, en forma de anillo en la periferia de la pulpa y unas estrías azul-negro, especialmente cerca del xilema.



**Fotografía 3:** [http:// www.ciat.cgiar.org/agroempresas/sistema\\_yuca/cosecha.htm](http://www.ciat.cgiar.org/agroempresas/sistema_yuca/cosecha.htm)

[Consulta: 2007, Agosto 1]

#### **✚ Deterioro microbiano o secundario**

Es causado por hongos o bacterias que nacen de 5 a 7 días luego de cosechadas las raíces, especialmente en zonas con daños físicos y en ambientes de humedad relativa y temperaturas altas. Se manifiesta con un estriado vascular y posterior pudrición, con fermentación y maceración de los tejidos.



**Fotografía 4:** [http:// www.ciat.cgiar.org/agroempresas/sistema\\_yuca/cosecha.htm](http://www.ciat.cgiar.org/agroempresas/sistema_yuca/cosecha.htm)

[Consulta: 2007, Agosto 1

#### **2.1.5.1 Lavado**

Se procede al lavado de las raíces con la finalidad de retirar la tierra adherida, generalmente esto ocurre durante épocas lluviosas y en suelos pesados. Además esta operación permite detectar la presencia de pudriciones, piedras, etc. que podrían afectar la calidad del producto final.

#### **2.1.5.2 Pelado**

La eliminación de la cáscara ayuda a mejorar la conservación de la raíz, así como también en procesos posteriores; el pelado puede hacerse manualmente con cuchillos.

#### **2.1.5.3 Troceado**

Para que las raíces se sequen rápidamente es necesario aumentar la superficie expuesta al aire caliente. Esto se logra al cortarlas en trozos pequeños y uniformes, labor que se puede realizar con una máquina picadora o también puede hacerse en forma manual.

#### **2.1.5.4 Secado**

El secado de las raíces se realiza mediante métodos naturales o artificiales, los cuales difieren no sólo en las tecnologías empleadas sino también en sus costos.

El secado natural aprovecha la energía solar, hecho que restringe su uso a las épocas del año en que hay lluvias, mientras que en el secado artificial se utilizan otras fuentes de energía, tales como los combustibles fósiles (petróleo, carbón, y gas) y los residuos agrícolas (bagazo de caña, cáscara de arroz, etc.) En algunos casos se pueden combinar los dos sistemas para hacer más rentable la agroindustria.

La elección del método depende, en gran parte, de la cantidad de yuca que se secará, de la disponibilidad de capital, del costo de la mano de obra y de la disponibilidad de las fuentes de energía.

#### **2.1.5.5 Almacenado**

Una vez que se ha secado la yuca, se puede almacenar en fundas de polietileno o polipropileno para su posterior utilización. [Página Web en línea] [http://www.mercanet.cnp.gov.cr/Desarrollo\\_Agroid/documentospdf/Yuca\\_FTP.pdf](http://www.mercanet.cnp.gov.cr/Desarrollo_Agroid/documentospdf/Yuca_FTP.pdf) [Consulta: 2007, Agosto 1].

#### **2.1.6 Conservación de raíces frescas**

Las técnicas de almacenamiento presentadas se han clasificado como:

- Tradicionales: Se dejan en el suelo, adheridas a los tallos, enterradas en fosas o zanjas; o cubiertas con una capa de paja o barro.
- Tradicionales mejoradas: Se dejan en silos de campo y en cajas con aserrín húmedo.
- Elaboradas: parafinado, refrigeración y encerado.

Es recomendable que la técnica de almacenamiento seleccionada cumpla con las siguientes características:

- Fácil aplicación y adaptación a los canales de comercialización.
- Se evite el maltrato de las raíces, proceso que acelera su daño fisiológico y microbiológico.
- No altere la calidad y la textura de la yuca.
- Que se realice en el menor tiempo posible, después de la cosecha.
- Evite la exposición de las plantas a los rayos solares.

[Página Web en línea] Disponible [http:// www.clayuca.org/manejo.htm](http://www.clayuca.org/manejo.htm)  
[Consulta: 2007, Agosto 1].

### **2.1.7 Alternativas de procesamiento agroindustrial**

La yuca es importante materia prima para la industria ya que sus raíces, tallos, ramas y hojas son susceptibles de ser transformados para beneficio del hombre. En la alimentación humana se las consume cocinada, dulces o fritas, y su harina es utilizada principalmente en panificación. Los tallos, ramas y hojas pueden ser utilizados, como alimento animal para la elaboración de follaje, heno y balanceados.

Tanto las raíces de yuca frescas como desecadas pueden ser consumidas por los rumiantes en diferentes formas (rebanadas, desmenuzadas molidas). La raíz de yuca desecada ha dado resultados satisfactorios al ser utilizada como fuente principal de calorías para el vacuno lechero, el engorde intensivo para carne y el crecimiento de corderos.

En nuestro país la producción nacional de yuca según datos existentes en el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos; y en el Ministerio de Agricultura y Ganadería son los que se indican a continuación:

**Cuadro N° 3: Producción nacional de yuca según datos del año 2004, de superficie sembrada y cosechada en hectáreas, producción y ventas**

Superficie sembrada (Has)	Superficie cosechada (Has)	Producción (TM)	Ventas (TM)
Sola 20568	20284	83565	60366
Asociada 2556	2082	5036	1863

FUENTE: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS

**Cuadro N° 4: Producción de yuca en la provincia de Imbabura según datos del año 2006**

Superficie sembrada (Has)	Superficie cosechada (Has)	Producción (¶)	Rendimiento (¶/has)
30	40	1400	350

FUENTE: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA (MAG)

## 2.2 EL ALMIDÓN

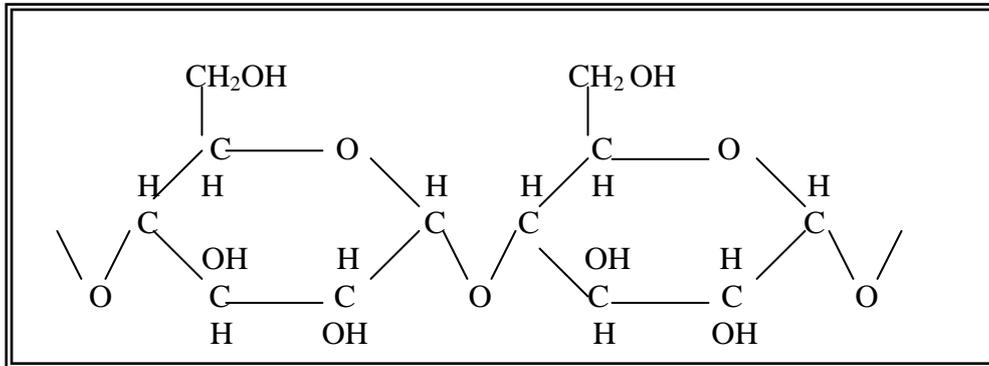
Braverman J. (1980) dice “es un hidrato de carbono complejo  $(C_6H_{12}O_6)_n$  inodoro e insípido, en forma de grano o polvo. Es el principal carbohidrato de reserva en la mayoría de las plantas. En las hojas se acumula en los cloroplastos donde es un producto directo de la fotosíntesis. En los órganos de almacenamiento se acumula en los amiloplastos, en los cuales se forma después de la translocación de sacarosa u otro carbohidrato proveniente de las hojas”. (p 129)

### 2.2.1 Composición del Almidón

Hathews C. K. (1998) dice “Amilosa.- Es el producto de la condensación de D-glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos  $\alpha$ -(1,4), que establece largas cadenas lineales de 200-2500 unidades y pesos moleculares hasta un millón; es

decir, la amilosa es una  $\alpha$ -D- (1,4)- glucana cuya unidad repetida es la maltosa. La mayoría de los almidones contienen alrededor del 25% de amilasa”. (p 176)

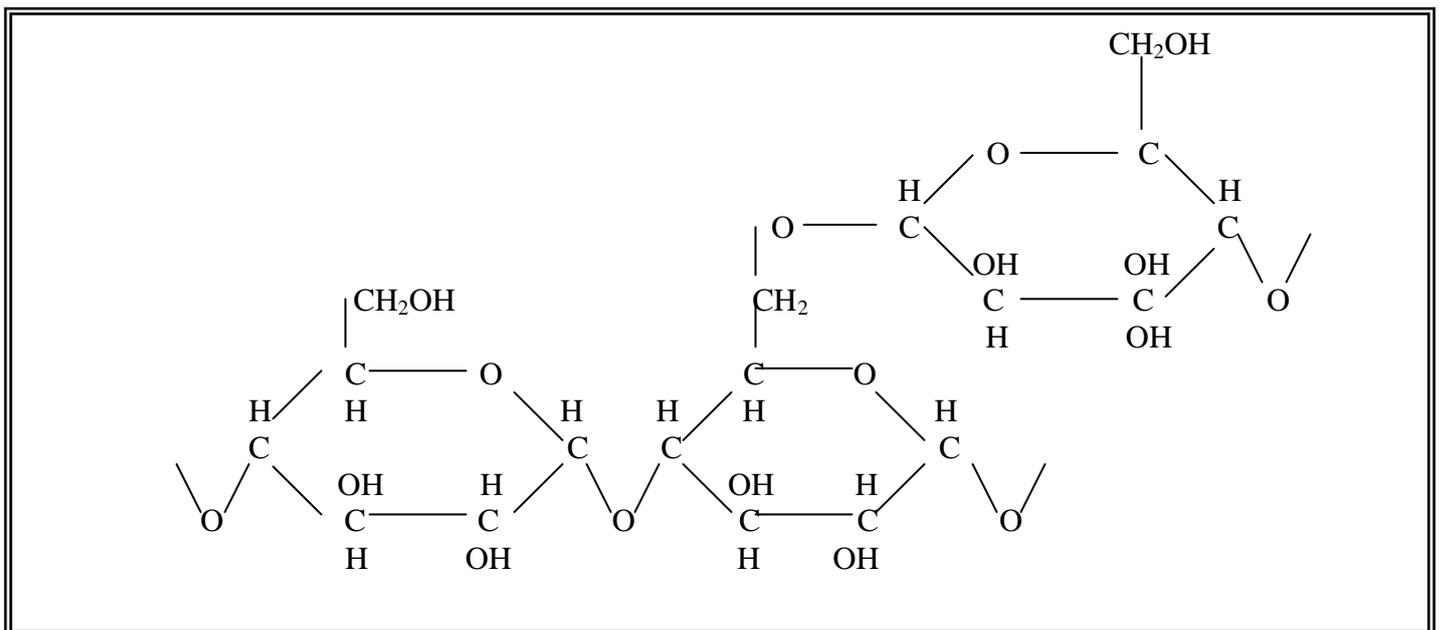
**Gráfica N° 1: Proporción de la molécula de amilosa**



**Nota:** Tomado de “Bioquímica” Hathews C. K. 1998 (p 176)

Braverman J. (1980) dice “Amilopectina.- Se diferencia de la amilosa en que contiene ramificaciones, que le dan una forma similar a la de un árbol; las ramas están unidas al tronco central (semejante a la amilosa) por enlaces  $\alpha$ -D-(1,6), localizadas cada 15-25 unidades lineales de glucosa. La amilopectina constituye alrededor del 75% de los almidones más comunes”. (p 130)

**Gráfica N° 2: Fórmula estructural de la molécula de amilopectina**



**Nota:** Tomado de “Introducción a la Bioquímica de Alimentos” por Braverman J. 1980 (p 130)

### 2.2.2 Características del almidón de yuca

Las características del almidón de yuca están en función de la proporción entre amilosa y amilopectina. Cada una de ellas tiene una importancia fundamental en la funcionalidad del almidón y sus derivados: la viscosidad, la resistencia al corte, la gelatinización, las texturas, la solubilidad; la pegajosidad, la estabilidad del gel, la hinchabilidad por frío y la retrogradación.

#### Cuadro N° 5: Composición química del almidón de yuca en comparación con otros almidones

Almidón	% Humedad	% Lípidos	% Proteínas	% Fósforo	Sabor y olor
Yuca	13	0.1	0.1	0.01	Neutro
Papa	19	0.1	0.1	0.08	Bajo
Trigo	13	0.9	0.4	0.06	Alto
Maíz	13	0.8	0.35	0.02	Alto

Fuente: <http://www.mandioca.com.ve/productos.asp>

[Consulta: 2007, Agosto 1]

### 2.3 FERMENTACIÓN

Jesús Calaveras (1996) afirma que “en cualquier fermentación panaria deben producirse tres etapas fundamentales:

1ª Etapa.- Es una fermentación muy rápida y que dura relativamente poco tiempo. Se inicia en la amasadora al poco tiempo de añadir la levadura ya que las células de *Saccharomyces cerevisiae* comienzan la metabolización de los primeros azúcares libres existentes en la harina.

2ª Etapa.- Es en esta etapa donde ya se produce la mayor cantidad de fermentación alcohólica pero donde a su vez comienza a producirse las distintas fermentaciones complementarias como son: la fermentación láctica, butírica y acética.

Este tiempo puede comprenderse desde el reposo de la masa hasta la fermentación de las piezas de pan, siendo estos tiempos bastante largos.

3ª Etapa.- Esta es la última y normalmente es una fermentación de corto tiempo, aunque tiene mucho que ver el tamaño de la pieza. Ya que finaliza cuando el interior de la pieza de pan posee 55°C, pues a dicha temperatura las células de la levadura mueren”. (p 192)

### **2.3.1 Procesos químicos en la fermentación**

Jesús Calaveras (1996) dice que “a la hora de hablar de los procesos químicos producidos en la fermentación, debemos tener en cuenta que su fundamento es producir:

- Aumento de volumen de la pieza
- Textura fina y ligera
- Producción de aromas

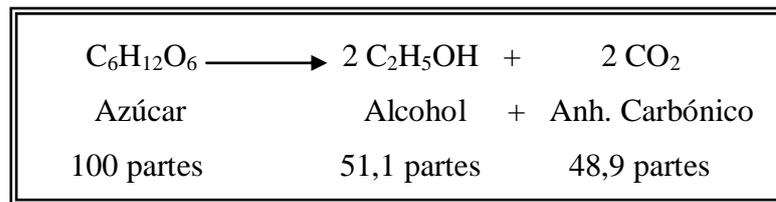
Este proceso está definido como el reposo de las piezas, ya formadas en condiciones favorables y a veces controladas, de humedad y temperatura; produciéndose dicho aumento de volumen gracias a la producción y retención de gas y a las modificaciones de las características plásticas de la masa permitiendo dicha expansión.

Como ya se ha dicho anteriormente la fermentación comienza en el amasado y termina en el horno, produciéndose paralelamente la muerte de las células de la levadura y la formación de estructura del pan, bien definido en la gelatinización y posterior cristalización del almidón, caramelización de los azúcares restantes y desnaturalización de las proteínas. Para ello es necesario un equilibrio entre ambas reacciones, que por un lado, ayuden al aguante de la gasificación sin que el pan se debilite a la entrada del horno y por otro lado, exista una correcta fijación de la estructura del pan”. (p 193)

### 2.3.2 Fermentación alcohólica

Jesús Calaveras (1996) dice que “es la más importante en el desarrollo panario y responsable de la mayor parte de aromas del pan. Consiste en la transformación de glucosa en etanol y CO<sub>2</sub> siendo característica de las levaduras.

**Gráfica N° 3: Ecuación general de la fermentación alcohólica**

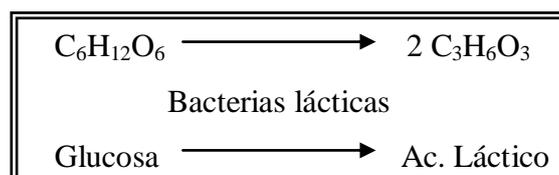


Aproximadamente el 90% de los azúcares siguen este proceso fermentativo y el 10% restante en la práctica, sufren fermentaciones diferentes originando diversos ácidos y otros compuestos”. (p 197)

### 2.3.3 Fermentación láctica

Jesús Calaveras (1996) indica que “esta se produce a partir de la hidrólisis de la lactosa o sacarosa produciendo glucosa que es transformada sucesivamente en ácido láctico. La temperatura de fermentación juega un papel importante en dicha fermentación ya que si fermentamos los panes a 28°C, como debiera ser normal, la producción de ácido láctico es lenta; pero a temperaturas superiores de 35°C su evolución es muy rápida, manteniendo pH excesivamente altos que producen una maduración excesiva en las masas”. (p 198)

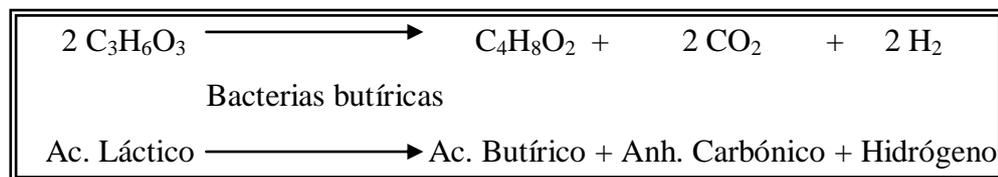
**Gráfica N° 4: Ecuación general de la fermentación láctica**



### 2.3.4 Fermentación butírica

Jesús Calaveras (1996) dice que “esta fermentación se produce a continuación de la fermentación láctica, donde el ácido láctico es atacado por diferentes bacterias butíricas produciendo ácido butírico, que normalmente va acompañado de hidrógeno y anhídrido carbónico.

**Gráfica N° 5: Ecuación general de la fermentación butírica**

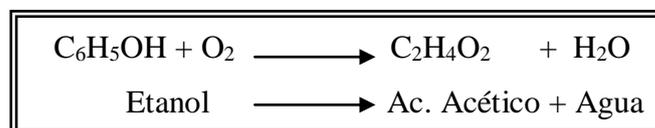


Dichas bacterias butíricas toman su máximo auge a partir de 36°C / 40°C por lo que durante una fermentación panaria normal, no suelen tener grandes alteraciones”. (p 198-199)

### 2.3.5 Fermentación acética

Jesús Calaveras (1996) dice que “se desarrolla por bacterias de género *Acetobacter* o los *Mycoderma aceti*, que producen el ácido acético transformando el etanol y se caracterizan por reaccionar de manera óptima en presencia del aire.

**Gráfica N° 6: Ecuación general de la fermentación acética**



Al igual que las anteriores en una masa panaria, es muy bajo su tanto por ciento responsable de la acidez total pero siempre existe”. (p 199)

## 2.4 EL PAN

El pan es un alimento básico elaborado generalmente con cereales, usualmente en forma de harina, y un medio líquido, habitualmente agua.



**Fotografía 5:** [http://es.wikipedia.org/wiki/pan\\_alimento](http://es.wikipedia.org/wiki/pan_alimento)  
[Consulta: 2007, Junio 17]

Desde la antigüedad se han elaborado panes de muchas maneras. Una de las grandes diferencias es la adición de levadura. La acción de la levadura transforma las características de la harina y le da volumen, textura, esponjosidad y sabor al pan. Al pan elaborado sin levadura se le llama ácimo.

El medio líquido también varía, usándose desde la antigüedad el agua o la leche. La harina de trigo es rica en gluten y por ello es importante para crear una textura esponjosa. Se suelen mezclar harinas de trigo con otros cereales pobres en él. Incluso es habitual que se mezclen harinas de trigo de diferentes procedencias, y riqueza en gluten, para obtener harinas destinadas a panes específicos. Es frecuente que el pan mejore el gusto al adicionar un poco de sal así como también otros ingredientes como grasas, semillas, frutas, etc., que van a mejorar al pan.

El pan se elabora de diferentes formas, obedeciendo a razones tanto de utilidad (panes en moldes cuadrados para ahorrar espacio en el horno) como religiosas o culturales (panes en forma de espiral simbolizando el infinito).

Se dice que todas las grandes civilizaciones siempre han incluido el origen y elaboración de su propio queso, pan, y vino, aunque también poblados menos afamados han aportado a la gran diversidad.

W. C. Frazier y D. C. Westhoff (1993) señalan que “el Pan es un producto de consumo diario que aporta con nutrientes básicos para una dieta normal, se elabora desde tiempos prehistóricos. En la fabricación del pan, los microorganismos son útiles por dos motivos principales: 1).- Puede producir gas para fermentar, o hacer subir la masa, dando al pan la textura suelta y porosa deseada. 2).- Puede producir sustancias aromáticas beneficiosas e intervenir en el acondicionamiento de la masa”. (p 443)

### 2.4.1 Contenido nutritivo del pan

A continuación se indica la diferencia entre un Pan de agua con respecto a un Pan integral.

**Cuadro N° 6: Valor nutricional del pan aportado por 100 g de producto**

<b>Componentes Nutritivos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Pan de agua 100 g</b>	<b>Pan Integral 100 g</b>
Energía	Kcal	258	228
Proteínas	g	7,8	8
Lípidos	g	1	1,4
Hidratos de carbono	g	58	49
Fibra	g	2,2	8,5
Calcio	mg	19	21
Hierro	mg	1,7	2,5
Yodo	mg	1	1
Magnesio	mg	26	91
Zinc	mg	2	3,5
Sodio	mg	540	540
Potasio	mg	100	220
Vitamina B <sub>1</sub>	mg	0,12	0,25
Vitamina B <sub>2</sub>	mg	0,05	0,09
Vitamina B <sub>6</sub>	mg	0,04	0,14
Vitamina E	mg	0	0,2
Niacina	mg	1,7	3,8
Ácido fólico	mg	0	22

**Fuente:** <http://www.panadería.com/informes/consumo.html>

[Consulta: 2007, Agosto 1]

### **2.4.2 El pan común**

Según la NORMA INEN 95 “el pan común debe presentar el sabor y olor característico del producto fresco y bien cocido. Su sabor no debe ser amargo, ácido o con indicios de rancidez. Debe presentar una corteza de color uniforme, sin quemaduras, ni hollín u otras materias extrañas. La miga debe ser elástica, porosa, uniforme, no pegajosa ni desmenuzable.

### **2.4.3 El pan especial**

Según la NORMA INEN 96 “el pan especial se obtiene añadiendo a la fórmula de pan elementos enriquecedores, como: huevos, malta, nueces, coco, miel, dulces de frutas, queso, licor, leche, grasa comestible (animal o vegetal), aditivos autorizados, otros permitidos.

Debe tener un sabor y olor característicos de un producto fresco, bien cocido sin indicios de rancidez o enmohecimiento, amargor, u otro sabor u olor extraños objetables; además debe estar exento de materias terrosas.

### **2.4.4 El pan precocido**

Consiste en una cocción en dos tiempos. La masa se elabora como en el proceso tradicional, atendiendo algunas modificaciones que se detallarán más adelante y una vez que en la primera cocción el pan ha coagulado y ha cogido estructura, se retira del horno, se enfría y congela.

Esta es la etapa fundamental y decisiva para la obtención con éxito en la producción del pan precocido. Nadie se pone de acuerdo sobre qué temperatura y cuánto tiempo es el óptimo de precocción, en ello influyen la temperatura real del horno, el tamaño de las piezas y la cantidad de kg de masa por hornada. Pero de cualquier manera lo ideal es precocer a una temperatura de 200 a 240°C durante 10 a 15 minutos aproximadamente, teniendo que modificar la temperatura y el tiempo cuando el tamaño de la pieza es mayor.

A medida que va aumentando la temperatura hacia el interior del pan (55°C), queda paralizada la fermentación, al mismo tiempo parte del almidón se va transformando en azúcares (actividad enzimática). Cuando la actividad enzimática es muy elevada, se produce un aumento rápido de la coloración de la corteza y se prolonga el tiempo de formación de la estructura.

Cuando la precocción ha alcanzado los 10-15 minutos, la actividad enzimática y la coagulación del gluten han llegado a su fin, lo que quiere decir que la estructura del pan está fijada, pese a que todavía el producto es frágil.

A la salida del pan del horno hay una fase de resudado donde se aprecia un ligero decaimiento. El cual es mayor cuando la cantidad de masa por hornada es elevada o bien cuando el número de canales por bandeja rebasa los límites normales, esto impide que el aire pase por entre los panes no alcanzando la coagulación necesaria.

Se deja enfriar el pan para llevarlo a congelación y en el momento que se necesite, se debe descongelar para finalmente llevarlo a una segunda cocción, una vez cocido durante 20 minutos, el aspecto es igual al pan tradicional.

El mercado del pan precocido aún es pequeño, y fundamentalmente va dirigido a los puntos calientes, terminales de cocción, bocadillerías y restaurantes; pero incluso el panadero puede precocer algo de pan por la mañana y, sin necesidad de congelar, terminar de cocerlo a primera hora de la tarde. [Página Web en línea] Disponible:[http://es.wikipedia.org/wiki/pan\\_alimento](http://es.wikipedia.org/wiki/pan_alimento) [Consulta: 2007, Agosto 1].

## **2.4.5 Tecnología del pan precocido**

### **2.4.5.1 Pesaje**

Ya es una norma en todas las panaderías el realizar un pesaje de todas las materias primas e insumos para garantizar una regularidad en las masas, incluso ya existen sistemas automáticos de pesaje donde sólo se aplica una numeración para cada fórmula.

### **2.4.5.2 Amasado**

En el pan precocido se sigue la norma de producción del pan normal obteniendo las masas de 22 a 23°C. No obstante, algunos técnicos recomiendan temperaturas más bajas, quizá en estos amasados las grandes diferencias están en que los tiempos de amasado son un poco mayor debido a la utilización de harinas más fuertes ya que el tiempo o duración del amasado está relacionado con la fuerza de la harina. La absorción de agua es algo mayor pero, al formular con grasa puede en muchos casos quedar compensada, ya que lo único que se busca es una masa compacta y elástica para facilitar su maquinabilidad.

### **2.4.5.3 Reposo**

La diferencia con el pan normal está en conseguir dar más tiempo de reposo. Así pues vemos como para el pan normal hay instalaciones que permiten un reposo de 15 a 30 minutos, mientras que en el pan precocido se buscan tiempos largos de reposo de 45 minutos hasta 2 horas dependiendo del tipo de pan a elaborar, lo cual ayudara a compensar la textura fresca durante más tiempo en el pan ya cocido y un mayor sabor.

### **2.4.5.4 División, boleado y formado**

No tiene grandes diferencias con un pan de fabricación normal, salvo en ciertos tipos de panes que al tener reposos largos necesitan de forma industrial una

división y formado especial para no perder toda su gasificación; en este sentido existen equipos especiales para dichos procesos.

#### **2.4.5.5 Fermentación**

Se debe realizar el mayor tiempo posible de fermentación para conseguir que se desarrollen la fermentación láctica, butírica, acética, y la más importante la fermentación alcohólica (produciendo CO<sub>2</sub>, alcohol etílico en forma de etanol). Se necesitan todas las fermentaciones en poca cantidad, pero todas son necesarias para dar ese sabor y olor típico al pan. Por tanto, el buen precocado debe admitir fermentaciones de 45 minutos a 2 horas, pero en ningún caso con mucho volumen y cortezas finas que nos provocará un descascarillado, es preferible poco volumen.

#### **2.4.5.6 Primera cocción**

Normalmente se da mucho más tiempo en la primera cocción, pero en realidad lo que se busca es alcanzar en el interior del pan 55°C para que no se desarrolle la tercera actividad de las levaduras, ya que a esa temperatura se han inactivado por el calor. Nunca se debe dejar que el pan tome color, ya que es básicamente la cocción final la responsable de la caramelización de los azúcares, pero a su vez se debe dejar el pan precocado bien estructurado, puesto que es en esta etapa donde la pieza queda formada totalmente. La temperatura y el tiempo van a depender del tipo de horno, su temperatura y otros factores; por lo general se aplican temperaturas de 200 a 240°C por un tiempo de 10 a 15 minutos.

#### **2.4.5.7 Enfriamiento**

Una vez sacado el pan del horno hay que dejarlo enfriar hasta una temperatura de 35 a 40°C, durante este tiempo el pan tiene un resudado (pérdida de agua), comenzado su envejecimiento. Con el fin de limitar la pérdida de agua y el envejecimiento este tiempo de enfriamiento no debe sobrepasar los 30 minutos. Es muy importante que el enfriamiento no se realice donde existan corrientes de aire o bajas temperaturas, se evitará de esta forma el cuarteado de la corteza.

#### **2.4.5.8 Congelación**

Se garantiza un producto con caducidad de 12 meses aproximadamente. Más tiempo puede tomar tonos pálidos y mala presencia. Su congelación se realiza a  $-18^{\circ}\text{C}$  en el interior de la pieza, estando en el rango de 0 a  $-10^{\circ}\text{C}$ , el tiempo va a depender del tamaño de la pieza de pan y de la secuencia de pan a congelar.

#### **2.4.5.9 Almacenamiento**

Se lo debe hacer sin perder la cadena de frío que mantenga el corazón del pan a  $-18^{\circ}\text{C}$ , su distribución debe realizarse en cajas que faciliten su transporte y orden dentro del almacén. Cuando se almacena en carros, las constantes diferencias de temperatura demuestran que afectan mucho más al producto, por tanto es recomendable evitar este sistema.

#### **2.4.5.10 Descongelación y cocción final**

Algunos técnicos recomiendan una descongelación parcial del producto, porque se dice que su humedad aún estará dentro de la pieza, pero si no se hace una descongelación total podemos encontrar que el pan toma color por fuera y el interior continúa estando compacto, por lo que hace que ese pan envejezca muy pronto.

Por lo tanto se presenta las dos formas; la primera dejando descongelar a temperatura ambiente durante 30 minutos y la segunda cocer directamente sin descongelar. En el primer caso el tiempo de cocción en un horno rotativo a  $235^{\circ}\text{C}$  es de 10 a 20 minutos; en el segundo caso el tiempo será de 30 minutos, subiendo esta temperatura cuando el tamaño y el volumen de las piezas sean mayores.

Como desventaja, nos encontramos con tres graves problemas: poco volumen; envejecimiento rápido y tendencia al descascarillado. Pues, conseguir un buen pan precocido parte de tener unas materias primas en perfectas condiciones, y excelente control de calidad de las mismas. [Página Web en línea] Disponible: <http://www.franciscotejero.com> [Consulta: 2007, Agosto 1].

## **2.5 INGREDIENTES Y SUS FUNCIONES**

### **2.5.1 Harina**

Por lo general para la elaboración de pan, se utiliza harina de trigo, sin embargo en la actualidad debido a la gran demanda de diversidad de productos se está utilizando harinas de diferentes cereales, incluso se está empezando a utilizar harinas de tubérculos.

Para asegurarse que una harina se encuentra en buen estado, se debe verificar que sea suave al tacto, es decir, al cogerla y presionarla con la mano debe formarse una bola, pero ésta tiene que deshacerse fácilmente, no debe ser dura, ya que indicaría que es una harina con demasiada humedad.

Además esta debe ser:

- De color blanco amarillento.
- No presentar mohos ni estar rancia.
- No tener olores anormales.
- No presentar acidez, amargor o dulzor.

La calidad de la harina es muy importante ya que esta influye en la formación de la masa y el pan, ya que en el proceso de amasado la levadura empieza su metabolización con el azúcar existente en la harina dándose una primera fermentación. La cantidad de harina va a influir directamente en el tipo de masa a obtener: masas tenaces, masas elásticas y masas extensibles.

### **2.5.2 Levadura**

La principal función de la levadura es la metabolización de los azúcares fermentantes presentes en la masa, así como también la producción de CO<sub>2</sub> como producto de desecho, el cual es utilizado en la masa como leudante, el cual ayuda a incrementar el volumen de la misma. La levadura no solo ayuda al incremento de volumen en la masa, si no también que modifica las características de elasticidad, adhesividad, así como también contribuye en el aroma del pan.

### **2.5.3 Agua / Leche**

Agua.- Para la utilización del agua se debe tomar en cuenta, cuatro aspectos fundamentales como son: la cantidad, la calidad, la temperatura y pureza.

La adición de agua es muy importante para garantizar que las masas de pan presenten una buena humedad en el proceso de reposo como en la fermentación, ya que mientras se va generando la producción de CO<sub>2</sub> la masa pierde humedad, y si no tiene la cantidad suficiente esta se torna demasiado seca y pierde rendimiento. Por otro lado calcular la cantidad de agua necesaria, no siempre resulta exacto ya que depende de los demás ingredientes con que se esté trabajando y el tipo de pan a obtener. De igual manera siempre es recomendable trabajar con agua potable y hervida que presente una temperatura de 20 a 25°C.

Leche.- Esta aumenta el valor alimenticio y también retarda el endurecimiento del pan. Ayuda a disolver la sal y el azúcar, así como también dispersa las células de levadura a través de la harina.

### **2.5.4 Sal**

La principal función de la sal es mejorar el sabor en el producto final. La falta de sal puede ocasionar: panes insípidos; fermentaciones muy rápidas con excesivo volumen y corteza muy fina obteniendo panes con corteza descolorida; en la fermentación puede haber una tendencia a debilitarse y son piezas que hay que trabajar con cuidado; también se pueden obtener masas pegajosas y muy blandas durante el amasado, lo que no ayuda a dar firmeza al pan.

De igual manera añadir la dosis correcta de sal produce: panes de buen sabor; favorece la absorción del agua; aumenta la conservación del pan ya que lo mantiene más tiempo fresco debido al aumento de agua en las proteínas, que favorece su incorporación; si las fermentaciones son largas conviene subir la dosis de sal con el fin de desarrollar poco la fermentación en los primeros momentos de reposo.

### **2.5.5 Azúcar**

La principal función del azúcar es servir como fuente de fermentación, además contribuye a mejorar el sabor en el caso de panes dulces. Si la presencia de azúcar es escasa la producción de bióxido generado por las células de la levadura se limita y retarda. De igual manera los azúcares reducidos que permanecen en la masa cuando se lleva al horno, ayudan en la coloración del pan debido a la caramelización de los azúcares.

### **2.5.6 Grasas / Mantequilla**

Mantequilla.- Su principal función es mejorar el valor nutricional, así como también resaltar el sabor, además aumenta el rendimiento y la extensibilidad de la masa. Produce cortezas más finas, aumenta la flexibilidad del pan con el fin que se conserve durante más tiempo.

### **2.5.7 Huevo**

La finalidad de la adición del huevo es para que el producto sea más atractivo y tenga mejor sabor. La proteína del huevo proporciona una elasticidad adicional a la masa, sin hacerla pegajosa.

## **2.6 EQUIPOS**

### **2.6.1 Amasadora**

La amasadora es un equipo utilizado específicamente en la industria de panificación, debido a la consistencia del producto a obtener, esta se diferencia de la batidora por su capacidad y potencia de operación, no es recomendable utilizar una batidora en reemplazo de la amasadora.

La utilización de la amasadora, es importante ya que se va a mejorar la calidad del producto, logrando una homogenización entre los ingredientes de la masa de pan como son: Harina, azúcar, grasa, agua, sal, etc.

Una amasadora consta de tres partes fundamentales:

- Motorización y mandos.
- Artesa de acero inoxidable donde se ubican los ingredientes.
- Brazo amasador con distintas formas de giro (brazos, espiral u horquilla).

Luego de una jornada laboral se debe dejar limpio dichas partes de la amasadora, ya que se está trabajando con productos alimenticios y se debe evitar la acumulación de residuos alimenticios con el fin de prevenir una contaminación del producto final.

### **2.6.2 Cámara de fermentación**

En este sistema de fermentación, la temperatura que se debe aplicar está entre 26 a 32° C, y la humedad entre 70% y 85%. La rapidez con la que algunos panaderos desean la fermentación obliga a elevar estas temperaturas y humedades.

Cuando la temperatura sobrepasa los 28° C la producción de ácido láctico y butírico es proporcional a medida que aumenta la temperatura. También, las reacciones enzimáticas que se producen en la masa son más activas a altas temperaturas; todo ello provoca que a partir de esta temperatura la masa sea más débil y el impulso del pan en el horno sea exagerado, obteniéndose panes de sabor insípido y con baja conservabilidad.

Sin embargo, si la fermentación se lleva a cabo a baja temperatura (26° C), la formación de ácido láctico y butírico es menor, esto conlleva a que el pan fermente lentamente pero a su vez con más cuerpo, las enzimas al ser menos activas no producen mucho volumen y el sabor del pan presenta un mejor gusto al paladar. En cuanto a la humedad de la cámara, ésta ha de estar relacionada con la temperatura. Así, a temperaturas altas (> 28° C) la humedad ha de ser > 75% pero a 26° C, prácticamente no hace falta forzarla, debido a que la masa desprende una humedad, la misma que es suficiente para mantener el ambiente húmedo y no permitir que la masa se deshidrate.

### **2.6.3 Horno**

Es un equipo industrial destinado para terminar el proceso de elaboración del pan, el cual por acción del calor se encarga de formar la estructura interior del pan, así como también aumenta la presión de gas, produciendo un aumento de volumen del pan. Además en la parte exterior del pan se produce el efecto de la caramelización de los azúcares restantes en la masa, dando el color característico en el pan que es dorado brillante. La temperatura y el tiempo a emplear van a depender del tipo de horno; la cantidad, y el tipo de pan a obtener.

Los procesos más característicos del pan dentro del horno son:

- Inactivación de las levaduras y muerte a 55°C.
- Caramelización de los azúcares y coloración de la corteza.
- Gelificación del almidón, finalizando en una cristalización del mismo y proporcionando la estructura final del pan.

### **2.6.4 Congelador**

La principal función del congelador es mantener en buen estado y a largo plazo, diferentes productos alimenticios como: frutas, verduras, carnes, etc. El congelador, permite conservar los productos que no se vayan a utilizar en cierto momento para otra ocasión. La temperatura a emplear va a depender del tipo de producto y el tiempo que se desea conservar. Las expectativas que siempre se tienen en mente versan sobre la capacidad de conservación de los alimentos y la función correcta de congelación.

# Capítulo III

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La presente investigación se realizó en la Panadería “EXTRAPAN”, ubicada en la ciudad de Ibarra.

**Cuadro N° 7: Localización del experimento y ubicación geográfica**

<b>PROVINCIA:</b>	<b>Imbabura</b>
<b>CANTÓN:</b>	<b>Ibarra</b>
<b>PARROQUIA:</b>	<b>San Francisco</b>
<b>ALTITUD:</b>	<b>2250 msnm</b>
<b>TEMPERATURA:</b>	<b>17,4°C</b>
<b>H.R. PROMEDIO:</b>	<b>75%</b>
<b>PLUVIOSIDAD:</b>	<b>50,5 mm./año</b>
<b>LATITUD:</b>	<b>0° 20' Norte</b>
<b>LONGITUD</b>	<b>78° 08' Oeste</b>

**Fuente:** Departamento de Meteorología de la Dirección General de la Aviación Civil Aeropuerto Militar Atahualpa de la Ciudad de Ibarra. Marzo 2008.

### **3.2 MATERIALES Y EQUIPOS**

#### **3.2.1 Materias primas e insumos**

- Yuca
- Harina de trigo
- Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)
- Sal
- Azúcar
- Leche
- Queso
- Mantequilla
- Huevos

#### **3.2.2 Instrumentos y equipos para la investigación**

- Recipientes metálicos de 5000 ml
- Cuchilla de pan
- Mesa de acero inoxidable
- Termómetro de horno
- Termómetro de penetración
- Cronómetro
- Bandejas plásticas (9" x 11")
- Papel celofán (película autosellante)
- Amasadora
- Cocina industrial
- Balanza digital
- Horno Industrial
- Cámara de fermentación
- Cuarto de congelación o congelador
- Material de vidrio
- Equipos de laboratorio
- Reactivos para análisis

### 3.3 MÉTODOS

#### 3.3.1 Factores en estudio

Factores	Niveles	Simbología
<b>A: % de Masa yuca</b>	70%	A <sub>1</sub>
	60%	A <sub>2</sub>
	50%	A <sub>3</sub>
<b>B: Temperatura de precocción</b>	200°C	B <sub>1</sub>
	220°C	B <sub>2</sub>
<b>C: Tiempo de precocción</b>	10 minutos	C <sub>1</sub>
	15 minutos	C <sub>2</sub>

#### 3.3.2 Tratamientos

**Cuadro N° 8: Combinaciones entre factores**

Tratamientos	Factores		
	Masa de yuca	Temperatura de precocción	Tiempo de precocción
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	70%	200°C	10 minutos
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	70%	200°C	15 minutos
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	70%	220°C	10 minutos
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	70%	220°C	15 minutos
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	60%	200°C	10 minutos
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	60%	200°C	15 minutos
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	60%	220°C	10 minutos
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	60%	220°C	15 minutos
A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	50%	200°C	10 minutos
A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	50%	200°C	15 minutos
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	50%	220°C	10 minutos
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	50%	220°C	15 minutos

### **3.3.3 Diseño experimental**

Se utilizó dos diseños; el primero fue un “Diseño Completamente al Azar” para 12 tratamientos, el mismo que se lo aplicó en las variables evaluadas durante el proceso. El segundo fue un “Diseño Completamente al Azar” con arreglo factorial A x B x C, el cual se lo utilizó en las variables evaluadas tanto para el pan precocido como para el pan de yuca.

### **3.3.4 Características del experimento**

- Repeticiones                      Tres (3)
- Tratamientos                      Doce (12)
- Unidades experimentales      Treinta y seis (36)

#### **3.3.4.1 Unidad experimental**

Cada unidad experimental fue de 10 masas de pan de 60 g c/u, listas para el proceso de precocción.

### **3.3.5 Análisis estadístico**

- ✓ Se calculó el coeficiente de variación (C.V.)
- ✓ Para detectar diferencias estadísticas entre tratamientos, se realizó la prueba de Tukey.
- ✓ Para detectar diferencias estadísticas entre % de masa de yuca, temperaturas y tiempos de precocción, se realizó la prueba de D.M.S.
- ✓ Para detectar diferencias estadísticas entre las interacciones de los factores, se realizó gráficas.

- ✓ Las variables cualitativas se evaluaron mediante la prueba de Friedman al 1% y 5% para los doce tratamientos conjuntamente con el testigo.

### 3.3.5.1 Esquema de análisis de varianza

**Cuadro N° 9: Esquema del ADEVA**

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	35
Tratamientos	11
Factor A	2
Factor B	1
Factor C	1
A x B	2
A x C	2
B x C	1
A x B x C	2
Error experimental	24

### 3.3.6 Variables evaluadas

#### 3.3.6.1 Variables cuantitativas

☞ Análisis de la materia prima:

- % Almidón

☞ Análisis durante el proceso:

- % Acidez

- Producción de CO<sub>2</sub>

☞ Análisis tanto para el pan precocido como para el pan final:

- % Azúcares reductores libres
- % Cenizas
- % Fibra bruta
- % Grasa
- % Humedad
- % Proteína
- Mohos y levaduras (UFC/g)
- Recuento de aerobios totales (UFC/g)
- Volumen
- Peso
- Peso específico

### **3.3.6.2 Variables cualitativas (análisis organoléptico)**

- Color
- Aroma
- Sabor
- Miga
- Corteza

Las variables cualitativas fueron evaluadas, mediante pruebas de aceptación, comparando el producto con un testigo.

### **3.4 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO**

Para la elaboración de pan precocido, la yuca fue de la variedad blanca-crema, la cual se la adquirió en el mercado del cantón Cotacachi la misma que proviene de la zona subtropical de Intag y las demás materias primas e insumos se adquirieron en supermercados localizados en el medio.

#### **3.4.1 Análisis de la materia prima**

##### **3.4.1.1 Almidón**

Se determinó según el método señalado en la norma NTE INEN 266, con la finalidad de establecer el porcentaje de almidón presente en la variedad de yuca a utilizar en el proceso de elaboración de pan precocido.

Se procedió a secar la muestra en la estufa a una temperatura de 105°C por un tiempo de 24 horas, para luego someterle al proceso de hidrólisis ácida, añadiendo ácido clorhídrico concentrado a la muestra, con el fin de desdoblar los almidones presentes en ésta, para una posterior digestión de 1-2 horas y finalmente someterle a una neutralización con NaOH (concentrado) y titulación con sulfato de cobre. Dicho resultado se puede observar en el Anexo 5.

#### **3.4.2 Análisis durante el proceso**

##### **3.4.2.1 Acidez**

Se determinó el porcentaje de **ácido carbónico** presente en la masa, al inicio y en intervalos de 10 minutos durante el proceso de fermentación (45 minutos), con la finalidad de evaluar el ácido carbónico producido, mediante el indicador fenolftaleína y su titulación con Na OH (0,102N).

Se pesó durante los intervalos indicados anteriormente, aproximadamente 5 g de muestra de la masa, luego se colocó en un vaso de precipitación y con la ayuda de una barra de vidrio y con un poco de agua destilada se procedió a diluir la masa e

inmediatamente se colocó de 4 a 5 gotas de fenolftaleína y se procedió a titular con Na OH (0.102N), hasta que el color de la dilución cambió a rosa pálido, en ese momento se procedió a la lectura del valor consumido de Na OH, para su posterior obtención del dato de acidez a través de la siguiente fórmula:

$$\text{mg H}_2\text{CO}_3/100 \text{ g} = \frac{\text{N} \cdot \text{V}(\text{NaOH}) \cdot 0.0255 \cdot 100}{\text{g muestra}}$$

**En donde:**        **N**            =    Normalidad del hidróxido  
                      **V (NaOH)**       =    Volumen consumido en la titulación  
                      **g muestra**            =    Peso de la muestra

#### 3.4.2.2 Producción de CO<sub>2</sub>

Se determinó la cantidad de CO<sub>2</sub> que se produce en la masa, a través de un método químico volumétrico, al inicio y en intervalos de 10 minutos durante el proceso de fermentación (45 minutos).

Se pesó 5 g de masa y se introdujo en cada tubo de ensayo que se encontraba adherido al interior de su respectivo kitasato que a su vez contenía BaOH, una vez que se tuvo listo las 5 muestras se accionó la bomba de aire por 5 minutos y seguidamente se procedió a dejar caer el NaOH (concentrado) al interior del primer kitasato con el fin de cortar la producción de CO<sub>2</sub>, de la misma manera se realizó para los demás kitasatos, tomando en cuenta los intervalos de tiempo.

Una vez finalizado, se dejó en reposo por el lapso de 24 horas, ya que de esta manera el CO<sub>2</sub> que se encuentra en el kitazato va a reaccionar con el BaOH, formando BaCO<sub>3</sub>, el cual se lo tituló con NaOH (0,102N), para finalmente obtener la cantidad de CO<sub>2</sub> generada a través de la siguiente fórmula:

$$\text{mg CO}_2/100 \text{ g} = \frac{\text{N} \cdot \text{V}(\text{NaOH}) \cdot 0.044 \cdot 100}{\text{g muestra}}$$

**En donde:**        **N**            =    Normalidad del hidróxido

**V (NaOH)** = Volumen consumido en la titulación

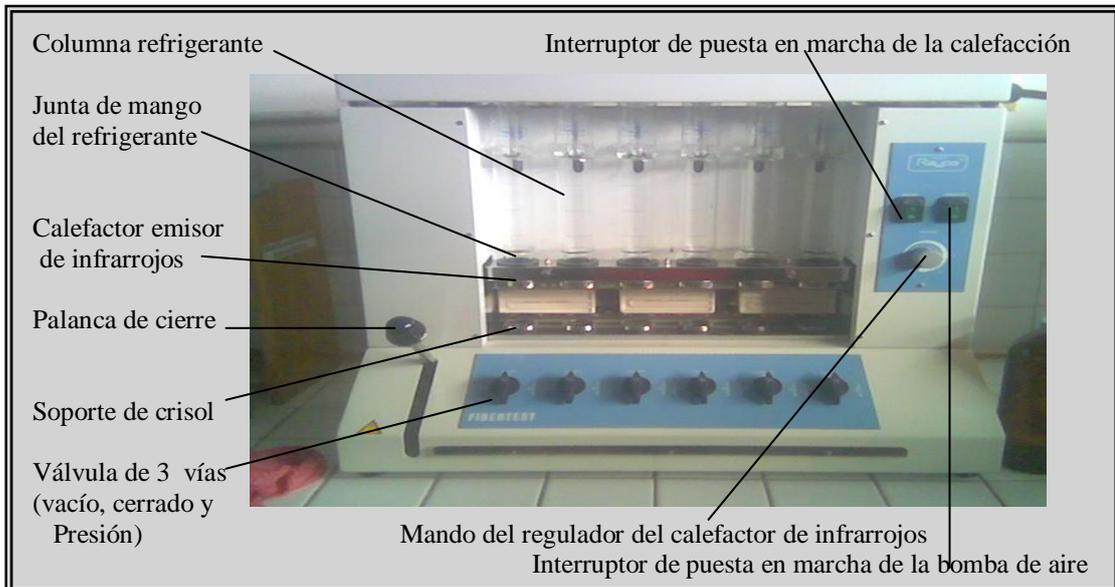
**g muestra** = Peso de la muestra

### 3.4.3 Análisis tanto para el pan precocido como para el pan final

#### 3.4.3.1 Humedad

Esta variable se realizó según las especificaciones de la norma NTE INEN 266. Para lo cual primeramente se taró los crisoles, luego se pesó dichos crisoles sin la muestra, posteriormente se pesó aproximadamente 5 g de muestra y se añadió en los crisoles, se procedió al secado de la muestra, con la ayuda de una estufa a la temperatura de 107°C y por un tiempo de 12 horas, para su posterior pesado del residuo, con la finalidad de obtener un peso constante y de esta manera determinar el contenido de humedad. (Determinación gravimétrica de sustancia seca).

#### 3.4.3.2 Fibra bruta



**Fotografía 6: Equipo Fibertest**

Se realizó según las especificaciones señaladas en la norma NTE INEN 522, la cual tiene por objeto determinar la fracción fibrosa del alimento. Se la determinó a través del método Weende en un equipo “Fibertest”.

En el procedimiento de análisis, se utilizó 6 crisoles tarados, se pesó una cantidad de aproximadamente 1 gramo de muestra dentro de cada crisol, luego se trasladó con la ayuda de la gradilla hasta la unidad fibertest, y se fijó a la parte frontal de la unidad, posteriormente se insertó las pinzas del manipulador en los crisoles, y se trasladó encima de los soportes, para posteriormente bajar la palanca de cierre hasta su tope y una vez fijos los crisoles en la unidad extraer el manipulador.

Luego se introdujo por la parte superior de cada refrigerante 150 ml de ácido sulfúrico (0,128M) precalentado de 90 a 100°C, incluyendo 2 a 3 gotas de antiespumante (n-Octanol), para prevenir la espuma que se genera durante el calentamiento y la ebullición; una vez que empezó la ebullición se dejó reposar por un tiempo de 30 minutos, para posteriormente filtrar y lavar con agua destilada caliente, dicha operación se repitió tres veces.

Luego se introdujo 150 ml de solución de hidróxido potásico (0,223M), de igual manera precalentado de 90 a 100°C, así como también de 2 a 3 gotas de antiespumante y luego de haber llegado a ebullición se dejó reposar nuevamente 30 minutos, seguidamente se procedió al filtrado y lavado por tres veces con agua destilada caliente.

Se retiró los crisoles de la unidad con la ayuda del manipulador para llevarlos a secar en la estufa a una temperatura de 100°C durante 24 horas, al siguiente día se procedió a dejarlos enfriar en un desecador para someterlos a un segundo pesado y luego se los colocó en la mufla a una temperatura de 500°C por el tiempo de 3 horas con la finalidad de incinerarlos, para finalmente obtener un tercer pesado y de esta manera con la ayuda de la siguiente fórmula obtener el % de fibra.

$$\% \text{Fibra cruda} = \frac{\mathbf{P1} - \mathbf{P2}}{\mathbf{P3}} * 100$$

**En donde:** **P1** = Peso muestra + crisol

**P2** = Peso crisol luego del secado

**P3** = Peso crisol luego del incinerado

### **3.4.3.3 Azúcares reductores libres**

Se determinó según el método señalado en la norma NTE INEN 266. Su determinación se realizó desde el punto de vista nutricional energético, para dicha determinación primeramente se disgregó un poco de muestra para luego pesar 10 gramos, se colocó en un balón de vidrio de 250 ml y se añadió un poco de agua destilada caliente, además de 7 ml de acetato de plomo con el fin que capture las proteínas presentes y se forme un precipitado blanco.

Se procedió a aforar, homogenizar y filtrar; aparte se añadió en un vaso de precipitación 5 ml de Felingh A + 5 ml de Felingh B + 40 ml de agua destilada para obtener el Felingh C lo cual dio una coloración azulada; a la misma que se procedió a calentar y en el momento que llegó a ebullición se agregó de 4 a 5 gotas del indicador azul de metileno, para finalmente titular con el líquido filtrado hasta obtener una coloración rojo ladrillo.

### **3.4.3.4 Proteína**

Su determinación se realizó desde el punto de vista nutricional, ya que las proteínas son importantes por el aporte de nitrógeno que pueda ser aprovechado (valor biológico) por el organismo.

Se pesó 10 g de muestra y se añadió en un balón de vidrio de digestión, se colocó además una pastilla antiespumante a base de silicona y sulfato de sodio, 5 mg de catalizador a base de selenio, 200 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado, se mezcló y se procedió a la digestión por el lapso de 4 horas.

Transcurrido este tiempo se dejó enfriar y en un erlenmeyer se añadió 100 ml de ácido bórico al 3%, se procedió a la destilación para lo cual se ubicó en posición el equipo destilador de vapor unido tanto al frasco de recolección erlenmeyer como al balón que contenía la muestra digerida, además de los núcleos de ebullición y un poco de agua destilada, se procedió a dejar caer 100 ml de (NaOH)

hidróxido de sodio concentrado al 45% en la muestra digerida con la finalidad que se desprenda el amoníaco.

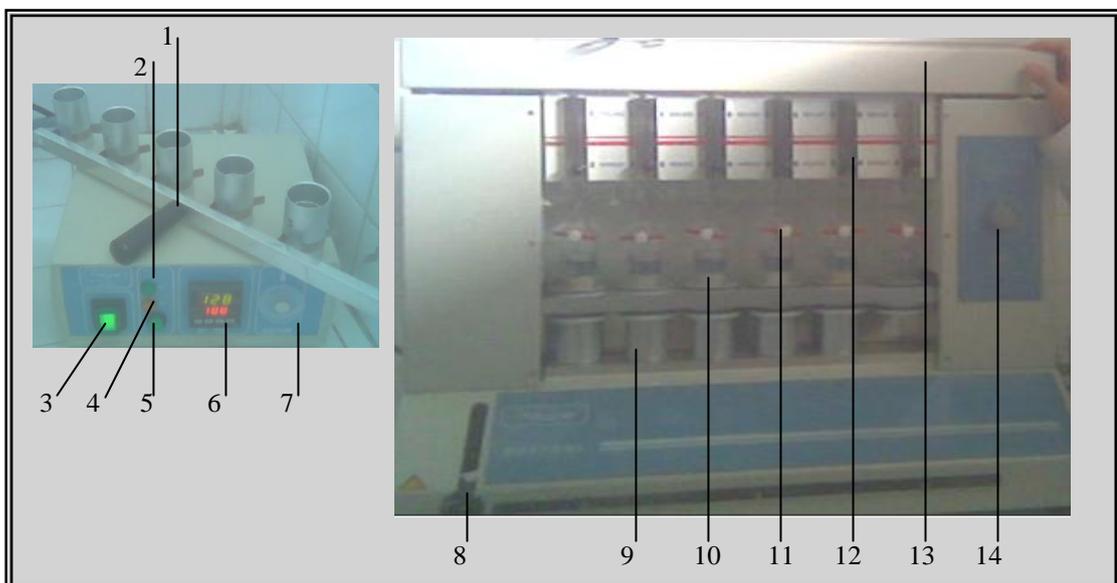
El destilador de vapor tiene un mecanismo automático por lo que recolecta 100 ml de destilado por muestra, se procedió a la titulación para ello se adicionó 10 gotas de indicador y se tituló con  $H_2SO_4$  (0,1N), finalmente para obtener el resultado de proteína se utilizó las siguientes fórmulas:

$$\%N = V \text{ ml } (H_2SO_4) * N * 0,014 * / \text{ g muestra}$$

$$\%P = \%N * 6,25$$

**En donde:**  $V (H_2SO_4)$  = Volumen consumido en la titulación  
N = Normalidad  
g muestra = Peso de la muestra

### 3.4.3.5 Grasa



Fotografía 7: Equipo Soxhlet

1. Manipulador con pinzas, para cazos de extracción.
2. Piloto OFF (indica que el sistema de calefacción está parado).
3. Interruptor general (pone en marcha el equipo).
4. Piloto ON (indica que el sistema de calefacción está activado).
5. Pulsador de puesta en marcha (pone en marcha el sistema de calefacción).
6. Regulador digital (controla la temperatura de la placa de calefacción).
7. Regulador de temperatura (controlador independiente que desconecta la calefacción en caso de sobrepasar la temperatura que se le ha fijado).
8. Palanca de cierre.
9. Cazo de extracción.
10. Dedal para extracción.
11. Grifo del condensador.
12. Corredera del imán (coloca los dedales en posición boiling o rising).
13. Tapa superior abatible.
14. Reloj avisador (escala 0-60 minutos).

Se determinó según las especificaciones señaladas en la norma NTE INEN 778. De igual manera se la realizó desde el punto de vista nutricional, a través de la extracción con éter de petróleo mediante el equipo Soxhlet.

Primeramente se preparó la muestra (molida), luego se pesó dentro del dedal (W1), para posteriormente introducir los dedales en la unidad de extracción, se pesó el cazo de extracción (W2), y se añadió 30 ml de éter de petróleo y se colocó los cazos en la unidad de extracción. Se procedió hacer la extracción de los dedales inmersos en el disolvente (posición boiling), y regresar a la posición rising, se cerró los grifos para recoger el disolvente en los condensadores.

Una vez terminado el proceso se sacó los cazos y los dedales de la unidad de extracción para llevarlos a secar a la estufa a una temperatura de 107°C por 24 horas, luego se pesó nuevamente los cazos (W3), para finalmente obtener el % de grasa a través de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Materia Soluble} = (W3 - W2 / W1) * 100$$

**En donde:** W1 = Peso muestra + dedal

W2 = Peso de los cazos de extracción

W3 = Peso final de los cazos

#### **3.4.3.6 Cenizas**

Se determinó según el método señalado en la norma NTE INEN 520. La cantidad de cenizas nos indica aproximadamente el contenido de compuestos minerales, sales y otros elementos; ya que existen alimentos importantes por sus niveles de minerales como Ca, Fe, Mg, así como también de sales.

Se procedió a pesar 5 g de muestra, debidamente preparada, luego se llevó la muestra a secado en la estufa a 102°C por 2 a 3 horas, hasta tener un peso constante. Se tomó el crisol una vez eliminado la humedad, y se colocó en una lámpara de alcohol o buncen, su aplicación no se la debe hacer directamente al calor, debe ser repartido hasta observar una coloración negra, es decir, hasta que toda la materia orgánica se haya reducido a carbón.

Luego se precalentó la mufla y se introdujo el crisol de 2 a 3 horas, al cabo de ello las cenizas presentan un color blanco, es necesario repetir el proceso hasta obtener un peso constante de la muestra.

Finalmente para obtener el % de cenizas se empleó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = W1 / W2 \times 100$$

**En donde:** W1 = Peso muestra

W2 = Peso de ceniza

### **3.4.3.7 Análisis microbiológicos**

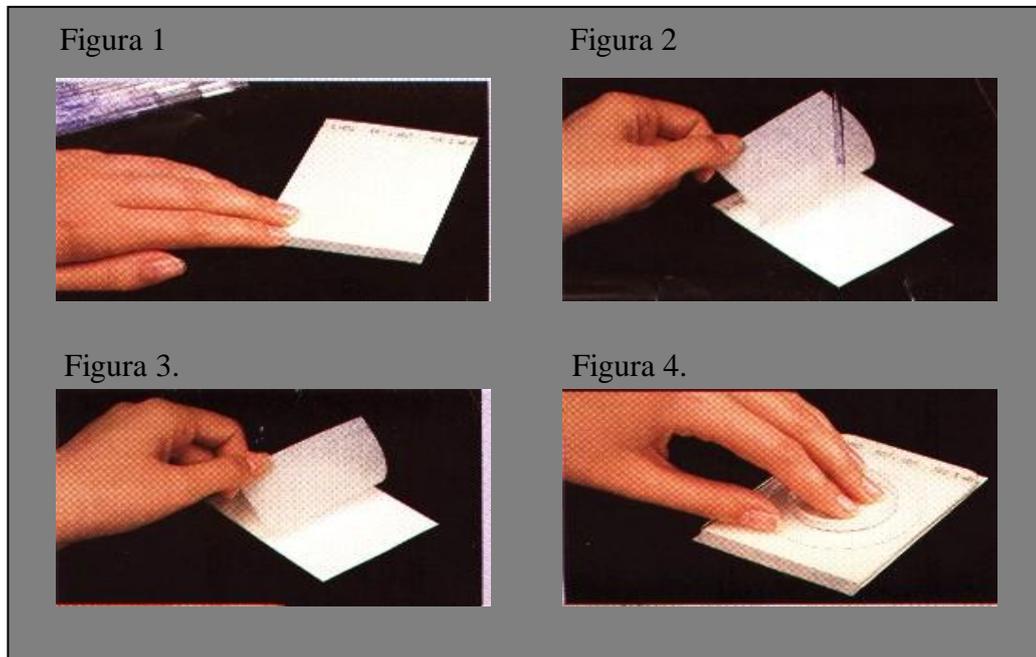
Se determinó según el método señalado en la norma NTE INEN 1529, con la finalidad de establecer la presencia de mohos, levaduras y gérmenes aerobios totales a través del sistema petrifilm.

Las placas son un medio listo para usar, contienen nutrientes suplementados con antibióticos, un agente gelificante soluble en agua fría, y un indicador para realzar la visualización del cultivo en la placa.

#### **Procedimiento:**

1. Se esterilizó agua de peptona en el autoclave a 250°C y 15 PSI por un tiempo de 15 minutos, para luego utilizar en la dilución de la muestra.
2. Se colocó las placas petrifilm sobre una superficie de trabajo totalmente plana, (Figura 1.)
3. Se levantó el film superior y depositó con cuidado 1 ml de la muestra de cada tratamiento a controlar, en el centro del film inferior (Figura 2.)
4. Se recubrió delicadamente con el film superior, teniendo cuidado de no introducir burbujas de aire (Figura 3.)
5. Se levantó el difusor plástico por la manija circular. Se colocó el centro del difusor en línea con el centro del film superior. Se distribuyó la muestra en forma pareja, ejerciendo una ligera presión sobre el difusor, (Figura 4.).
6. Evitando que se desborde la muestra fuera del límite circular, se quitó el difusor y se dejó reposar el film durante un minuto, para permitir la solidificación del gel.
7. Una parte de las placas se incubó, a una temperatura de 39°C por un tiempo de 24 horas, con el fin de determinar la presencia de gérmenes aerobios totales. Mientras que la otra parte se colocó en un lugar oscuro a temperatura ambiente durante 3 días con la finalidad de determinar mohos y levaduras.

### Gráfica N° 7: Análisis microbiológico



#### 3.4.3.8 Peso

Esta variable se determinó con la finalidad de establecer la diferencia de pesos entre los tratamientos en cada uno de los productos, se realizó a todos los tratamientos con sus respectivas repeticiones, con la ayuda de una balanza digital.

#### 3.4.3.9 Volumen

De igual manera se determinó con la finalidad de observar si existe un aumento de volumen entre los tratamientos en cada producto.

Se obtuvo a través del método de “**Desplazamiento de semillas**”, el mismo que consistió en colocar en un recipiente semillas de zanahoria, se anotó el nivel que ocupó éste, posteriormente se procedió a retirar una cierta parte de las semillas y se colocó dentro del recipiente el pan, cuyo volumen debía determinarse, se recubrió con las semillas hasta volver al nivel que ocupó anteriormente sin el pan, luego se midió el volumen de las semillas desplazadas o no utilizadas por medio

de una probeta, siendo ése el volumen del pan, para promediar el volumen del pan se midió todos los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

#### 3.4.3.10 Peso específico

El Peso específico se obtuvo a partir de la determinación de peso y volumen tanto en el pan precocado como en el pan final, dicha variable se la determinó por las siguientes fórmulas:

$$\text{Densidad pan} = P / V \quad \text{Peso específico} = d \text{ pan} / d \text{ agua}$$

**En donde:** **P** = Peso del pan

**V** = Volumen del pan

**d pan** = Densidad del pan

**d agua** = Densidad del agua

#### 3.4.3.11 Análisis organolépticos

Se realizó mediante la prueba de Friedman con la intervención de un panel de degustación que calificó todos los tratamientos.

Procedimiento:

- Se utilizó un panel de 13 degustadores, los cuales con la ayuda de una guía instructiva para evaluar color, aroma, sabor, corteza y miga; se encargaron de calificar según sus preferencias.
- Con los resultados obtenidos a partir de la degustación se procedió a hacer los análisis estadísticos utilizando la siguiente ecuación matemática de Friedman:

$$X^2 = \frac{12}{b.t. (t + 1)} \sum R^2 - 3b (t - 1)$$

**Donde:**  $X^2$  = Chi- cuadrado  
**R** = Rangos  
**b** = Degustadores  
**t** = Tratamientos

### 3.4.4 Elaboración de pan precocido a partir de yuca

El proceso de elaboración de pan precocido de yuca, se realizó de acuerdo al diagrama que se describe posteriormente (pag.60). Los factores a evaluarse fueron: porcentajes de masa yuca, temperatura de precocción y tiempo de precocción; teniendo un total de 12 tratamientos con tres repeticiones. Con el fin de realizar los respectivos análisis, cada unidad experimental fue de diez (10) unidades de masa de 60 g c/u.

A continuación se indican tres fórmulas generales, las mismas que se utilizaron para la elaboración de pan precocido de yuca:

**Cuadro N° 10: Fórmulas generales para la elaboración del pan precocido**

#### Fórmula N° 1

M/P - Insumos	Cantidad	Porcentaje
Masa yuca	3181,52 g	70%
Harina de trigo	1363,64 g	30%
Levadura	66,82 g	1,47%
Huevos	666,82 g	14,67%
Queso rallado	833, 18 g	18,33%
Mantequilla	757,73 g	16,67%
Leche	833,18 g	18,33%
Sal	16,82 g	0,37%
Azúcar	8,18 g	0,18%
Agua	833,18 g	18,33%

**Fórmula N° 2**

<b>M/P - Insumos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
Masa yuca	2727,27 g	60%
Harina de trigo	1818,18 g	40%
Levadura	66,82 g	1,47%
Huevos	666,82 g	14,67%
Queso rallado	833, 18 g	18,33%
Mantequilla	757,73 g	16,67%
Leche	833,18 g	18,33%
Sal	16,82 g	0,37%
Azúcar	8,18 g	0,18%
Agua	833,18 g	18,33%

**Fórmula N° 3**

<b>M/P - Insumos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
Masa yuca	2272,73 g	50%
Harina de trigo	2272,73 g	50%
Levadura	66,82 g	1,47%
Huevos	666,82 g	14,67%
Queso rallado	833, 18 g	18,33%
Mantequilla	757,73 g	16,67%
Leche	833,18 g	18,33%
Sal	16,82 g	0,37%
Azúcar	8,18 g	0,18%
Agua	833,18 g	18,33%

A continuación se describen tres fórmulas, las cuales se utilizaron en cada unidad experimental respectivamente, para obtener los 600 g de masa:

**Cuadro N° 11: Fórmulas específicas para la elaboración del pan precocido**

**Fórmula N° 1**

<b>M/P – Insumos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
Masa yuca	222,96 g	70%
Harina de trigo	95,58 g	30%
Levadura	4,68 g	1,47%
Huevos	46,74 g	14,67%
Queso rallado	58,38 g	18,33%
Mantequilla	53,1 g	16,67%
Leche	58,38 g	18,33%
Sal	1,2 g	0,37%
Azúcar	0,6 g	0,18%
Agua	58,38 g	18,33%

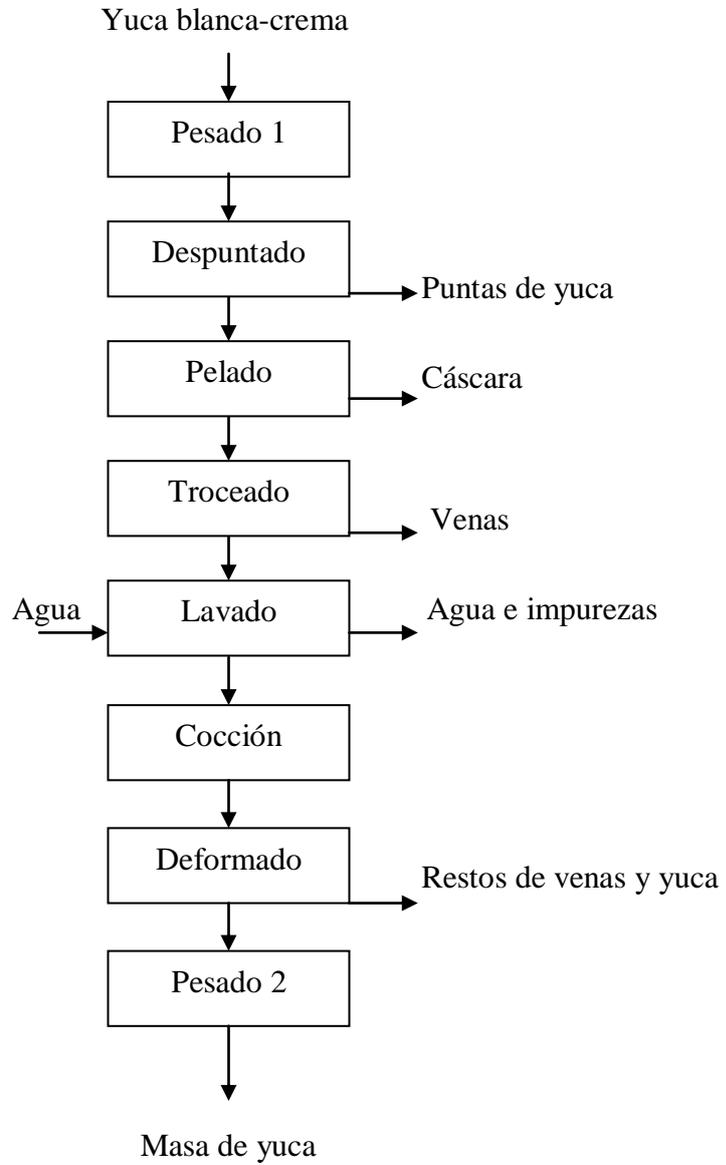
**Fórmula N° 2**

<b>M/P – Insumos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
Masa yuca	191,16 g	60%
Harina de trigo	127,44 g	40%
Levadura	4,68 g	1,47%
Huevos	46,74 g	14,67%
Queso rallado	58,38 g	18,33%
Mantequilla	53,1 g	16,67%
Leche	58,38 g	18,33%
Sal	1,2 g	0,37%
Azúcar	0,6 g	0,18%
Agua	58,38 g	18,33%

**Fórmula N° 3**

<b>M/P – Insumos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
Masa yuca	159,3 g	50%
Harina de trigo	159,3 g	50%
Levadura	4,68 g	1,47%
Huevos	46,74 g	14,67%
Queso rallado	58,38 g	18,33%
Mantequilla	53,1 g	16,67%
Leche	58,38 g	18,33%
Sal	1,2 g	0,37%
Azúcar	0,6 g	0,18%
Agua	58,38 g	18,33%

### 3.4.4.1 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA OBTENCIÓN DE LA MASA DE YUCA



### 3.4.4.2 Descripción del proceso

#### ➤ **Pesado 1**

Se realizó el pesado de las raíces de yuca de la variedad blanca crema, las mismas que se las adquirió en el mercado de la ciudad de Cotacachi, las cuales provienen de la zona de Intag, dicho pesado se lo realizó mediante una balanza digital.



**Fotografía 8: Pesado de la Yuca**

#### ➤ **Despuntado**

Algunas raíces de yuca, presentan las puntas deterioradas, por lo cual estas deben ser separadas con la utilización de un cuchillo.



**Fotografía 9: Despuntado de las raíces de yuca**

#### ➤ **Pelado**

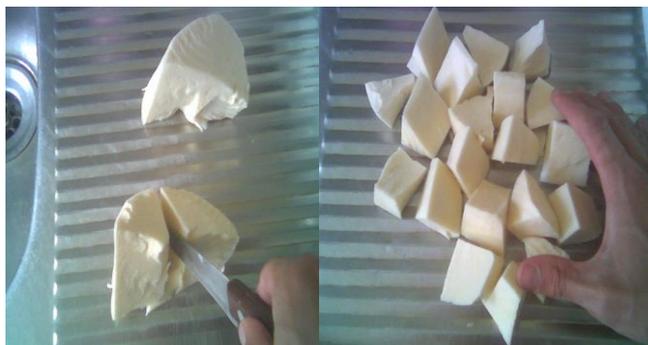
Se procedió a eliminar la corteza de la yuca, mediante un pelado manual con la ayuda de un cuchillo.



**Fotografía 10: Eliminada de la corteza**

#### ➤ **Troceado**

Esta operación consistió primeramente en reducir el tamaño de la yuca y luego retirar las venas; lo cual facilitará en el proceso de cocción y deformado.



**Fotografía 11: Eliminada de venas y troceado**

#### ➤ **Lavado**

Se procedió al lavado de las raíces de yuca con la finalidad de eliminar ciertas impurezas presentes en esta, para lo cual se empleó agua potable.



**Fotografía 12: Lavado de la yuca**

➔ **Cocción**

Esta operación consistió en cocinar la yuca, una vez que el agua llegó a ebullición hasta una temperatura de 92°C, se colocó las yucas en el agua por un tiempo de 30 minutos.



**Fotografía 13: Cocción de la yuca**

➔ **Deformado**

Se retiró la yuca y se colocó en un recipiente metálico con la finalidad de deformarla (aplastarla), para así obtener una masa homogénea.



**Fotografía 14: Deformado de la yuca**

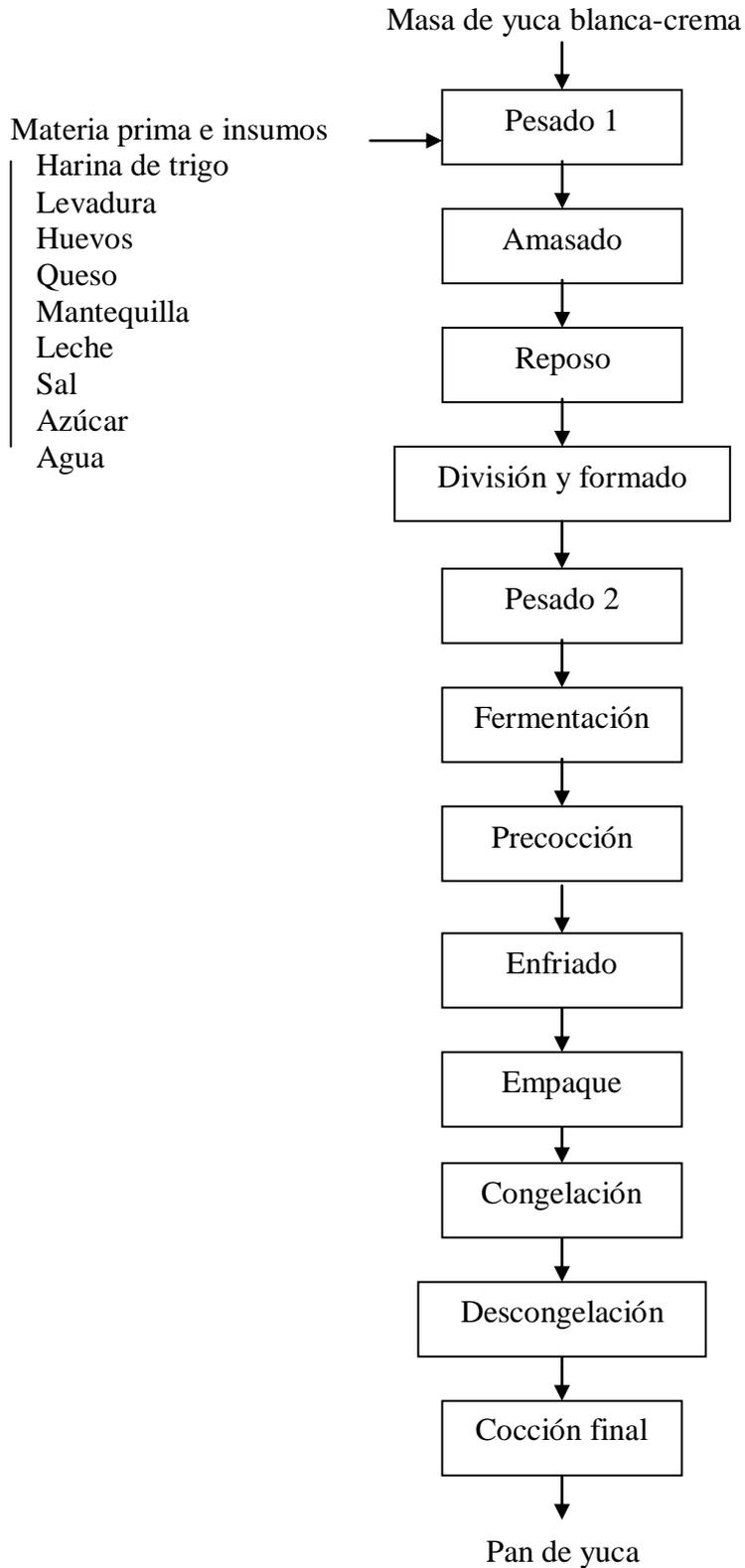
➔ **Pesado 2**

Se pesó la masa de yuca con la finalidad de tener su peso exacto antes de ingresarla al proceso para la obtención del pan precocido.



**Fotografía 15: Pesado de la masa de yuca**

### 3.4.4.3 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA ELABORACIÓN DE PAN PRECOCIDO DE YUCA



#### 3.4.4.4 Proceso tecnológico

##### ➔ Pesado 1

Se pesó todas las materias primas e insumos con la ayuda de una balanza digital, con la finalidad de garantizar una regularidad en la masa.



**Fotografía 16: Pesado de las materias primas e insumos**

##### ➔ Amasado

En el pan precocido se sigue la norma de producción de pan normal obteniendo una masa ligera y elástica. Se adicionó a la amasadora primeramente la masa de yuca y la harina de trigo, se dejó mezclar 5 minutos y luego se colocó el resto de ingredientes: huevos, mantequilla, leche, queso rallado, sal, azúcar, agua y finalmente la levadura. Se procedió al amasado durante 45 minutos.



**Fotografía 17: Amasado**

➤ **Reposo**

Se dejó la masa en reposo 15 minutos con la finalidad que la levadura empiece a actuar y se de el proceso de gasificación provocando un primer crecimiento y sobre todo el desarrollo del sabor característico en la masa.



**Fotografía 18: Reposo**

➤ **División, formado y pesado 2**

La división se hizo manualmente con la ayuda de una cuchilla de pan, luego se realizó el formado de la masa y posteriormente se pesó dicha porción en una balanza digital con la finalidad de determinar su peso.



**Fotografía 19: División, formado y pesado 2**

### ➤ Fermentación

Se procedió a colocar las piezas de pan en latas debidamente engrasadas, para luego ser ubicadas en coches y llevadas a la cámara de fermentación por un tiempo de 45 minutos con la finalidad que se produzca el proceso de fermentación en donde la levadura gasifica por segunda vez provocando crecimiento o levante en el pan, hasta que alcance el nivel óptimo de volumen.



**Fotografía 20: Cámara de fermentación**

### ➤ **Precocción**

Se llevó cada tratamiento al horno giratorio para realizar una primera cocción a la temperatura y tiempo correspondiente para cada uno, una vez transcurrido el tiempo se retiró los panes del horno y con la ayuda de un termómetro se verificó la temperatura interior del pan la cual debía estar entre 55 a 60°C, de igual manera se empleó un termómetro de horno para estar más seguro de la temperatura interior de éste. Nunca se debe dejar que el pan tome color, ya que es básicamente la cocción final la responsable de la caramelización de los azúcares, pero a su vez se debe dejar el pan precocido bien estructurado, puesto que es en esta etapa cuando la pieza queda formada totalmente.



**Fotografía 21: Precocción**

### ➤ **Enfriado**

Al retirar los panes del horno se colocó en un lugar a temperatura ambiente y libre de viento ya que se puede producir una caída del pan. Su enfriamiento debe ser lento, así garantizaremos que entra a congelar a una misma temperatura, evitando el fuerte impacto de la congelación.

Por lo general se recomienda enfriar a temperatura ambiente de 20 a 30 minutos.



**Fotografía 22: Enfriado**

#### ➤ **Empaque**

Una vez que se constató que el pan se encuentra frío se colocó en bandejas o fuentes (espumaflex), las cuales fueron cubiertas por papel celofán, la cual es transparente, de esta manera facilita la visibilidad del producto y ayuda a disminuir la pérdida de humedad.



**Fotografía 23: Empaque**

#### ➤ **Congelación**

Se procedió a llevar al congelador. La congelación se realizó a una temperatura de  $-10^{\circ}\text{C}$ , el tiempo que sea necesario antes de su cocción final, se garantiza un producto con caducidad 12 meses aproximadamente ya que más tiempo puede tomar tonos pálidos y mala presencia.



**Fotografía 24: Congelación**

### ➔ **Descongelación**

Se procedió a retirar los panes del congelador para descongelarlos a temperatura ambiente por el tiempo de 20 a 30 minutos, con esto se logra realizar una descongelación total del producto, ya que si no se realiza de esta manera se puede observar que el pan toma color por fuera muy rápidamente y el interior continua estando compacto, por lo que hace que el pan envejezca muy pronto.



**Fotografía 25: Congelación**

### ➔ **Cocción final**

Una vez que se descongeló el pan se llevó nuevamente al horno con la finalidad de realizar la cocción final a una temperatura de 235°C por un tiempo de 20 minutos. Es quizá la fase más importante, ya que en esta etapa es donde se obtiene la finalización de un proceso en el que se busca: volumen (bueno), corteza (fina y crujiente, de color dorado), miga (tierna y blanca), descascarillamiento (mínimo), duración (mínimo 6 horas).

# Capítulo IV

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1 DETERMINACIÓN DE ACIDEZ

Esta variable se midió durante el proceso de fermentación de la masa que fue de 45 minutos en intervalos de 10 minutos, los resultados se muestran en los siguientes cuadros:

**Cuadro N° 12: mg H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/100 g al inicio del proceso de fermentación**

Trat/Rept.	I	II	III	Suma	Media
A1B1C1	0,0210	0,0267	0,0235	0,0712	0,0237
A1B1C2	0,0226	0,0236	0,0258	0,0720	0,0240
A1B2C1	0,0228	0,0266	0,0249	0,0743	0,0248
A1B2C2	0,0238	0,0215	0,0219	0,0672	0,0224
A2B1C1	0,0291	0,0287	0,0244	0,0822	0,0274
A2B1C2	0,0246	0,0233	0,0242	0,0721	0,0240
A2B2C1	0,0238	0,0244	0,0244	0,0726	0,0242
A2B2C2	0,0288	0,0246	0,0297	0,0831	0,0277
A3B1C1	0,0255	0,0284	0,0247	0,0786	0,0262
A3B1C2	0,0303	0,0305	0,0302	0,0910	0,0303
A3B2C1	0,0292	0,0303	0,0302	0,0897	0,0299
A3B2C2	0,0291	0,0287	0,0281	0,0859	0,0286
<b>Suma</b>	<b>0,3106</b>	<b>0,3173</b>	<b>0,3120</b>	<b>0,9399</b>	<b>0,0261</b>

**Cuadro N° 13: Análisis de varianza**

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
<b>Total</b>	35	0,000300				
<b>Tratamientos</b>	11	0,000229	0,000021	7,107837 **	3,10	2,22
<b>Error Exp.</b>	24	0,000070	0,000003			

CV= 6,56

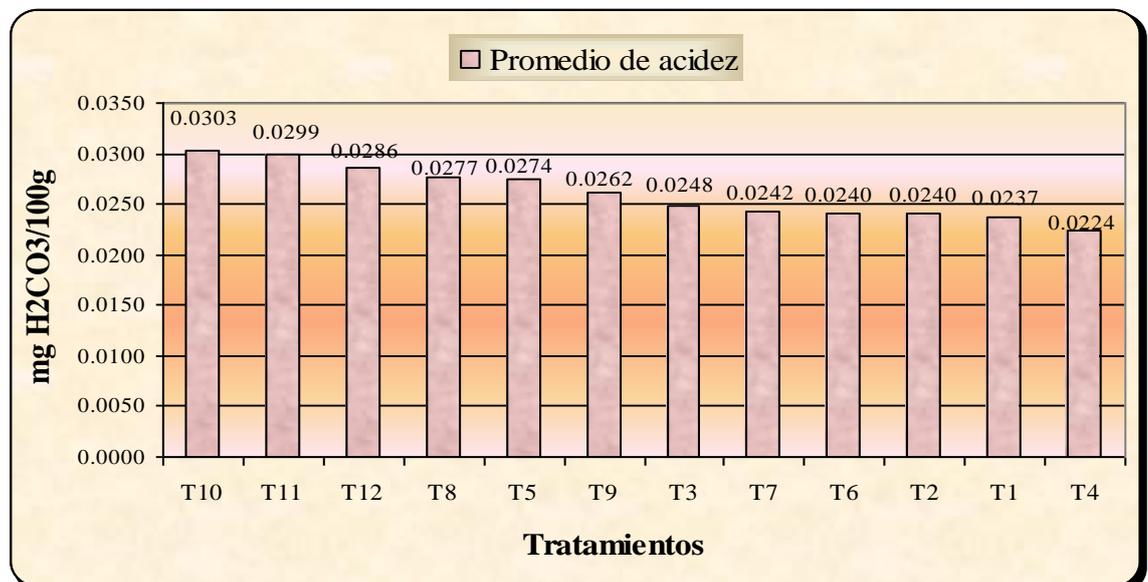
Acorde con el análisis de varianza de la acidez, realizado al inicio del proceso de fermentación se detectó que existe alta significación estadística para los tratamientos; luego de detectada la significación estadística se realizó la prueba de Tukey.

**Cuadro N° 14: Prueba de Tukey para tratamientos**

Tratamientos	Medias	Rangos
T10	0,0303	a
T11	0,0299	a
T12	0,0286	a
T8	0,0277	a
T5	0,0274	a
T9	0,0262	a
T3	0,0248	b
T7	0,0242	c
T6	0,0240	d
T2	0,0240	e
T1	0,0237	f
T4	0,0224	g

Analizando los tratamientos se realizó la prueba de Tukey encontrándose siete rangos diferentes, siendo los mejores tratamientos T10, T11, T12 (50% masa de yuca); T8, T5 (60% masa de yuca) y T9 (50% masa de yuca); mientras que el tratamiento con menor producción de H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> fue el T4 (70% masa de yuca).

**Gráfica N° 8: mg H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/100 g al inicio del proceso de fermentación**



Al graficar las medias de los tratamientos al inicio del proceso de fermentación se pudo observar una diferencia no muy significativa de producción de H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, entre todos los tratamientos; siendo el más bajo en producción de H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, el tratamiento T4 (70% masa de yuca).

**Cuadro N° 15: mg H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/100 g a los 10 minutos del proceso de fermentación**

<b>Trat/Rept.</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Suma</b>	<b>Media</b>
<b>A1B1C1</b>	0,0484	0,0480	0,0480	0,1444	0,0481
<b>A1B1C2</b>	0,0472	0,0471	0,0499	0,1442	0,0481
<b>A1B2C1</b>	0,0479	0,0475	0,0480	0,1434	0,0478
<b>A1B2C2</b>	0,0477	0,0458	0,0477	0,1412	0,0471
<b>A2B1C1</b>	0,0492	0,0481	0,0491	0,1464	0,0488
<b>A2B1C2</b>	0,0493	0,0486	0,0481	0,1460	0,0487
<b>A2B2C1</b>	0,0485	0,0483	0,0483	0,1451	0,0484
<b>A2B2C2</b>	0,0491	0,0491	0,0498	0,1480	0,0493
<b>A3B1C1</b>	0,0500	0,0489	0,0483	0,1472	0,0491
<b>A3B1C2</b>	0,0498	0,0503	0,0497	0,1498	0,0499
<b>A3B2C1</b>	0,0505	0,0499	0,0495	0,1499	0,0500
<b>A3B2C2</b>	0,0505	0,0503	0,0498	0,1506	0,0502
<b>Suma</b>	<b>0,5881</b>	<b>0,5819</b>	<b>0,5862</b>	<b>1,7562</b>	<b>0,0488</b>

**Cuadro N° 16: Análisis de varianza**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F. Cal.</b>	<b>F.T 1%</b>	<b>F. 5%</b>
<b>Total</b>	35	0,0000424				
<b>Tratamientos</b>	11	0,0000305	0,0000028	5,5456063 **	3,10	2,22
<b>Error Exp.</b>	24	0,0000120	0,0000005			

**CV= 1,45**

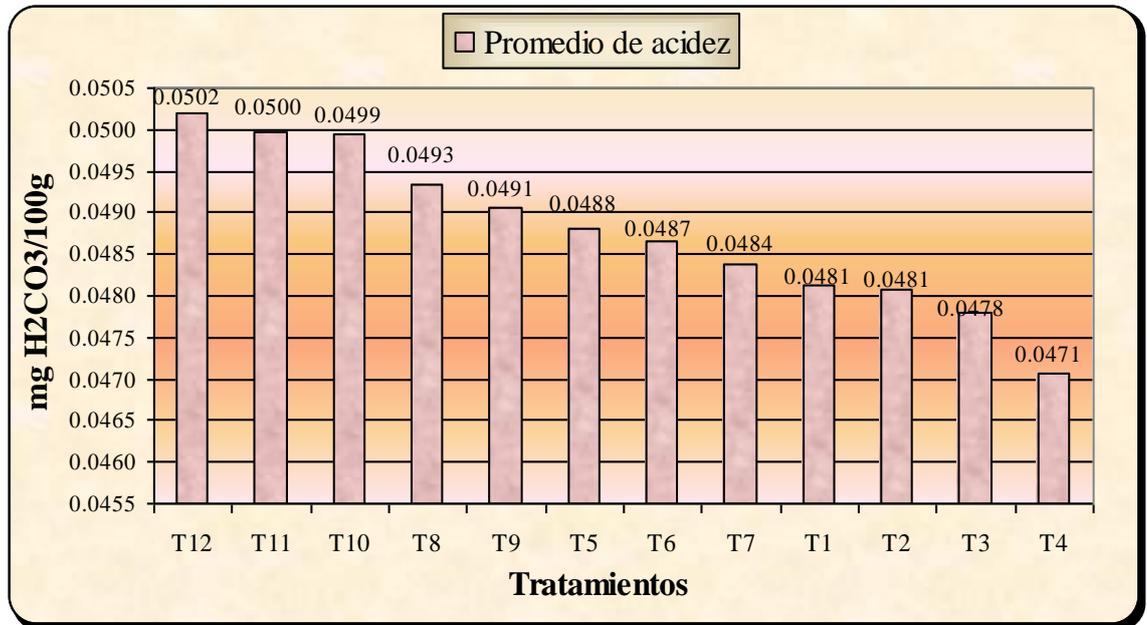
Acorde con el análisis de varianza de la acidez, realizado a los 10 minutos del proceso de fermentación se detectó que existe alta significación estadística para tratamientos; luego de detectada la significación estadística se realizó la prueba de Tukey.

**Cuadro N° 17: Prueba de Tukey para tratamientos**

Tratamientos	Medias	Rangos
T12	0,0502	a
T11	0,0500	a
T10	0,0499	a
T8	0,0493	a
T9	0,0491	a
T5	0,0488	a
T6	0,0487	a
T7	0,0484	a
T1	0,0481	b
T2	0,0481	c
T3	0,0478	d
T4	0,0471	e

Analizando los tratamientos se realizó la prueba de Tukey encontrándose cinco rangos diferentes, siendo los mejores tratamientos T12, T11, T10 (50% masa de yuca); T8 (60% masa de yuca); T9 (50% masa de yuca); T5, T6 y T7 (60% masa de yuca); mientras que el tratamiento con menor producción de H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> fue el T4 (70% masa de yuca).

**Gráfica N° 9: mg H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/100 g a los 10 minutos del proceso de fermentación**



Al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar una diferencia de producción de H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, siendo el mejor el tratamiento T12 (50% masa de yuca).

**Cuadro N° 18: mg H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/100 g a los 20 minutos del proceso de fermentación**

<b>Trat/Rept.</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Suma</b>	<b>Media</b>
<b>A1B1C1</b>	0,0583	0,0576	0,0555	0,1714	0,0571
<b>A1B1C2</b>	0,0557	0,0586	0,0558	0,1701	0,0567
<b>A1B2C1</b>	0,0572	0,0572	0,0588	0,1732	0,0577
<b>A1B2C2</b>	0,0571	0,0585	0,0580	0,1736	0,0579
<b>A2B1C1</b>	0,0606	0,0585	0,0570	0,1761	0,0587
<b>A2B1C2</b>	0,0589	0,0581	0,0589	0,1759	0,0586
<b>A2B2C1</b>	0,0589	0,0582	0,0581	0,1752	0,0584
<b>A2B2C2</b>	0,0584	0,0587	0,0587	0,1758	0,0586
<b>A3B1C1</b>	0,0602	0,0592	0,0590	0,1784	0,0595
<b>A3B1C2</b>	0,0601	0,0599	0,0597	0,1797	0,0599
<b>A3B2C1</b>	0,0602	0,0599	0,0591	0,1792	0,0597
<b>A3B2C2</b>	0,0605	0,0590	0,0584	0,1779	0,0593
<b>SUMA</b>	<b>0,7061</b>	<b>0,7034</b>	<b>0,6970</b>	<b>2,1065</b>	<b>0,0585</b>

**Cuadro N° 19: Análisis de varianza**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F. Cal.</b>	<b>F.T 1%</b>	<b>F. 5%</b>
<b>Total</b>	35	0,000057				
<b>Tratamientos</b>	11	0,000034	0,000003	2,915767*	3,10	2,22
<b>Error Exp.</b>	24	0,000024	0,000001			

$$CV= 1,6976$$

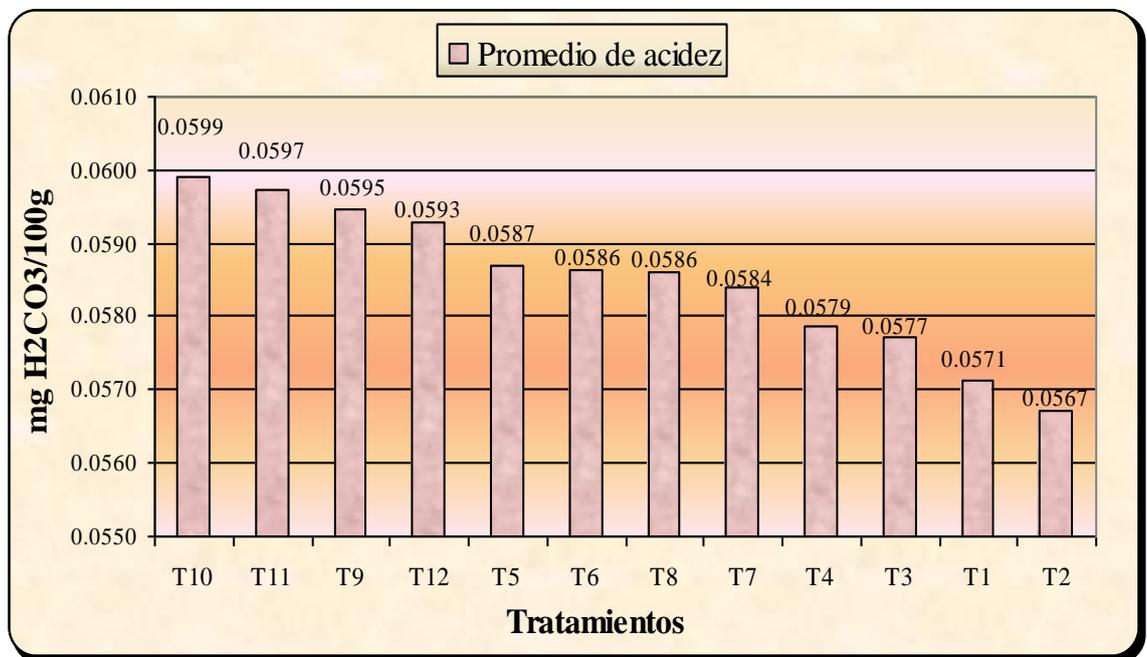
Acorde con el análisis de varianza de la acidez, realizado a los 20 minutos del proceso de fermentación se detectó que existe significación estadística al 5% para tratamientos; luego de detectada la significación estadística se realizó la prueba de Tukey.

**Cuadro N° 20: Prueba de Tukey para tratamientos**

Tratamientos	Medias	Rangos
T10	0,0599	a
T11	0,0597	a
T9	0,0595	a
T12	0,0593	a
T5	0,0587	a
T6	0,0586	a
T8	0,0586	a
T7	0,0584	a
T4	0,0579	a
T3	0,0577	a
T1	0,0571	a
T2	0,0567	b

Analizando los tratamientos se realizó la prueba de Tukey encontrándose dos rangos diferentes, siendo el mejor tratamiento el T10 (50% masa de yuca), con respecto al T2 (70% masa de yuca), que es el tratamiento con menor producción de  $H_2CO_3$ .

**Gráfica N° 10: mg  $H_2CO_3$ /100 g a los 20 minutos del proceso de fermentación**



Al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar una diferencia de producción de  $H_2CO_3$ , siendo el mejor el tratamiento T10 (50% masa de yuca).

**Cuadro N° 21: mg H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/100 g a los 30 minutos del proceso de fermentación**

<b>Trat/Rept.</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Suma</b>	<b>Media</b>
<b>A1B1C1</b>	0,0678	0,0673	0,0680	0,2031	0,0677
<b>A1B1C2</b>	0,0683	0,0670	0,0689	0,2042	0,0681
<b>A1B2C1</b>	0,0682	0,0676	0,0702	0,2060	0,0687
<b>A1B2C2</b>	0,0672	0,0676	0,0671	0,2019	0,0673
<b>A2B1C1</b>	0,0682	0,0686	0,0680	0,2048	0,0683
<b>A2B1C2</b>	0,0678	0,0695	0,0695	0,2068	0,0689
<b>A2B2C1</b>	0,0685	0,0695	0,0697	0,2077	0,0692
<b>A2B2C2</b>	0,0692	0,0673	0,0704	0,2069	0,0690
<b>A3B1C1</b>	0,0698	0,0707	0,0680	0,2085	0,0695
<b>A3B1C2</b>	0,0707	0,0697	0,0699	0,2103	0,0701
<b>A3B2C1</b>	0,0705	0,0697	0,0697	0,2099	0,0700
<b>A3B2C2</b>	0,0691	0,0707	0,0695	0,2093	0,0698
<b>Suma</b>	<b>0,8253</b>	<b>0,8252</b>	<b>0,8289</b>	<b>2,4794</b>	<b>0,0689</b>

**Cuadro N° 22: Análisis de varianza**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F. Cal.</b>	<b>F.T 1%</b>	<b>F. 5%</b>
<b>Total</b>	35	0,00004681				
<b>Tratamientos</b>	11	0,00002684	0,00000244	2,93178784 *	3,1	2,22
<b>Error Exp.</b>	24	0,00001997	0,00000083			

**CV= 1,32**

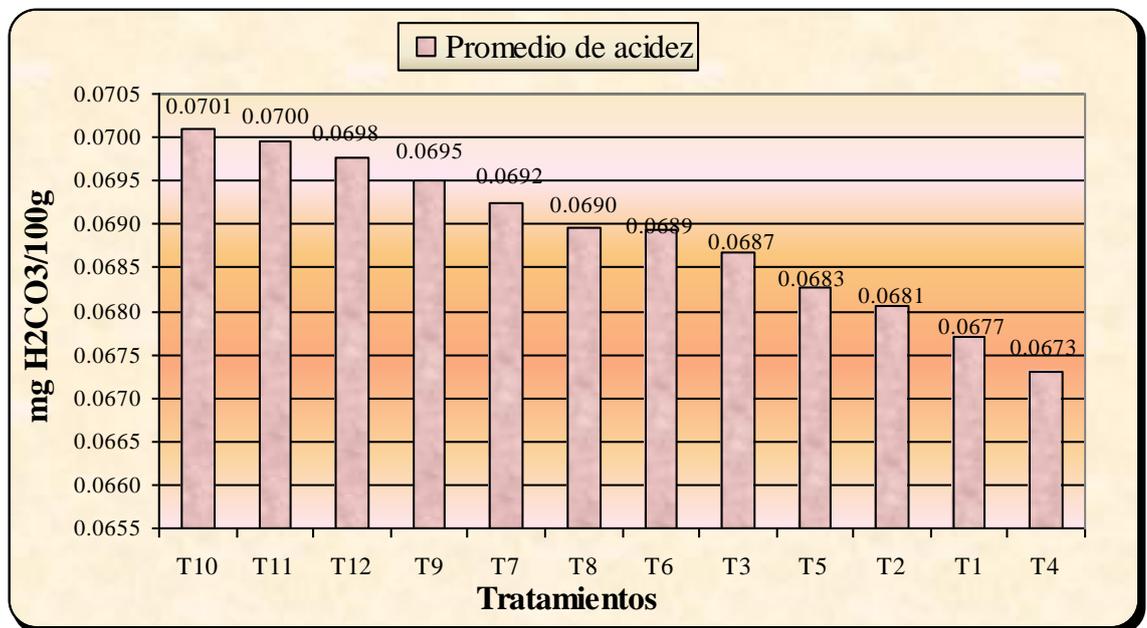
Acorde con el análisis de varianza de la acidez, realizado a los 30 minutos del proceso de fermentación se detectó que existe significación estadística al 5% para tratamientos; luego de detectada la significación estadística se realizó la prueba de Tukey.

**Cuadro N° 23: Prueba de Tukey para tratamientos**

Tratamientos	Medias	Rangos
T10	0,0701	a
T11	0,0700	a
T12	0,0698	a
T9	0,0695	a
T7	0,0692	a
T8	0,0690	a
T6	0,0689	a
T3	0,0687	a
T5	0,0683	a
T2	0,0681	a
T1	0,0677	a
T4	0,0673	b

Analizando los tratamientos se realizó la prueba de Tukey encontrándose dos rangos diferentes, siendo el mejor tratamiento el T10 (50% masa de yuca), con respecto al T4 (70% masa de yuca), que es el tratamiento con menor producción de H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

**Gráfica N° 11: mg H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/100 g a los 30 minutos del proceso de fermentación.**



Al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar una diferencia de producción de H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, siendo el mejor el tratamiento T10 (50% masa de yuca).

**Cuadro N° 24: mg H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/100 g a los 45 minutos del proceso de fermentación**

<b>Trat/Rept.</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Suma</b>	<b>Media</b>
<b>A1B1C1</b>	0,0779	0,0781	0,0780	0,2340	0,0780
<b>A1B1C2</b>	0,0783	0,0786	0,0786	0,2355	0,0785
<b>A1B2C1</b>	0,0780	0,0787	0,0785	0,2352	0,0784
<b>A1B2C2</b>	0,0785	0,0781	0,0781	0,2347	0,0782
<b>A2B1C1</b>	0,0775	0,0797	0,0807	0,2379	0,0793
<b>A2B1C2</b>	0,0794	0,0789	0,0804	0,2387	0,0796
<b>A2B2C1</b>	0,0789	0,0791	0,0788	0,2368	0,0789
<b>A2B2C2</b>	0,0789	0,0788	0,0790	0,2367	0,0789
<b>A3B1C1</b>	0,0798	0,0795	0,0803	0,2396	0,0799
<b>A3B1C2</b>	0,0795	0,0800	0,0804	0,2399	0,0800
<b>A3B2C1</b>	0,0809	0,0793	0,0795	0,2397	0,0799
<b>A3B2C2</b>	0,0808	0,0800	0,0779	0,2387	0,0796
<b>Suma</b>	<b>0,9484</b>	<b>0,9488</b>	<b>0,9502</b>	<b>2,8474</b>	<b>0,0791</b>

**Cuadro N° 25: Análisis de varianza**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F. Cal.</b>	<b>F.T 1%</b>	<b>F. 5%</b>
<b>Total</b>	35	0,000030				
<b>Tratamientos</b>	11	0,000016	0,000001	2,533140 *	3,10	2,22
<b>Error Exp.</b>	24	0,000014	0,000001			

**CV= 0,96**

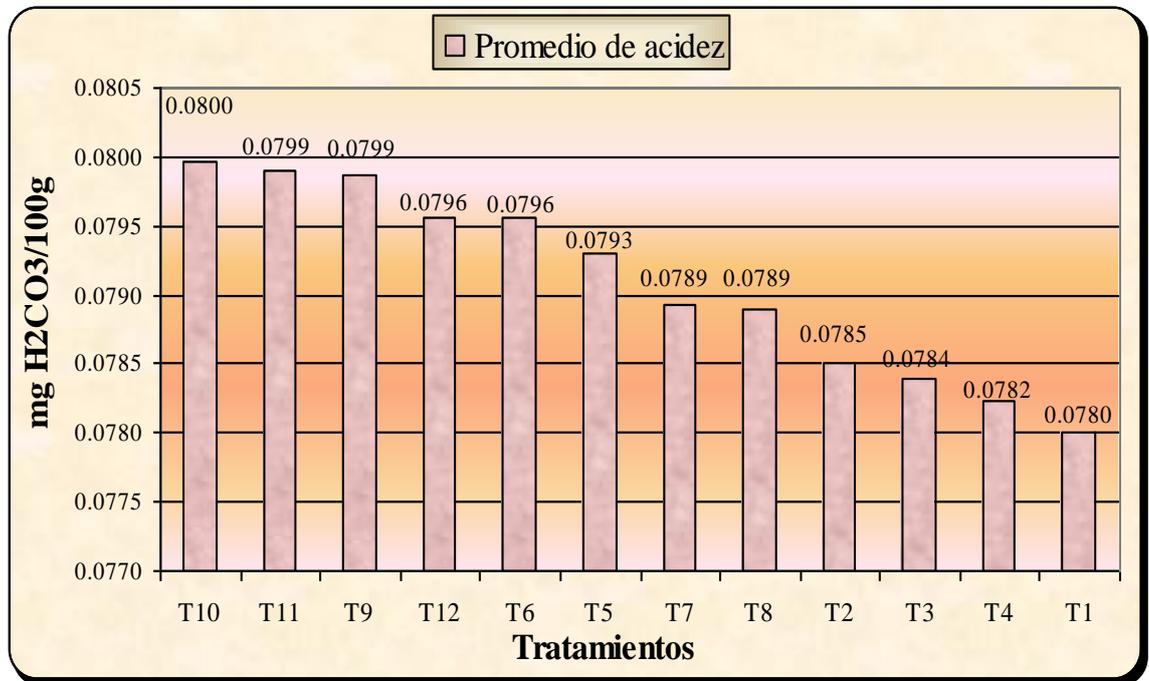
Acorde con el análisis de varianza de la acidez, realizado a los 45 minutos del proceso de fermentación se detectó que existe significación estadística al 5% para tratamientos, luego de detectada la significación estadística se realizó la prueba de Tukey.

**Cuadro N° 26: Prueba de Tukey para tratamientos**

Tratamientos	Medias	Rangos
T10	0,0800	a
T11	0,0799	a
T9	0,0799	a
T12	0,0796	a
T6	0,0796	a
T5	0,0793	a
T7	0,0789	a
T8	0,0789	a
T2	0,0785	a
T3	0,0784	a
T4	0,0782	a
T1	0,0780	b

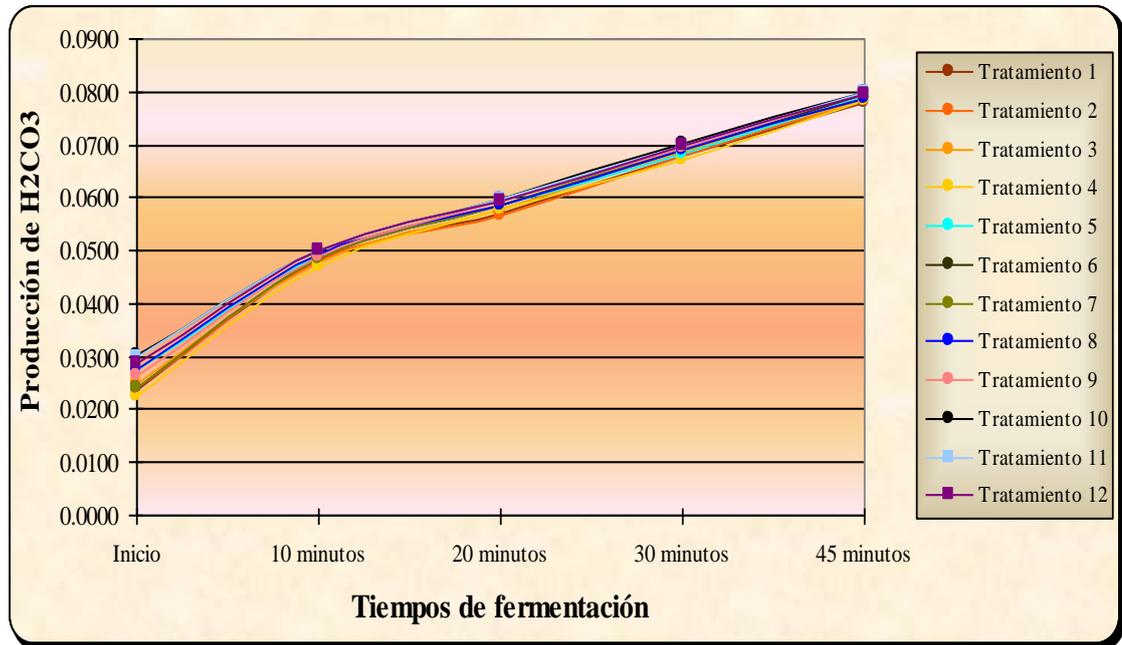
Analizando los tratamientos se realizó la prueba de Tukey encontrándose dos rangos diferentes, siendo el mejor tratamiento el T10 (50% masa de yuca), con respecto al T1 (70% masa de yuca), que es el tratamiento con menor producción de H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

**Gráfica N° 12: mg H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/100 g a los 45 minutos del proceso de fermentación.**



Al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar una diferencia de producción de H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, siendo el mejor el tratamiento T10 (50% masa de yuca).

**Gráfica N° 13: Curva de producción de H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> en el proceso de fermentación**



En la gráfica se determinó que todos los tratamientos mantienen una similitud entre ellos con respecto a la curva de producción de H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, partiendo de valores comprendidos entre 0,02 a 0,03 mg, hasta un valor máximo de 0,08 mg.

A pesar que existe una equidad entre los tratamientos con respecto a la producción de H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, se puede observar que existe una ligera fluctuación entre estos, de tal manera estadísticamente se tiene que el tratamiento T10 (50% masa de yuca), es el mejor ya que se mantuvo constante con respecto a los demás tratamientos en la mayoría de los tiempos de fermentación.

#### 4.2 DETERMINACIÓN DE CO<sub>2</sub>

Esta variable se midió igualmente durante el proceso de fermentación de la masa que fue de 45 minutos en intervalos de 10 minutos, los resultados se muestran en los siguientes cuadros:

**Cuadro N° 27: mg CO<sub>2</sub>/100 g al inicio del proceso de fermentación**

Trat/Rept.	I	II	III	Suma	Media
<b>A1B1C1</b>	0,0674	0,0677	0,0680	0,2031	0,0677
<b>A1B1C2</b>	0,0698	0,0695	0,0694	0,2087	0,0696
<b>A1B2C1</b>	0,0692	0,0686	0,0693	0,2071	0,0690
<b>A1B2C2</b>	0,0675	0,0674	0,0689	0,2038	0,0679
<b>A2B1C1</b>	0,0664	0,0689	0,0689	0,2042	0,0681
<b>A2B1C2</b>	0,0689	0,0677	0,0683	0,2049	0,0683
<b>A2B2C1</b>	0,0677	0,0673	0,0676	0,2026	0,0675
<b>A2B2C2</b>	0,0689	0,0698	0,0695	0,2082	0,0694
<b>A3B1C1</b>	0,0687	0,0680	0,0663	0,2030	0,0677
<b>A3B1C2</b>	0,0687	0,0679	0,0685	0,2051	0,0684
<b>A3B2C1</b>	0,0688	0,0703	0,0701	0,2092	0,0697
<b>A3B2C2</b>	0,0707	0,0693	0,0697	0,2097	0,0699
<b>Suma</b>	<b>0,8227</b>	<b>0,8224</b>	<b>0,8245</b>	<b>2,4696</b>	<b>0,0686</b>

**Cuadro N° 28: Análisis de varianza**

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
<b>Total</b>	35	0,0000384				
<b>Tratamientos</b>	11	0,0000253	0,0000023	4,2072376 **	3,1	2,22
<b>Error Exp.</b>	24	0,0000131	0,0000005			

$$CV= 1,08$$

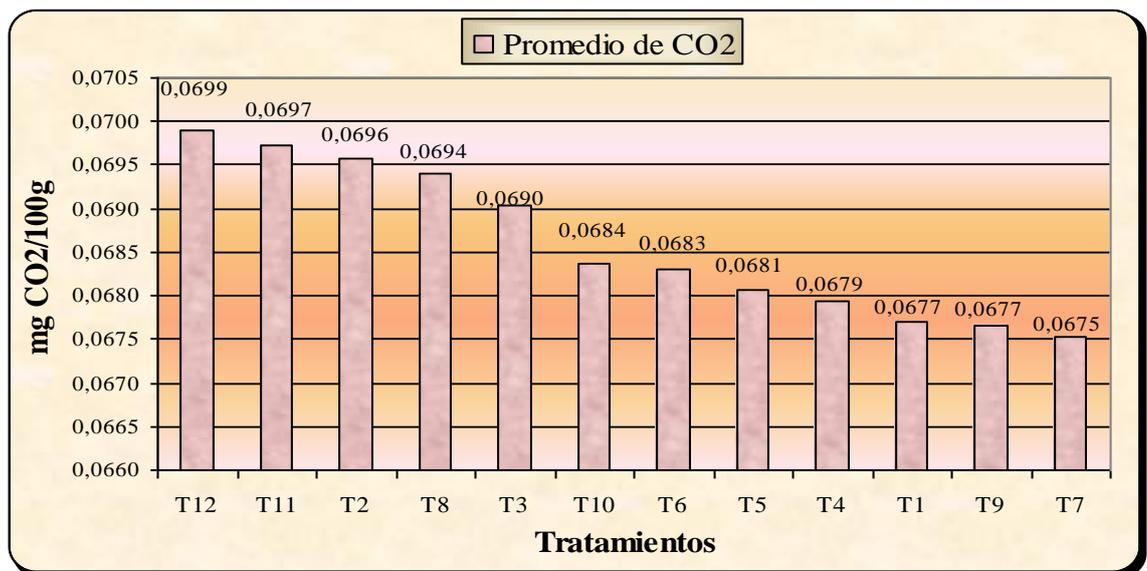
Acorde con el análisis de varianza de CO<sub>2</sub>, al inicio del proceso de fermentación se detectó que existe alta significación estadística para tratamientos; luego de detectada la significación estadística se realizó la prueba de Tukey.

**Cuadro N° 29: Prueba de Tukey para tratamientos**

Tratamientos	Medias	Rangos
T12	0,0699	a
T11	0,0697	a
T2	0,0696	a
T8	0,0694	a
T3	0,0690	a
T10	0,0684	a
T6	0,0683	a
T5	0,0681	a
T4	0,0679	a
T1	0,0677	b
T9	0,0677	c
T7	0,0675	d

Analizando los tratamientos se realizó la prueba de Tukey encontrándose cuatro rangos diferentes, siendo los mejores tratamientos T12, T11 (50% masa de yuca); T2 (70% masa de yuca); T8 (60% masa de yuca); T3 (70% masa de yuca); T10 (50% masa de yuca); T6, T5 (60% masa de yuca) y T4 (70% masa de yuca); mientras que el tratamiento con menor producción de CO<sub>2</sub> fue el T7 (60% masa de yuca).

**Gráfica N° 14: mg CO<sub>2</sub>/100 g al inicio del proceso de fermentación.**



Al graficar las medias de los tratamientos al inicio del proceso de fermentación se pudo observar una diferencia no muy significativa de producción de CO<sub>2</sub>, entre todos los tratamientos; siendo el más bajo en producción de CO<sub>2</sub>, el tratamiento T7 (60% masa de yuca).

**Cuadro N° 30: mg CO<sub>2</sub>/100 g a los 10 minutos del proceso de fermentación**

Trat/Rept.	I	II	III	Suma	Media
<b>A1B1C1</b>	0,0883	0,0871	0,0885	0,2639	0,0880
<b>A1B1C2</b>	0,0889	0,0870	0,0873	0,2632	0,0877
<b>A1B2C1</b>	0,0883	0,0879	0,0886	0,2648	0,0883
<b>A1B2C2</b>	0,0871	0,0882	0,0885	0,2638	0,0879
<b>A2B1C1</b>	0,0882	0,0887	0,0881	0,2650	0,0883
<b>A2B1C2</b>	0,0883	0,0884	0,0889	0,2656	0,0885
<b>A2B2C1</b>	0,0885	0,0887	0,0878	0,2650	0,0883
<b>A2B2C2</b>	0,0890	0,0891	0,0870	0,2651	0,0884
<b>A3B1C1</b>	0,0897	0,0899	0,0901	0,2697	0,0899
<b>A3B1C2</b>	0,0900	0,0897	0,0893	0,2690	0,0897
<b>A3B2C1</b>	0,0893	0,0896	0,0895	0,2684	0,0895
<b>A3B2C2</b>	0,0881	0,0890	0,0890	0,2661	0,0887
<b>Suma</b>	<b>1,0637</b>	<b>1,0633</b>	<b>1,0626</b>	<b>3,1896</b>	<b>0,0886</b>

**Cuadro N° 31: Análisis de varianza**

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
<b>Total</b>	35	0,000026				
<b>Tratamientos</b>	11	0,000016	0,00000150	3,934270 **	3,1	2,22
<b>Error Exp.</b>	24	0,000009	0,00000038			

**CV= 0,70**

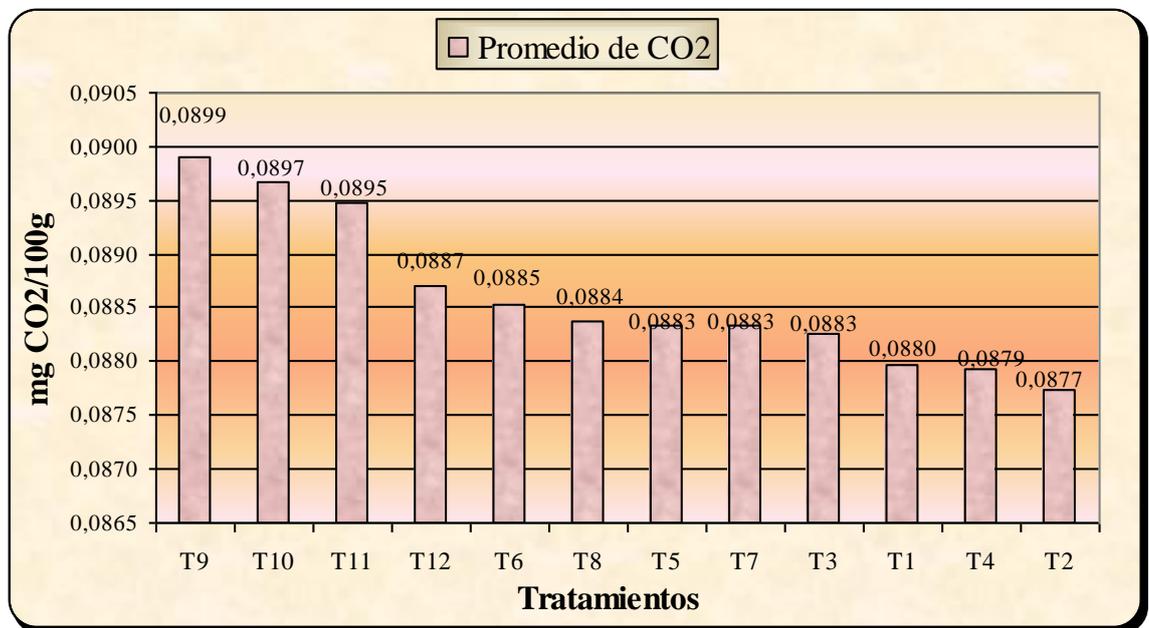
Acorde con el análisis de varianza de CO<sub>2</sub>, realizado a los 10 minutos del proceso de fermentación se detectó que existe alta significación estadística para tratamientos; luego de detectada la significación estadística se realizó la prueba de Tukey.

**Cuadro N° 32: Prueba de Tukey para tratamientos**

Tratamientos	Medias	Rangos
T9	0,0899	a
T10	0,0897	a
T11	0,0895	a
T12	0,0887	a
T6	0,0885	a
T8	0,0884	a
T5	0,0883	a
T7	0,0883	a
T3	0,0883	a
T1	0,0880	b
T4	0,0879	c
T2	0,0877	d

Analizando los tratamientos se realizó la prueba de Tukey encontrándose cuatro rangos diferentes, siendo los mejores tratamientos T9, T10, T11, T12 (50% masa de yuca); T6, T8, T5, T7 (60% masa de yuca) y T3 (70% masa de yuca); mientras que el tratamiento con menor producción de CO<sub>2</sub> fue el T2 (70% masa de yuca).

**Gráfica N° 15: mg CO<sub>2</sub>/100 g a los 10 minutos del proceso de fermentación.**



Al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar una diferencia de producción de CO<sub>2</sub>, siendo el mejor el tratamiento T9 (50% masa de yuca).

**Cuadro N° 33: mg CO<sub>2</sub>/100 g a los 20 minutos del proceso de fermentación**

<b>Trat/Rept.</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Suma</b>	<b>Media</b>
<b>A1B1C1</b>	0,1023	0,1080	0,1024	0,3127	0,1042
<b>A1B1C2</b>	0,1035	0,1062	0,1066	0,3163	0,1054
<b>A1B2C1</b>	0,1071	0,1025	0,1027	0,3123	0,1041
<b>A1B2C2</b>	0,1011	0,1066	0,1063	0,3140	0,1047
<b>A2B1C1</b>	0,1045	0,1037	0,1083	0,3165	0,1055
<b>A2B1C2</b>	0,1019	0,1109	0,1043	0,3171	0,1057
<b>A2B2C1</b>	0,1035	0,1095	0,1095	0,3225	0,1075
<b>A2B2C2</b>	0,1068	0,1076	0,1104	0,3248	0,1083
<b>A3B1C1</b>	0,1101	0,1088	0,1108	0,3297	0,1099
<b>A3B1C2</b>	0,1106	0,1095	0,1085	0,3286	0,1095
<b>A3B2C1</b>	0,1095	0,1090	0,1109	0,3294	0,1098
<b>A3B2C2</b>	0,1102	0,1105	0,1098	0,3305	0,1102
<b>Suma</b>	<b>1,2711</b>	<b>1,2928</b>	<b>1,2905</b>	<b>3,8544</b>	<b>0,1071</b>

**Cuadro N° 34: Análisis de varianza**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F. Cal.</b>	<b>F.T 1%</b>	<b>F. 5%</b>
<b>Total</b>	35	0,00034				
<b>Tratamientos</b>	11	0,00019	0,00002	2,67406 *	3,1	2,22
<b>Error Exp.</b>	24	0,00015	0,00001			

**CV= 2,36**

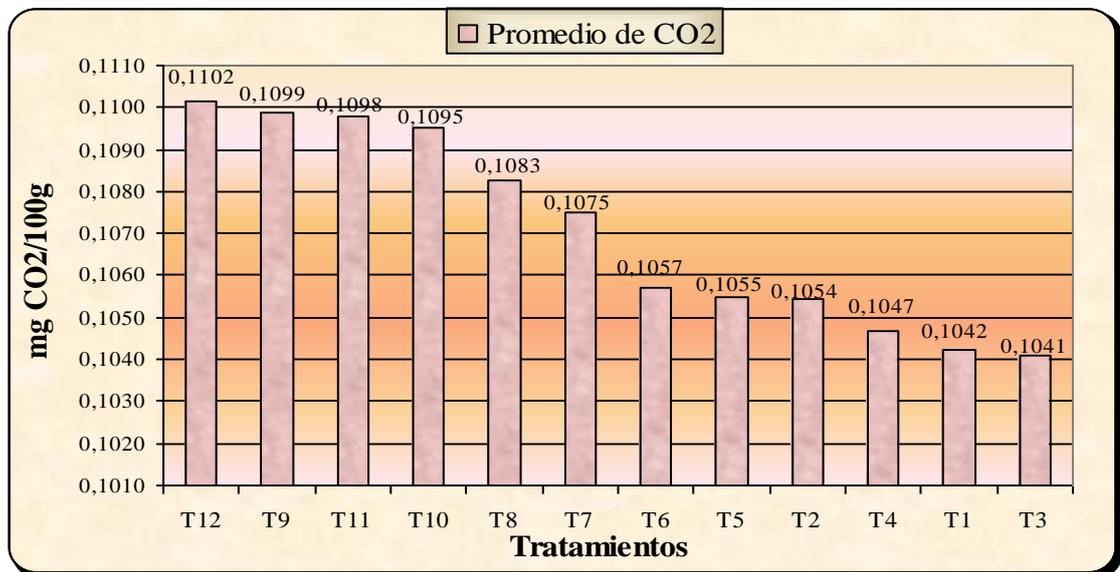
Acorde con el análisis de varianza de CO<sub>2</sub>, realizado a los 20 minutos del proceso de fermentación se detectó que existe significación estadística al 5% para tratamientos; luego de detectada la significación estadística se realizó la prueba de Tukey.

**Cuadro N° 35: Prueba de Tukey para tratamientos**

Tratamientos	Medias	Rangos
T12	0,1102	a
T9	0,1099	a
T11	0,1098	a
T10	0,1095	a
T8	0,1083	a
T7	0,1075	a
T6	0,1057	a
T5	0,1055	a
T2	0,1054	a
T4	0,1047	a
T1	0,1042	a
T3	0,1041	b

Analizando los tratamientos se realizó la prueba de Tukey encontrándose dos rangos diferentes, siendo el mejor tratamiento el T12 (50% masa de yuca), con respecto al T3 (70% masa de yuca), que es el tratamiento con menor producción de CO<sub>2</sub>.

**Gráfica N° 16: mg CO<sub>2</sub>/100 g a los 20 minutos del proceso de fermentación**



Al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar una diferencia de producción de CO<sub>2</sub>, siendo el mejor el tratamiento T12 (50% masa de yuca).

**Cuadro N° 36: mg CO<sub>2</sub>/100 g a los 30 minutos del proceso de fermentación**

<b>Trat/rept.</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Suma</b>	<b>Media</b>
<b>A1B1C1</b>	0,1119	0,1175	0,1153	0,3447	0,1149
<b>A1B1C2</b>	0,1130	0,1206	0,1145	0,3481	0,1160
<b>A1B2C1</b>	0,1156	0,1163	0,1170	0,3489	0,1163
<b>A1B2C2</b>	0,1141	0,1141	0,1182	0,3464	0,1155
<b>A2B1C1</b>	0,1171	0,1175	0,1159	0,3505	0,1168
<b>A2B1C2</b>	0,1187	0,1204	0,1184	0,3575	0,1192
<b>A2B2C1</b>	0,1174	0,1177	0,1171	0,3522	0,1174
<b>A2B2C2</b>	0,1137	0,1171	0,1197	0,3505	0,1168
<b>A3B1C1</b>	0,1204	0,1187	0,1190	0,3581	0,1194
<b>A3B1C2</b>	0,1208	0,1188	0,1199	0,3595	0,1198
<b>A3B2C1</b>	0,1204	0,1179	0,1199	0,3582	0,1194
<b>A3B2C2</b>	0,1203	0,1181	0,1208	0,3592	0,1197
<b>Suma</b>	<b>1,4034</b>	<b>1,4147</b>	<b>1,4157</b>	<b>4,2338</b>	<b>0,1176</b>

**Cuadro N° 37: Análisis de varianza**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F. Cal.</b>	<b>F.T 1%</b>	<b>F. 5%</b>
<b>Total</b>	35	0,000200				
<b>Tratamientos</b>	11	0,000107	0,000010	2,481251*	3,1	2,22
<b>Error Exp.</b>	24	0,000094	0,000004			

$$CV= 1,68$$

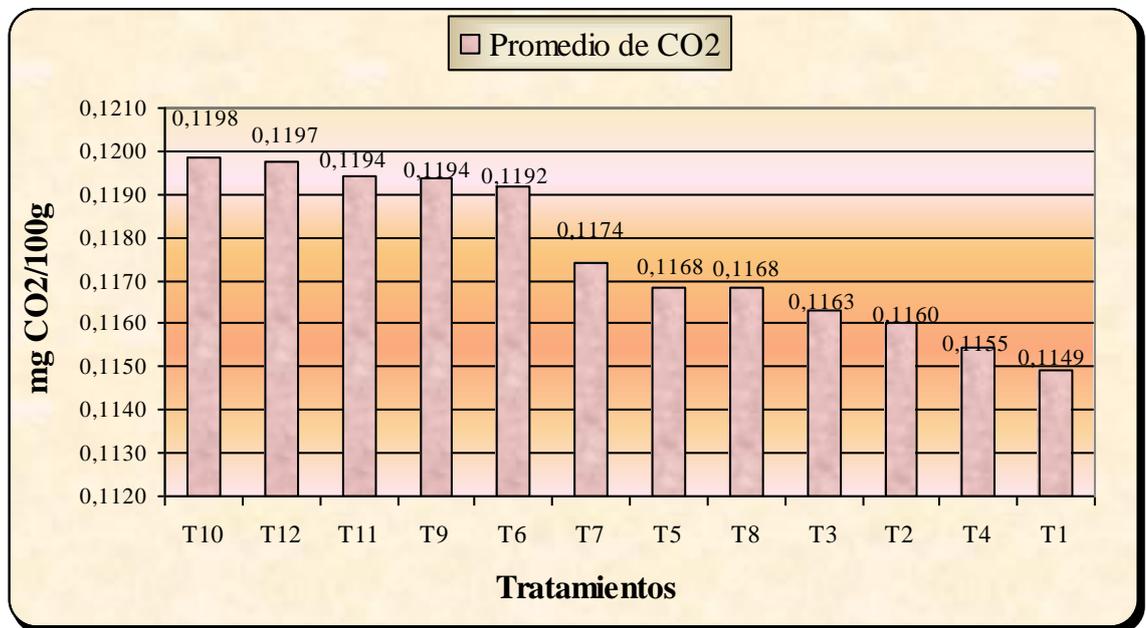
Acorde con el análisis de varianza de CO<sub>2</sub>, realizado a los 30 minutos del proceso de fermentación se detectó que existe significación estadística al 5% para tratamientos; luego de detectada la significación estadística se realizó la prueba de Tukey.

**Cuadro N° 38: Prueba de Tukey para tratamientos**

Tratamientos	Medias	Rangos
T10	0,1198	a
T12	0,1197	a
T11	0,1194	a
T9	0,1194	a
T6	0,1192	a
T7	0,1174	a
T5	0,1168	a
T8	0,1168	a
T3	0,1163	a
T2	0,1160	a
T4	0,1155	a
T1	0,1149	b

Analizando los tratamientos se realizó la prueba de Tukey encontrándose dos rangos diferentes, siendo el mejor tratamiento el T10 (50% masa de yuca), con respecto al T1 (70% masa de yuca), que es el tratamiento con menor producción de CO<sub>2</sub>.

**Gráfica N° 17: mg CO<sub>2</sub>/100 g a los 30 minutos del proceso de fermentación**



Al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar una diferencia de producción de CO<sub>2</sub>, siendo el mejor el tratamiento T10 (50% masa de yuca).

**Cuadro N° 39: mg CO<sub>2</sub>/100 g a los 45 minutos del proceso de fermentación**

<b>Trat/rept.</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Suma</b>	<b>Media</b>
<b>A1B1C1</b>	0,1251	0,1213	0,1245	0,3709	0,1236
<b>A1B1C2</b>	0,1270	0,1201	0,1203	0,3674	0,1225
<b>A1B2C1</b>	0,1260	0,1243	0,1229	0,3732	0,1244
<b>A1B2C2</b>	0,1228	0,1229	0,1270	0,3727	0,1242
<b>A2B1C1</b>	0,1236	0,1258	0,1236	0,3730	0,1243
<b>A2B1C2</b>	0,1241	0,1251	0,1270	0,3762	0,1254
<b>A2B2C1</b>	0,1221	0,1264	0,1266	0,3751	0,1250
<b>A2B2C2</b>	0,1212	0,1299	0,1249	0,3760	0,1253
<b>A3B1C1</b>	0,1304	0,1285	0,1288	0,3877	0,1292
<b>A3B1C2</b>	0,1301	0,1261	0,1291	0,3853	0,1284
<b>A3B2C1</b>	0,1276	0,1298	0,1294	0,3868	0,1289
<b>A3B2C2</b>	0,1226	0,1247	0,1290	0,3763	0,1254
<b>Suma</b>	<b>1,5026</b>	<b>1,5049</b>	<b>1,5131</b>	<b>4,5206</b>	<b>0,1256</b>

**Cuadro N° 40: Análisis de varianza**

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F. Cal.</b>	<b>F.T 1%</b>	<b>F. 5%</b>
<b>Total</b>	35	0,0003031				
<b>Tratamientos</b>	11	0,0001542	0,0000140	2,2588728 *	3,1	2,22
<b>Error Exp.</b>	24	0,0001489	0,0000062			

**CV= 1,98**

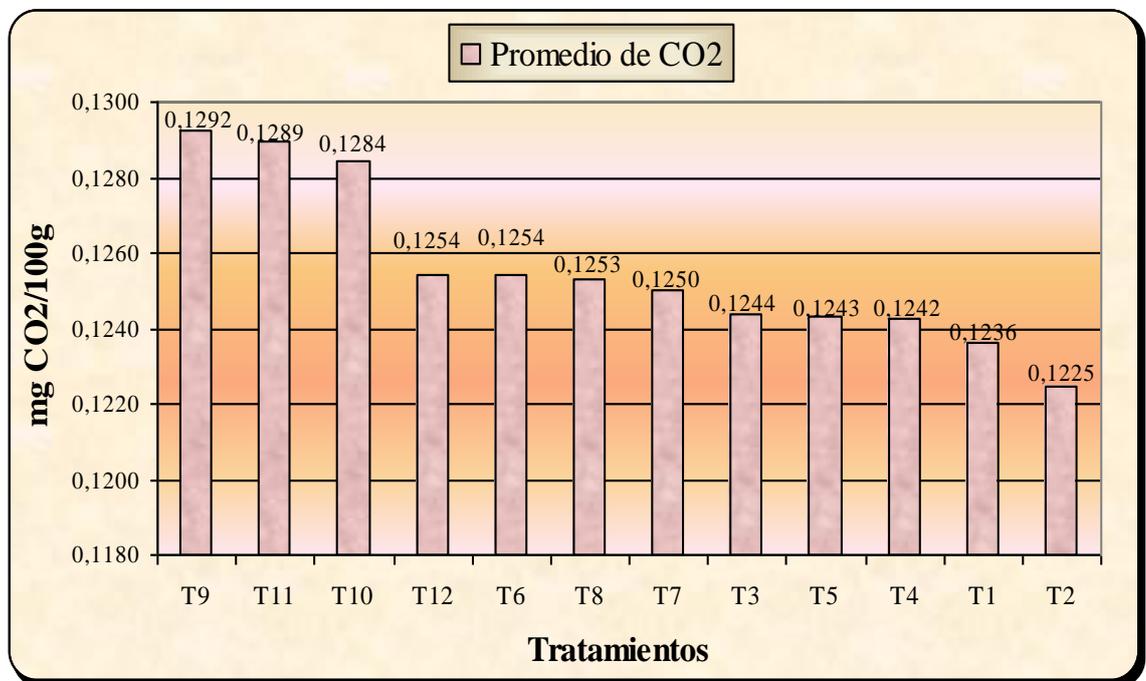
Acorde con el análisis de varianza de CO<sub>2</sub>, realizado a los 45 minutos del proceso de fermentación se detectó que existe significación estadística al 5% para tratamientos; luego de detectada la significación estadística se realizó la prueba de Tukey.

**Cuadro N° 41: Prueba de Tukey para tratamientos**

Tratamientos	Medias	Rangos
T9	0,1292	a
T11	0,1289	a
T10	0,1284	a
T12	0,1254	a
T6	0,1254	a
T8	0,1253	a
T7	0,1250	a
T3	0,1244	a
T5	0,1243	a
T4	0,1242	a
T1	0,1236	a
T2	0,1225	b

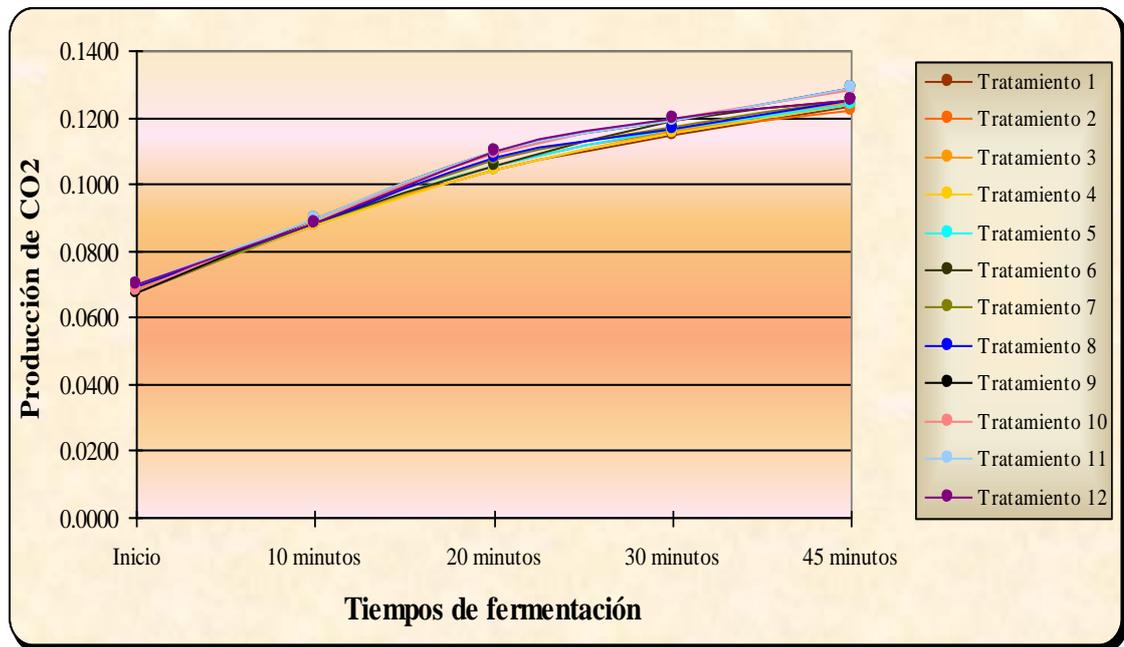
Analizando los tratamientos se realizó la prueba de Tukey encontrándose dos rangos diferentes, siendo el mejor tratamiento el T9 (50% masa de yuca), con respecto al T2 (70% masa de yuca), que es el tratamiento con menor producción de CO<sub>2</sub>.

**Gráfica N° 18: mg CO<sub>2</sub>/100 g a los 45 minutos del proceso de fermentación**



Al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar una diferencia de producción de CO<sub>2</sub>, siendo el mejor el tratamiento T9 (50% masa de yuca).

**Gráfica N° 19: Curva de producción de CO<sub>2</sub> en el proceso de fermentación**



En la gráfica se determinó que todos los tratamientos mantienen una similitud entre ellos con respecto a la curva de producción de CO<sub>2</sub>, partiendo de valores comprendidos entre 0,06 a 0,08 mg, hasta un valor máximo de 0,13 mg.

A pesar que existe una equidad entre los tratamientos con respecto a la producción de CO<sub>2</sub>, se puede observar que existe una ligera fluctuación entre estos, de tal manera estadísticamente se tiene que el tratamiento T9 (50% masa de yuca), es el mejor ya que se mantuvo constante con respecto a los demás tratamientos en la mayoría de los tiempos de fermentación.

### 4.3 DETERMINACIÓN DEL PESO EN EL PAN PRECOCIDO

Esta variable se midió una vez que se obtuvo el pan precocido, los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 42: Promedio de pesos en el pan precocido**

Trat/Rept.	I	II	III	Suma	Media
A1B1C1	54,00	53,90	54,00	161,90	53,97
A1B1C2	53,50	54,00	54,00	161,50	53,83
A1B2C1	53,90	54,00	53,80	161,70	53,90
A1B2C2	53,70	53,80	53,50	161,00	53,67
A2B1C1	54,00	54,00	53,90	161,90	53,97
A2B1C2	54,40	53,90	53,80	162,10	54,03
A2B2C1	54,00	54,00	54,00	162,00	54,00
A2B2C2	54,00	54,00	54,10	162,10	54,03
A3B1C1	54,40	53,90	54,00	162,30	54,10
A3B1C2	54,20	54,40	54,30	162,90	54,30
A3B2C1	54,00	54,00	54,10	162,10	54,03
A3B2C2	54,20	54,30	54,10	162,60	54,20
<b>Suma</b>	<b>648,30</b>	<b>648,20</b>	<b>647,60</b>	<b>1944,10</b>	<b>54,00</b>

**Cuadro N° 43: Análisis de varianza**

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
<b>Total</b>	35	1,530				
<b>Tratamientos</b>	11	0,883	0,080	2,979 *	3,10	2,22
<b>Factor A (% masa de yuca )</b>	2	0,602	0,301	11,175 **	5,61	3,40
<b>Factor B (temperatura de precocción )</b>	1	0,034	0,034	1,247 <sup>NS</sup>	7,82	4,26
<b>Factor C (tiempo de precocción)</b>	1	0,003	0,003	0,093 <sup>NS</sup>	7,82	4,26
<b>I (AxB)</b>	2	0,029	0,014	0,536 <sup>NS</sup>	5,61	3,40
<b>I (AxC)</b>	2	0,207	0,103	3,835 *	5,61	3,40
<b>I (BxC)</b>	1	0,007	0,007	0,258 <sup>NS</sup>	7,82	4,26
<b>I (AxBxC)</b>	2	0,002	0,001	0,041 <sup>NS</sup>	5,61	3,40
<b>Error experimental</b>	24	0,647	0,027			

CV= 0,30

Acorde con el análisis de varianza para el peso en el pan precocido, se detectó que existe alta significación estadística para el factor A (% masa de yuca); mientras que para los tratamientos e interacción AxC, existe significación al 5% y ninguna significación existente para el factor B (temperatura de precocción), factor C (tiempo de precocción) y para las interacciones AxB, BxC y AxBxC.

Luego de detectada la significación estadística se realizaron las pruebas correspondientes: Tukey para tratamientos, DMS para el factor A y gráfica para la interacción AxC.

**Cuadro N° 44: Prueba de Tukey para tratamientos**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T10</b>	54,30	a
<b>T12</b>	54,20	a
<b>T9</b>	54,10	a
<b>T11</b>	54,03	a
<b>T6</b>	54,03	a
<b>T8</b>	54,03	a
<b>T7</b>	54,00	a
<b>T5</b>	53,97	a
<b>T1</b>	53,97	a
<b>T3</b>	53,90	a
<b>T2</b>	53,83	a
<b>T4</b>	53,67	b

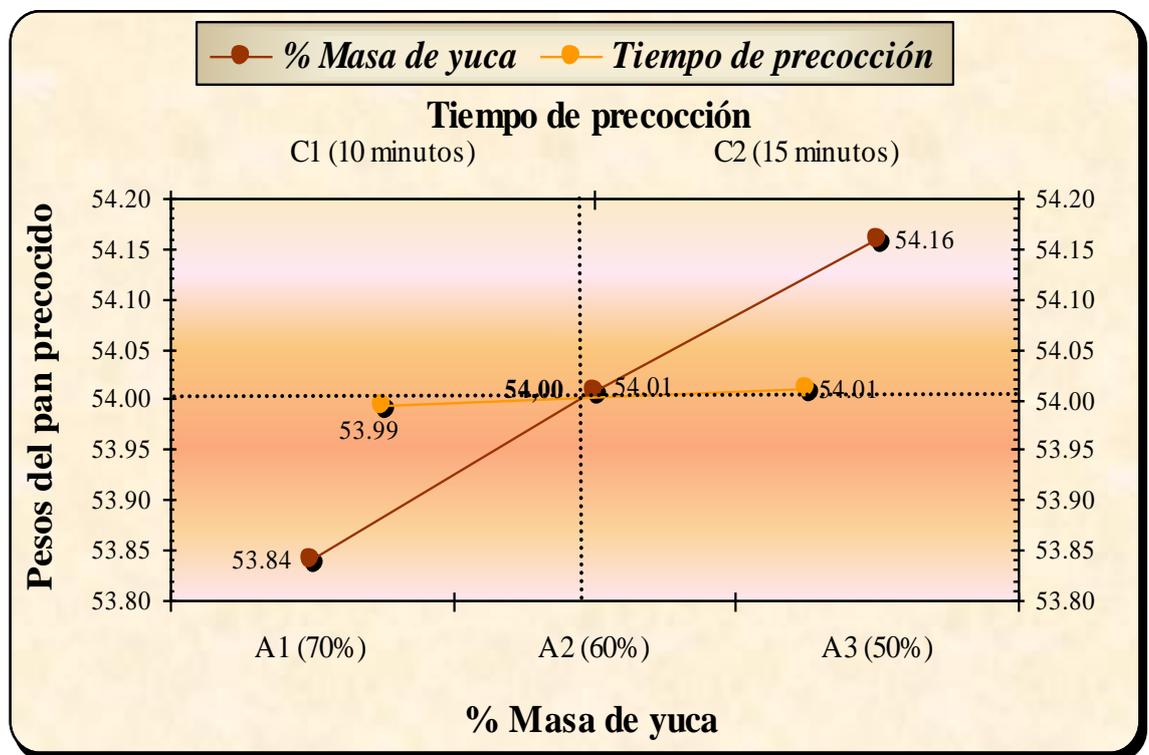
Analizando los tratamientos se realizó la prueba de Tukey encontrándose dos rangos diferentes, teniendo como mejor tratamiento T10 (50% masa de yuca-200°C-15 minutos); el mismo que representa a la mejor media de peso en el pan precocido, con respecto al tratamiento T4 (70% masa de yuca-220°C-15 minutos).

**Cuadro N° 45: Prueba de DMS para factores**

<b>Factores</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
A3	54,16	a
A2	54,01	b
A1	53,84	c

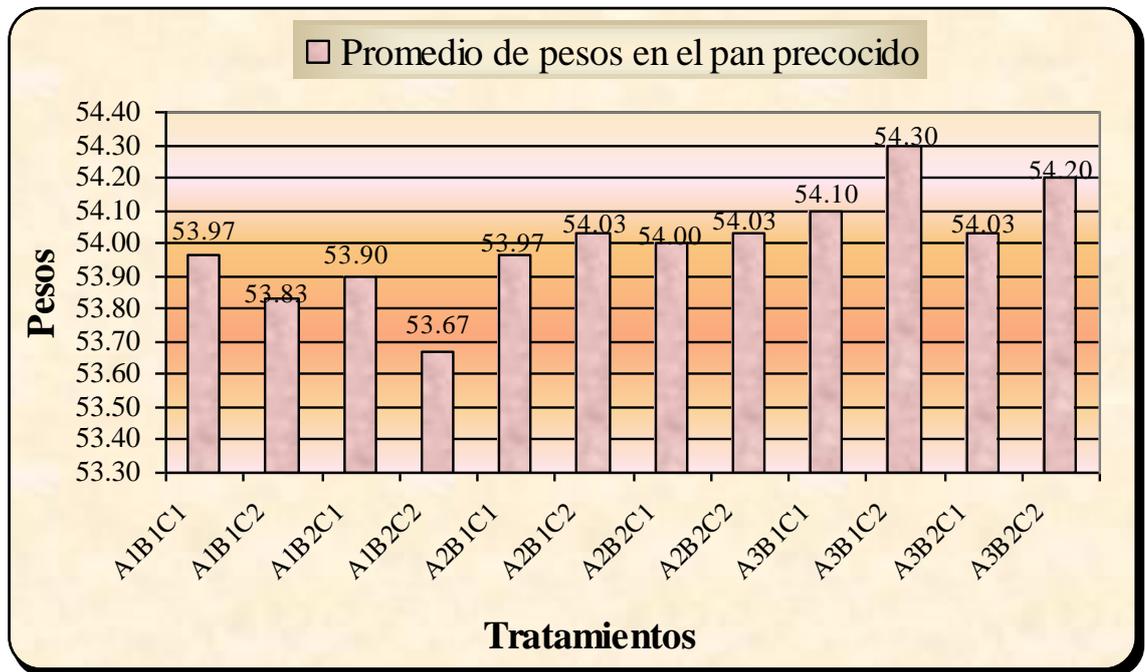
Analizando el factor A (% masa de yuca) se realizó la prueba de DMS encontrándose tres rangos, los cuales tienen un comportamiento diferente. Con el 50% de masa de yuca (A3) presenta un promedio más alto de peso del pan precocido; a pesar de no ser muy alta la diferencia de pesos entre los factores, indica que a menor % de masa de yuca se tiene un incremento en el peso del pan precocido.

**Gráfica N° 20: Interacción de los factores: A (% masa de yuca) y C (tiempo de precocción) para la variable peso del pan precocido**



La interacción, demuestra que existe una relación inversamente proporcional entre los porcentajes de masa de yuca y el peso; y una relación directamente proporcional entre los tiempos de precocción y el peso. Además se aprecia que con el 60% de masa de yuca y aplicando 10 minutos de precocción se puede conseguir un peso óptimo de 54 g en el pan precocido.

**Gráfica N° 21: Promedio de pesos en el pan precocido**



Al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar una diferencia de pesos, teniendo como mejor tratamiento T10 (50% masa de yuca-200°C-15 minutos); el mismo que representa a la mejor media de peso en el pan precocido, con respecto al tratamiento T4 (70% masa de yuca-220°C-15 minutos).

#### 4.4 DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN EN EL PAN PRECOCIDO

Esta variable se midió una vez que se obtuvo el pan precocido, los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 46: Promedio de volúmenes en el pan precocido**

Trat/Rept.	I	II	III	Suma	Media
A1B1C1	100	105	110	315	105
A1B1C2	110	110	110	330	110
A1B2C1	110	120	115	345	115
A1B2C2	115	115	115	345	115
A2B1C1	100	120	130	350	117
A2B1C2	120	115	120	355	118
A2B2C1	115	120	120	355	118
A2B2C2	120	120	120	360	120
A3B1C1	130	120	120	370	123
A3B1C2	120	120	125	365	122
A3B2C1	135	140	140	415	138
A3B2C2	120	120	130	370	123
<b>Suma</b>	<b>1395</b>	<b>1425</b>	<b>1455</b>	<b>4275</b>	<b>119</b>

**Cuadro N° 47: Análisis de varianza**

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
<b>Total</b>	35	2969				
<b>Tratamientos</b>	11	2202	200	6,267 **	3,10	2,22
<b>Factor A (% masa de yuca)</b>	2	1429	715	22,370 **	5,61	3,40
<b>Factor B (temperatura de precocción)</b>	1	306	306	9,587 **	7,82	4,26
<b>Factor C (tiempo de precocción)</b>	1	17	17	0,543 NS	7,82	4,26
<b>I (AxB)</b>	2	79	40	1,239 NS	5,61	3,40
<b>I (AxC)</b>	2	218	109	3,413 *	5,61	3,40
<b>I (BxC)</b>	1	84	84	2,630 NS	7,82	4,26
<b>I (AxBxC)</b>	2	68	34	1,065 NS	5,61	3,40
<b>Error experimental.</b>	24	767	32			

CV= 4,76

Acorde con el análisis de varianza para el volumen en el pan precocido, se detectó que existe alta significación estadística para tratamientos, para el factor A (% masa de yuca) y el factor B (temperatura de precocción); mientras que para la interacción AxC se detectó significación estadística al 5% y ninguna significación existente para el factor C (tiempo de precocción) y para las interacciones AxB, BxC y AxBxC.

Luego de detectada la significación estadística se realizaron las pruebas correspondientes: Tukey para tratamientos, DMS para el factor AyB y gráfica para la interacción AxC.

**Cuadro N° 48: Prueba de Tukey para tratamientos**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T11</b>	138	a
<b>T12</b>	123	a
<b>T9</b>	123	a
<b>T10</b>	122	b
<b>T8</b>	120	c
<b>T7</b>	118	d
<b>T6</b>	118	e
<b>T5</b>	117	f
<b>T4</b>	115	g
<b>T3</b>	115	h
<b>T2</b>	110	i
<b>T1</b>	105	j

Analizando los tratamientos se realizó la prueba de Tukey encontrándose diez rangos diferentes, teniendo como mejor tratamiento T11 (50% masa de yuca-220°C-10 minutos); el mismo que representa a la mejor media de volumen en el pan precocido, con respecto al tratamiento T1 (70% masa de yuca-200°C-10 minutos).

**Cuadro N° 49: Prueba de DMS para el factor A (% masa de yuca)**

<b>Factores</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
A3	127	a
A2	118	b
A1	111	c

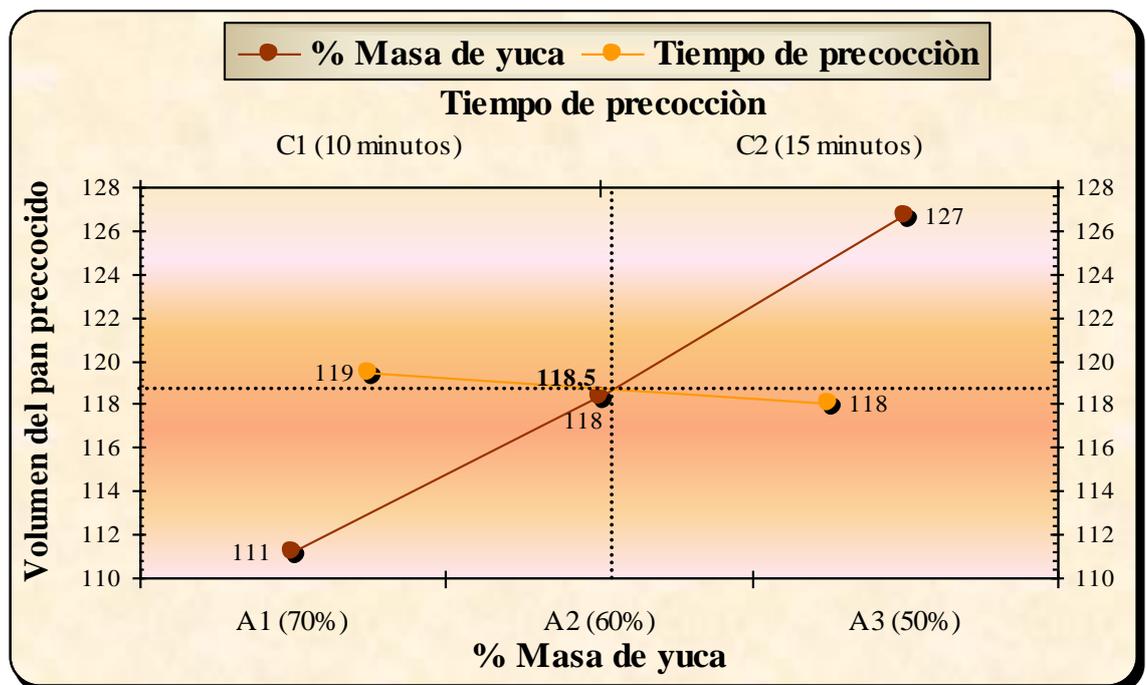
Analizando el factor A (% masa de yuca) se realizó la prueba de DMS encontrándose tres rangos, los cuales tienen un comportamiento diferente. Con el 50% de masa de yuca (A3) presenta un promedio más alto de volumen en el pan precocido; lo cual indica que a menor % de masa de yuca se tiene un incremento en el volumen del pan precocido.

**Cuadro N° 50: Prueba de DMS para el factor B (temperatura de precocción)**

Factores	Medias	Rangos
B2	122	a
B1	116	b

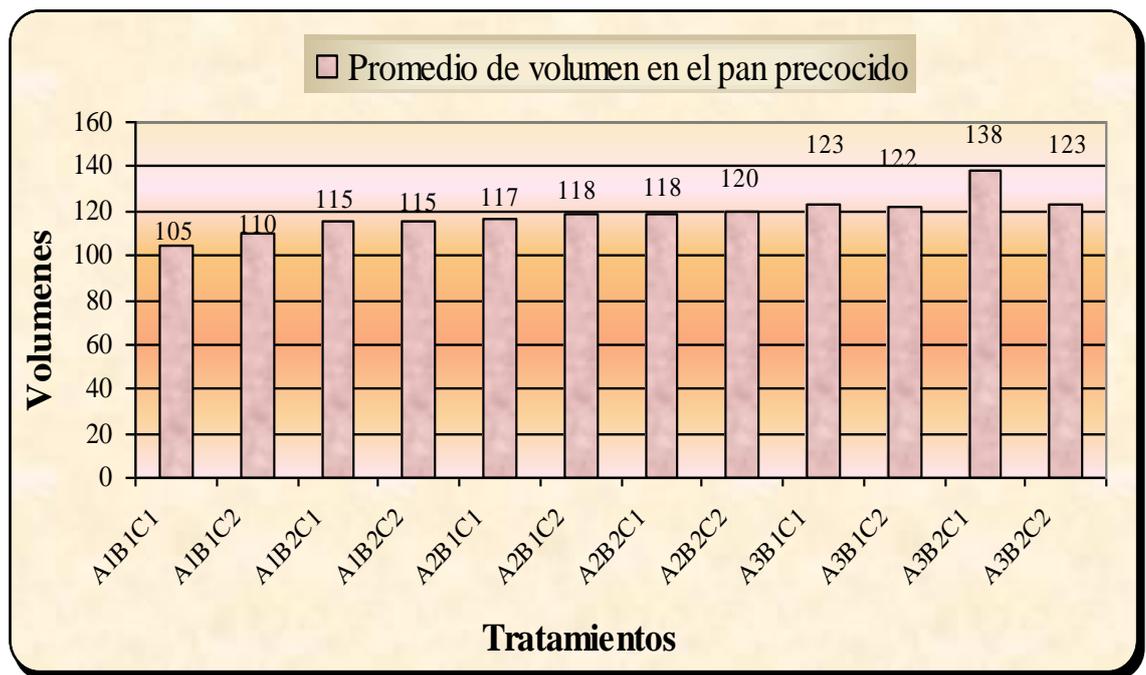
Analizando el factor B (temperatura de precocción) se realizó la prueba de DMS encontrándose dos rangos, los cuales tienen un comportamiento diferente. Al aplicar 220°C presenta un promedio más alto de volumen en el pan precocido, con respecto a 200°C; lo cual indica que a mayor temperatura se tiene un incremento en el volumen del pan precocido.

**Gráfica N° 22: Interacción de los factores: A (% masa de yuca) y C (tiempo de precocción) para la variable volumen del pan precocido**



La interacción, demuestra que existe una relación inversamente proporcional entre los porcentajes de masa de yuca y el volumen; al igual que los tiempos de precocción con respecto al volumen. Además se aprecia que con el 60% de masa de yuca y aplicando 15 minutos de precocción se puede conseguir un volumen óptimo de 118,5 ml en el pan precocido.

**Gráfica N° 23: Promedio de volúmenes en el pan precocido**



Al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar una diferencia de volúmenes, teniendo como mejor tratamiento T11 (50% masa de yuca-220°C-10 minutos); el mismo que representa a la mejor media de volumen en el pan precocido, con respecto al tratamiento T1 (70% masa de yuca-200°C-10 minutos).

#### 4.5 DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO EN PAN PRECOCIDO

Esta variable se midió una vez que se obtuvo el pan precocido, los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 51: Promedio de pesos específicos en el pan precocido**

Trat/Rept.	I	II	III	Suma	Media
A1B1C1	0,5400	0,5133	0,4909	1,5442	0,5147
A1B1C2	0,4864	0,4909	0,4909	1,4682	0,4894
A1B2C1	0,4900	0,4500	0,4678	1,4078	0,4693
A1B2C2	0,4670	0,4678	0,4652	1,4000	0,4667
A2B1C1	0,5400	0,4500	0,4146	1,4046	0,4682
A2B1C2	0,4533	0,4687	0,4483	1,3704	0,4568
A2B2C1	0,4696	0,4500	0,4500	1,3696	0,4565
A2B2C2	0,4500	0,4500	0,4508	1,3508	0,4503
A3B1C1	0,4185	0,4492	0,4500	1,3176	0,4392
A3B1C2	0,4517	0,4533	0,4344	1,3394	0,4465
A3B2C1	0,4000	0,3857	0,3864	1,1721	0,3907
A3B2C2	0,4517	0,4525	0,4162	1,3203	0,4401
<b>Suma</b>	<b>5,6180</b>	<b>5,4815</b>	<b>5,3656</b>	<b>16,4651</b>	<b>0,4574</b>

**Cuadro N° 52: Análisis de varianza**

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
<b>Total</b>	35	0,0424				
<b>Tratamientos</b>	11	0,0297	0,0027	5,0952 **	3,10	2,22
<b>Factor A (% masa de yuca)</b>	2	0,0188	0,0094	17,6864 **	5,61	3,40
<b>Factor B (temperatura de precocción)</b>	1	0,0050	0,0050	9,4082 **	7,82	4,26
<b>Factor C (tiempo de precocción)</b>	1	0,0000	0,0000	0,0573 NS	7,82	4,26
<b>I (AxB)</b>	2	0,0010	0,0005	0,9485 NS	5,61	3,40
<b>I (AxC)</b>	2	0,0032	0,0016	3,0151 NS	5,61	3,40
<b>I (BxC)</b>	1	0,0012	0,0012	2,3142 NS	7,82	4,26
<b>I (AxBxC)</b>	2	0,0005	0,0003	0,4836 NS	5,61	3,40
<b>Error Experimental.</b>	24	0,0127	0,0005			

CV= 5,03

Acorde con el análisis de varianza para los pesos específicos en el pan precocido, se detectó que existe alta significación estadística para tratamientos, para el factor A (% masa de yuca) y el factor B (temperatura de precocción); mientras que ninguna significación existente el factor C (tiempo de precocción) y para las interacciones AxB, AxC, BxC y AxBxC.

Luego de detectada la significación estadística se realizaron las pruebas correspondientes: Tukey para tratamientos y DMS para el factor AyB.

**Cuadro N° 53: Prueba de Tukey para tratamientos**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T11</b>	0,3907	a
<b>T9</b>	0,4392	a
<b>T12</b>	0,4401	a
<b>T10</b>	0,4465	a
<b>T8</b>	0,4503	a
<b>T7</b>	0,4565	a
<b>T6</b>	0,4568	a
<b>T4</b>	0,4667	a
<b>T5</b>	0,4682	b
<b>T3</b>	0,4693	c
<b>T2</b>	0,4894	d
<b>T1</b>	0,5147	e

Analizando los tratamientos se realizó la prueba de Tukey encontrándose cinco rangos diferentes, teniendo como mejor tratamiento T11 (50% masa de yuca-220°C-10 minutos); el mismo que representa a la mejor media de peso específico en el pan precocido, con respecto al tratamiento T1 (70% masa de yuca-200°C-10 minutos).

**Cuadro N° 54: Prueba de DMS para el factor A (% masa de yuca)**

<b>Factores</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
A3	0,4291	a
A2	0,4579	b
A1	0,4850	c

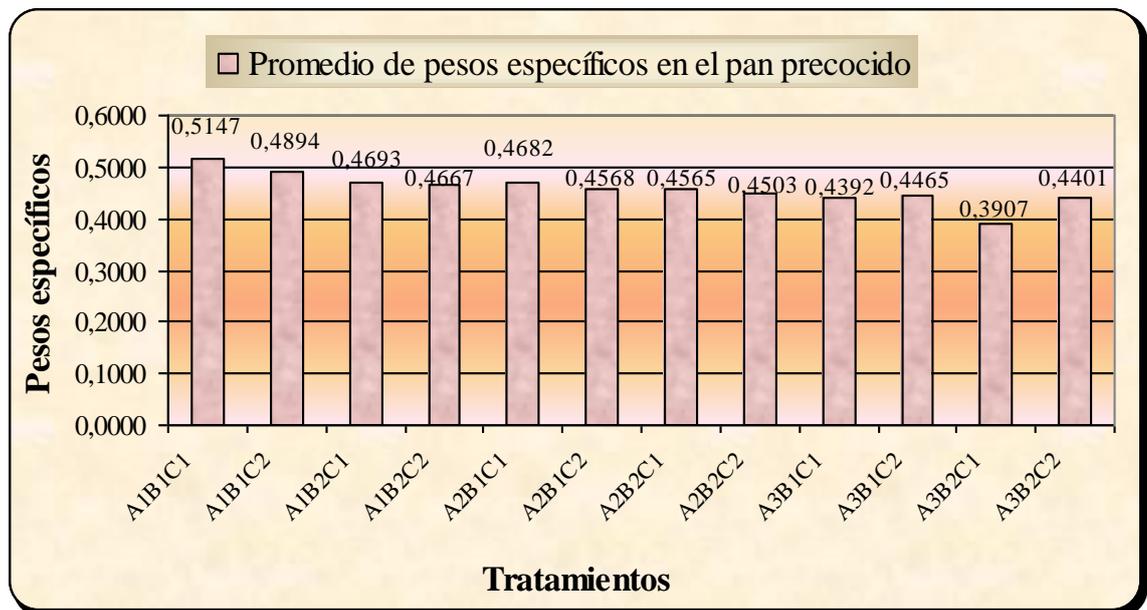
Analizando el factor A (% masa de yuca) se realizó la prueba de DMS encontrándose tres rangos, los cuales tienen un comportamiento diferente. Con el 50% de masa de yuca (A3) presenta un promedio más bajo de peso específico en el pan precocido, con respecto al 70% de masa de yuca (A1).

**Cuadro N° 55: Prueba de DMS para el factor B (temperatura de precocción)**

Factores	Medias	Rangos
B2	0,4456	a
B1	0,4691	b

Analizando el factor B (temperatura de precocción) se realizó la prueba de DMS encontrándose dos rangos, los cuales tienen un comportamiento diferente. Aplicando 220°C (B2) presenta un promedio más bajo de peso específico en el pan precocido, con respecto a 200°C (B1).

**Gráfica N° 24: Promedio de pesos específicos en el pan precocido**



Al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar una diferencia de pesos específicos, teniendo como mejor tratamiento T11 (50% masa de yuca-220°C-10 minutos); el mismo que representa a la mejor media de pesos específicos en el pan precocido, con respecto al tratamiento T1 (70% masa de yuca-200°C-10 minutos).

#### 4.6 DETERMINACIÓN DEL PESO EN EL PAN DE YUCA

Esta variable se midió una vez que se le realizó la segunda cocción al pan precocido, los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 56: Promedio de pesos en el pan de yuca**

Trat/Rept.	I	II	III	Suma	Media
A1B1C1	49,00	48,90	49,00	146,90	48,97
A1B1C2	48,50	49,00	49,00	146,50	48,83
A1B2C1	48,90	49,00	48,80	146,70	48,90
A1B2C2	48,70	48,80	48,50	146,00	48,67
A2B1C1	49,00	49,00	48,90	146,90	48,97
A2B1C2	49,40	48,90	48,80	147,10	49,03
A2B2C1	49,00	49,00	49,00	147,00	49,00
A2B2C2	49,00	49,00	49,10	147,10	49,03
A3B1C1	49,50	48,90	49,00	147,40	49,13
A3B1C2	49,20	49,40	49,30	147,90	49,30
A3B2C1	49,00	49,00	49,10	147,10	49,03
A3B2C2	49,20	49,30	49,20	147,70	49,23
<b>Suma</b>	<b>588,40</b>	<b>588,20</b>	<b>587,70</b>	<b>1764,30</b>	<b>49,01</b>

**Cuadro N° 57: Análisis de varianza**

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
<b>Total</b>	35	1,65				
<b>Tratamientos</b>	11	0,95	0,09	2,95 *	3,10	2,22
<b>Factor A (% masa de yuca)</b>	2	0,67	0,33	11,43 **	5,61	3,40
<b>Factor B (temperatura de precocción)</b>	1	0,03	0,03	1,15 NS	7,82	4,26
<b>Factor C (tiempo de precocción)</b>	1	0,00	0,00	0,09 NS	7,82	4,26
<b>I (Ax B)</b>	2	0,03	0,01	0,50 NS	5,61	3,40
<b>I (Ax C)</b>	2	0,21	0,10	3,54 *	5,61	3,40
<b>I (Bx C)</b>	1	0,00	0,00	0,09 NS	7,82	4,26
<b>I (Ax Bx C)</b>	2	0,01	0,00	0,11 NS	5,61	3,40
<b>Error experimental</b>	24	0,70	0,03			

CV= 0,35

Acorde con el análisis de varianza para los pesos en el pan de yuca, se detectó que existe alta significación estadística para el factor A (% masa de yuca); mientras que una significación al 5% para tratamientos y la interacción AxC y ninguna significación existente para el factor B (temperatura de precocción), factor C (tiempo de precocción) y para las interacciones AxB, BxC y AxBxC.

Luego de detectada la significación estadística se realizaron las pruebas correspondientes: Tukey para tratamientos, DMS para el factor A y gráfica para la interacción AxC.

**Cuadro N° 58: Prueba de Tukey para tratamientos**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T10</b>	49,30	a
<b>T12</b>	49,23	a
<b>T9</b>	49,13	a
<b>T11</b>	49,03	a
<b>T6</b>	49,03	a
<b>T8</b>	49,03	a
<b>T7</b>	49,00	a
<b>T5</b>	48,97	a
<b>T1</b>	48,97	a
<b>T3</b>	48,90	a
<b>T2</b>	48,83	a
<b>T4</b>	48,67	b

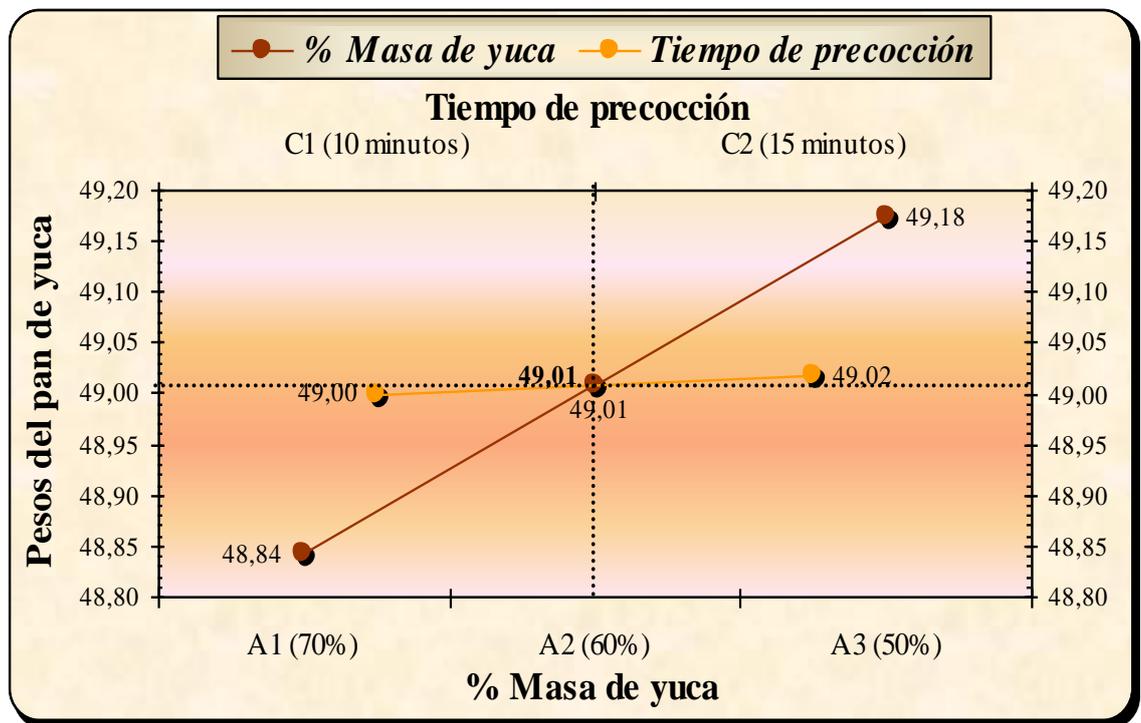
Analizando los tratamientos se realizó la prueba de Tukey encontrándose dos rangos diferentes, teniendo como mejor tratamiento T10 (50% masa de yuca-200°C-15 minutos); el mismo que representa a la mejor media de peso en el pan de yuca, con respecto al tratamiento T4 (70% masa de yuca-220°C-15 minutos).

**Cuadro N° 59: Prueba de DMS para factores**

<b>Factores</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
A3	49,18	a
A2	49,01	b
A1	48,84	c

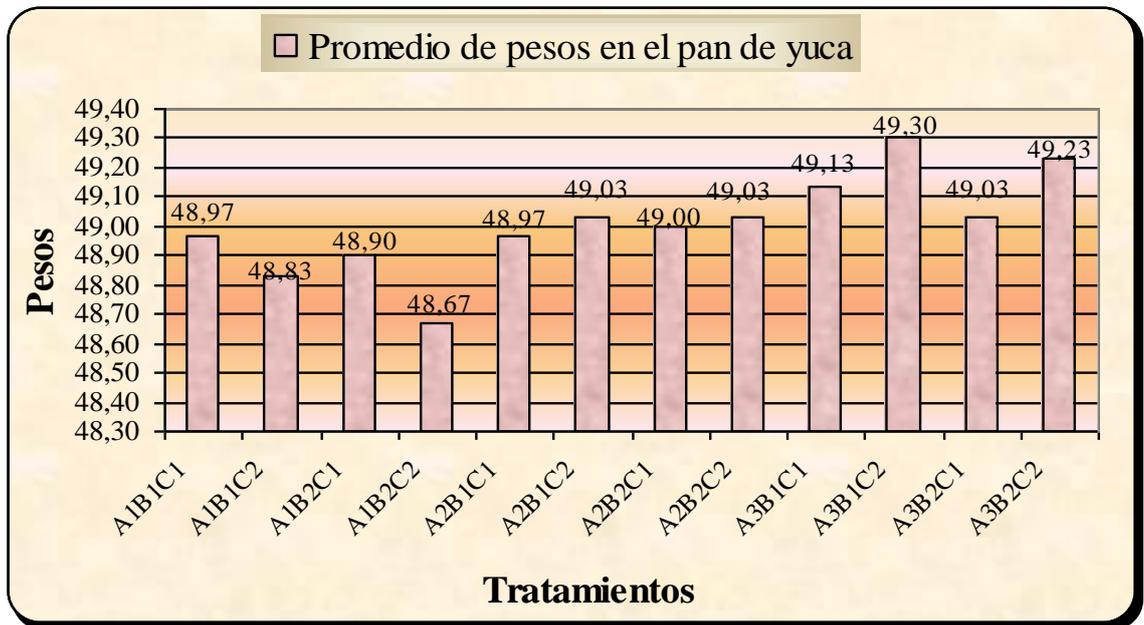
Analizando el factor A (% masa de yuca) se realizó la prueba de DMS encontrándose tres rangos, los cuales tienen un comportamiento diferente. Con el 50% de masa de yuca (A3) presenta un promedio más alto de peso en el pan de yuca; a pesar de no ser muy alta la diferencia de pesos entre los factores, indica que a menor % de masa de yuca se tiene un incremento en el peso del pan final.

**Gráfica N° 25: Interacción de los factores: A (% masa de yuca) y C (tiempo de precocción) para la variable peso del pan de yuca**



La interacción, demuestra que existe una relación inversamente proporcional entre los porcentajes de masa de yuca y el peso; y una relación directamente proporcional entre los tiempos de precocción y el peso. Además se aprecia que con el 60% de masa de yuca y aplicando 10 minutos de precocción se puede conseguir un peso óptimo de 49,01 g en el pan final.

**Gráfica N° 26: Promedio de pesos en el pan de yuca**



Al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar una diferencia de pesos, teniendo como mejor tratamiento T10 (50% masa de yuca-200°C-15 minutos); el mismo que representa a la mejor media de peso en el pan final, con respecto al tratamiento T4 (70% masa de yuca-220°C-15 minutos).

#### 4.7 DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN EN EL PAN DE YUCA

Esta variable se midió una vez que se obtuvo el producto final, los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 60: Promedio de volúmenes en el pan de yuca**

Trat/Rept.	I	II	III	Suma	Media
A1B1C1	105	107	115	327	109
A1B1C2	115	113	112	340	113
A1B2C1	120	120	118	358	119
A1B2C2	118	118	120	356	119
A2B1C1	105	125	132	362	121
A2B1C2	123	115	120	358	119
A2B2C1	118	123	122	363	121
A2B2C2	125	124	125	374	125
A3B1C1	135	125	125	385	128
A3B1C2	122	125	130	377	126
A3B2C1	137	144	143	424	141
A3B2C2	124	124	132	380	127
<b>Suma</b>	<b>1447</b>	<b>1463</b>	<b>1494</b>	<b>4404</b>	<b>122</b>

**Cuadro N° 61: Análisis de varianza**

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
<b>Total</b>	35	2858				
<b>Tratamientos</b>	11	2181	198	7,033 <sup>**</sup>	3,10	2,22
<b>Factor A (% masa de yuca)</b>	2	1441	721	25,558 <sup>**</sup>	5,61	3,40
<b>Factor B (temperatura de precocción)</b>	1	312	312	11,070 <sup>**</sup>	7,82	4,26
<b>Factor C (tiempo de precocción)</b>	1	32	32	1,139 <sup>NS</sup>	7,82	4,26
<b>I (Ax B)</b>	2	43	22	0,764 <sup>NS</sup>	5,61	3,40
<b>I (Ax C)</b>	2	207	104	3,678 <sup>*</sup>	5,61	3,40
<b>I (Bx C)</b>	1	36	36	1,277 <sup>NS</sup>	7,82	4,26
<b>I (Ax Bx C)</b>	2	110	55	1,942 <sup>NS</sup>	5,61	3,40
<b>Error experimental</b>	24	677	28			

CV= 4,34

Acorde con el análisis de varianza para el volumen en el pan final, se detectó que existe alta significación estadística para tratamientos, para el factor A (% masa de yuca) y el factor B (temperatura de precocción); mientras que para la interacción AxC se detectó significación estadística al 5% y ninguna significación existente para el factor C (tiempo de precocción) y para las interacciones AxB, BxC y AxBxC.

Luego de detectada la significación estadística se realizaron las pruebas correspondientes: Tukey para tratamientos, DMS para el factor AyB y gráfica para la interacción AxC.

**Cuadro N° 62: Prueba de Tukey para tratamientos**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T11</b>	141	a
<b>T9</b>	128	a
<b>T12</b>	127	a
<b>T10</b>	126	b
<b>T8</b>	125	c
<b>T7</b>	121	d
<b>T5</b>	121	e
<b>T6</b>	119	f
<b>T3</b>	119	g
<b>T4</b>	119	h
<b>T2</b>	113	i
<b>T1</b>	109	j

Analizando los tratamientos se realizó la prueba de Tukey encontrándose diez rangos diferentes, teniendo como mejor tratamiento T11 (50% masa de yuca-220°C-10 minutos); el mismo que representa a la mejor media de volumen en el pan final, con respecto al tratamiento T1 (70% masa de yuca-200°C-10 minutos).

**Cuadro N° 63: Prueba de DMS para el factor A (% masa de yuca)**

<b>Factores</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
A3	131	a
A2	121	b
A1	115	c

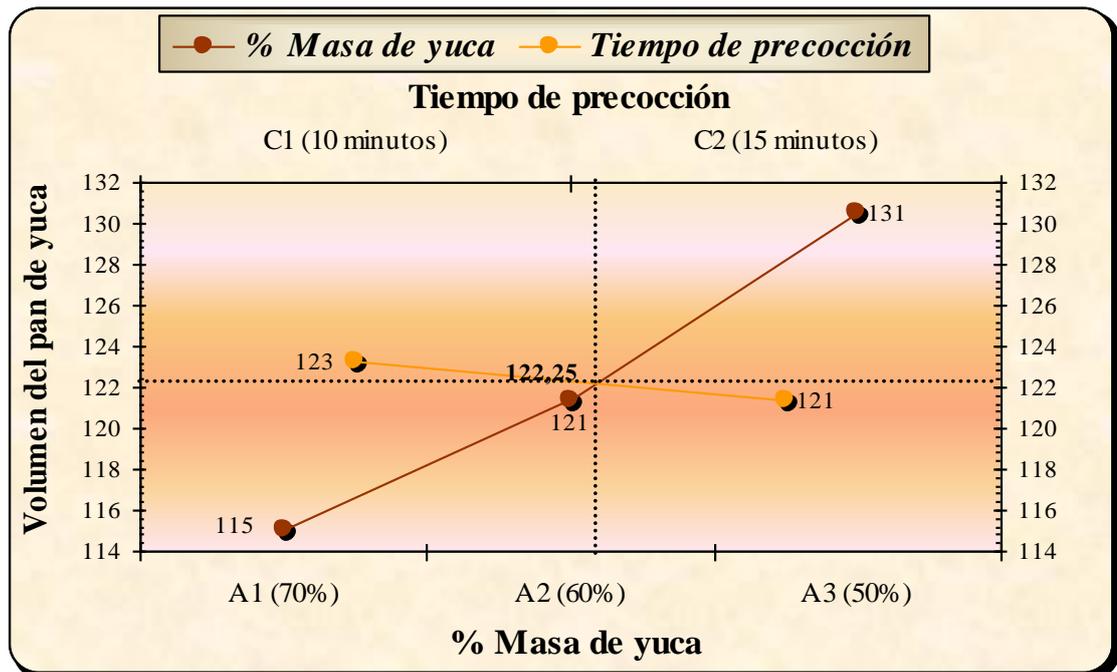
Analizando el factor A (% masa de yuca) se realizó la prueba de DMS encontrándose tres rangos, los cuales tienen un comportamiento diferente. Con el 50% de masa de yuca (A3) presenta un promedio más alto de volumen en el pan final; lo cual indica que a menor % de masa de yuca se tiene un incremento en el volumen del pan final, ya que porcentajes más altos impiden el desarrollo normal de la masa.

**Cuadro N° 64: Prueba de DMS para el factor B (temperatura de precocción)**

Factores	Medias	Rangos
B2	125	a
B1	119	b

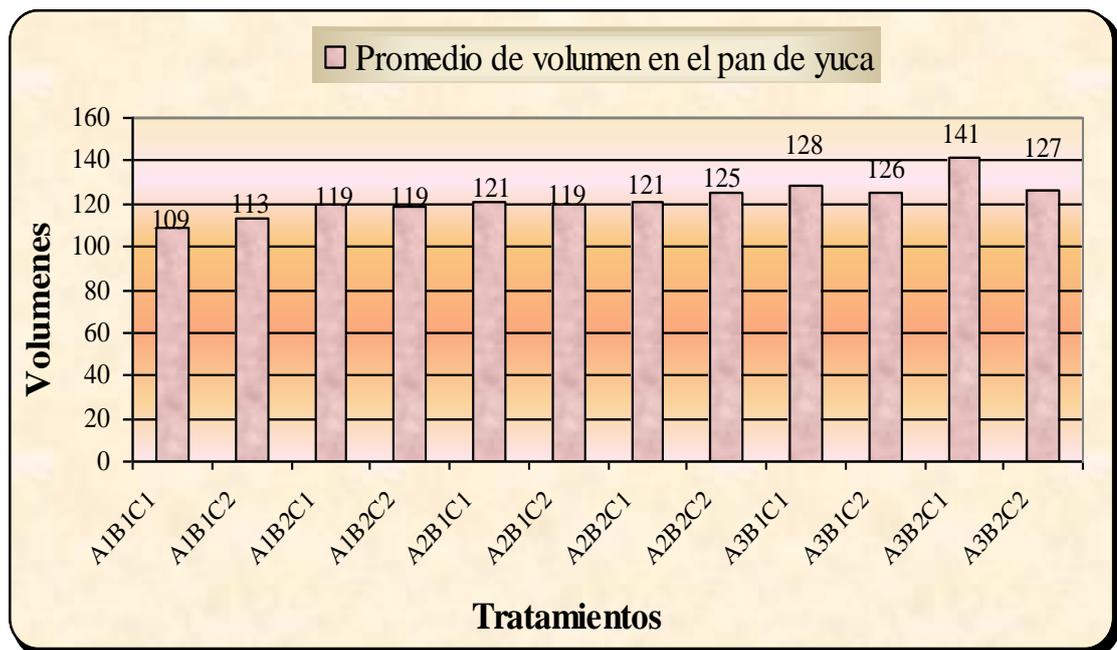
Analizando el factor B (temperatura de precocción) se realizó la prueba de DMS encontrándose dos rangos, los cuales tienen un comportamiento diferente. Al aplicar 220°C en la precocción y 235°C en la segunda cocción presenta un promedio más alto de volumen en el pan final, con respecto a 200°C; lo cual indica que a mayor temperatura se tiene un incremento en el volumen del pan final.

**Gráfica N° 27: Interacción de los factores: A (% masa de yuca) y C (tiempo de precocción) para la variable volumen del pan de yuca**



La interacción, demuestra que existe una relación inversamente proporcional entre los porcentajes de masa de yuca y el volumen; al igual que los tiempos de precocción con respecto al volumen. Además se aprecia que con el 60% de masa de yuca y aplicando 15 minutos de precocción se puede conseguir un volumen óptimo de 112,25 ml en el pan final.

**Gráfica N° 28: Promedio de volúmenes en el pan de yuca**



Al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar una diferencia de volúmenes, teniendo como mejor tratamiento T11 (50% masa de yuca-220°C-10 minutos); el mismo que representa a la mejor media de volumen en el pan final, con respecto al tratamiento T1 (70% masa de yuca-200°C-10 minutos).

#### 4.8 DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO EN EL PAN DE YUCA

Esta variable se midió una vez que se obtuvo el producto final, los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 65: Promedio de pesos específicos en el pan de yuca**

Trat/Rept.	I	II	III	Suma	Media
A1B1C1	0,4667	0,4570	0,4261	1,3498	0,4499
A1B1C2	0,4217	0,4336	0,4375	1,2929	0,4310
A1B2C1	0,4075	0,4083	0,4136	1,2294	0,4098
A1B2C2	0,4127	0,4136	0,4042	1,2304	0,4101
A2B1C1	0,4667	0,3920	0,3705	1,2291	0,4097
A2B1C2	0,4016	0,4252	0,4067	1,2335	0,4112
A2B2C1	0,4153	0,3984	0,4016	1,2153	0,4051
A2B2C2	0,3920	0,3952	0,3928	1,1800	0,3933
A3B1C1	0,3667	0,3912	0,3920	1,1499	0,3833
A3B1C2	0,4033	0,3952	0,3792	1,1777	0,3926
A3B2C1	0,3577	0,3403	0,3434	1,0413	0,3471
A3B2C2	0,3968	0,3976	0,3727	1,1671	0,3890
<b>Suma</b>	<b>4,9085</b>	<b>4,8475</b>	<b>4,7402</b>	<b>14,4963</b>	<b>0,4027</b>

**Cuadro N° 66: Análisis de varianza**

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
<b>Total</b>	35	0,0293				
<b>Tratamientos</b>	11	0,0213	0,0019	5,8379 <sup>**</sup>	3,10	2,22
<b>Factor A (% masa de yuca)</b>	2	0,0135	0,0067	20,2644 <sup>**</sup>	5,61	3,40
<b>Factor B (temperatura de precocción)</b>	1	0,0038	0,0038	11,4174 <sup>**</sup>	7,82	4,26
<b>Factor C (tiempo de precocción)</b>	1	0,0001	0,0001	0,3740 <sup>NS</sup>	7,82	4,26
<b>I (AxB)</b>	2	0,0006	0,0003	0,8386 <sup>NS</sup>	5,61	3,40
<b>I (AxC)</b>	2	0,0022	0,0011	3,2866 <sup>NS</sup>	5,61	3,40
<b>I (BxC)</b>	1	0,0004	0,0004	1,1295 <sup>NS</sup>	7,82	4,26
<b>I (AxBxC)</b>	2	0,0008	0,0004	1,2583 <sup>NS</sup>	5,61	3,40
<b>Error experimental</b>	24	0,0080	0,0003			

CV= 4,52

Acorde con el análisis de varianza para los pesos específicos en el pan final, se detectó que existe alta significación estadística para tratamientos, para el factor A (% masa de yuca) y el factor B (temperatura de precocción); mientras que ninguna significación existente el factor C (tiempo de precocción) y para las interacciones AxB, AxC, BxC y AxBxC.

Luego de detectada la significación estadística se realizaron las pruebas correspondientes: Tukey para tratamientos y DMS para el factor AyB.

**Cuadro N° 67: Prueba de Tukey para tratamientos**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
<b>T11</b>	0,3471	a
<b>T9</b>	0,3833	a
<b>T12</b>	0,3890	a
<b>T10</b>	0,3926	a
<b>T8</b>	0,3933	a
<b>T7</b>	0,4051	a
<b>T5</b>	0,4097	a
<b>T3</b>	0,4098	b
<b>T4</b>	0,4101	c
<b>T6</b>	0,4112	d
<b>T2</b>	0,4310	e
<b>T1</b>	0,4499	f

Analizando los tratamientos se realizó la prueba de Tukey encontrándose seis rangos diferentes, teniendo como mejor tratamiento T11 (50% masa de yuca-220°C-10 minutos); el mismo que representa a la mejor media de peso específico en el pan final, con respecto al tratamiento T1 (70% masa de yuca-200°C-10 minutos).

**Cuadro N° 68: Prueba de DMS para el factor A (% masa de yuca)**

<b>Factores</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
A3	0,3780	a
A2	0,4048	b
A1	0,4252	c

Analizando el factor A (% masa de yuca) se realizó la prueba de DMS encontrándose tres rangos, los cuales tienen un comportamiento diferente. Con el 50% de masa de yuca (A3) presenta un promedio más bajo de peso específico en el pan final, con respecto al 70% de masa de yuca (A1).

**Cuadro N° 69: Prueba de DMS para el factor B (temperatura de precocción)**

Factores	Medias	Rangos
B2	0,3924	a
B1	0,4129	b

Analizando el factor B (temperatura de precocción) se realizó la prueba de DMS encontrándose dos rangos, los cuales tienen un comportamiento diferente. Al aplicar 220°C en la precocción y 235°C en la segunda cocción presenta un promedio más bajo de peso específico en el pan final, con respecto a 200°C; lo cual indica que a mayor temperatura se tiene una disminución del peso específico en el pan final.

**Gráfica N° 29: Promedio de pesos específicos en el pan de yuca**



Al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar una diferencia de pesos específicos, teniendo como mejor tratamiento T11 (50% masa de yuca-220°C-10 minutos); el mismo que representa a la mejor media de pesos específicos en el pan final, con respecto al tratamiento T1 (70% masa de yuca-200°C-10 minutos).

## 4.9 ANÁLISIS ORGANOLÉPTICOS

### 4.9.1 Apreciación del color

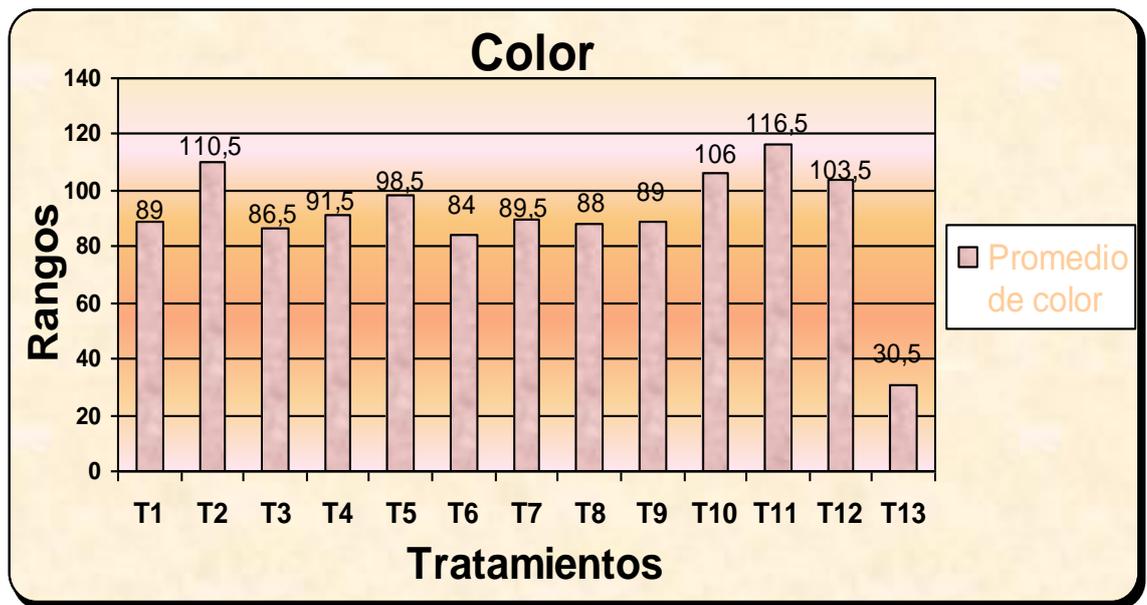
**Cuadro N° 70: Rangos obtenidos a partir de doce tratamientos, más un testigo**

Panelistas	Muestras													Suma
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	T	
<b>P1</b>	11	6	6	2,5	11	2,5	6	6	11	6	11	11	1	91
<b>P2</b>	3,5	7,5	3,5	7,5	11,5	11,5	3,5	11,5	7,5	7,5	11,5	3,5	1	91
<b>P3</b>	12	12	12	9	4	4	4	4	4	9	4	9	4	91
<b>P4</b>	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	1	91
<b>P5</b>	6,5	11,5	6,5	2	2	2	11,5	6,5	6,5	6,5	11,5	11,5	6,5	91
<b>P6</b>	4,5	10,5	4,5	10,5	10,5	4,5	4,5	4,5	4,5	10,5	10,5	10,5	1	91
<b>P7</b>	6	12	6	6	12	6	6	6	6	6	6	12	1	91
<b>P8</b>	8	8	8	8	8	1,5	8	1,5	8	8	8	8	8	91
<b>P9</b>	4	10	10	4	10	10	10	10	4	4	10	4	1	91
<b>P10</b>	10,5	6	3	10,5	3	10,5	3	6	10,5	10,5	6	10,5	1	91
<b>P11</b>	3	9,5	9,5	3	3	3	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	3	91
<b>P12</b>	10	4	4	10	10	10	10	4	4	10	10	4	1	91
<b>P13</b>	2,5	6	6	11	6	11	6	11	6	11	11	2,5	1	91
<b>Suma</b>	89	110,5	86,5	91,5	98,5	84	89,5	88	89	106	116,5	103,5	30,5	1183

Valor tabular		Valor calculado
<b>0.05</b>	<b>0.01</b>	<b>26,46</b> **
<b>26,2</b>	<b>21,0</b>	

Luego de establecer los rangos del puntaje otorgado por trece panelistas para doce tratamientos más un testigo, se observó que existe una alta significación, lo cual indica que estadísticamente las 12 muestras junto con el testigo son diferentes, lo que quiere decir que los tratamientos junto con el testigo tuvieron una aceptabilidad variada por cada panelista.

**Gráfica N° 30: Promedio de color**



Al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar que el T11 (50% masa de yuca- 220°C-10 minutos), tuvo mayor aceptabilidad con un rango de 116 lo que significa que tiene un color entre dorado a ligeramente moreno. Mientras que el testigo (T13) fue el que menos aceptabilidad tuvo por parte de los panelistas.

#### 4.9.2 Apreciación del aroma

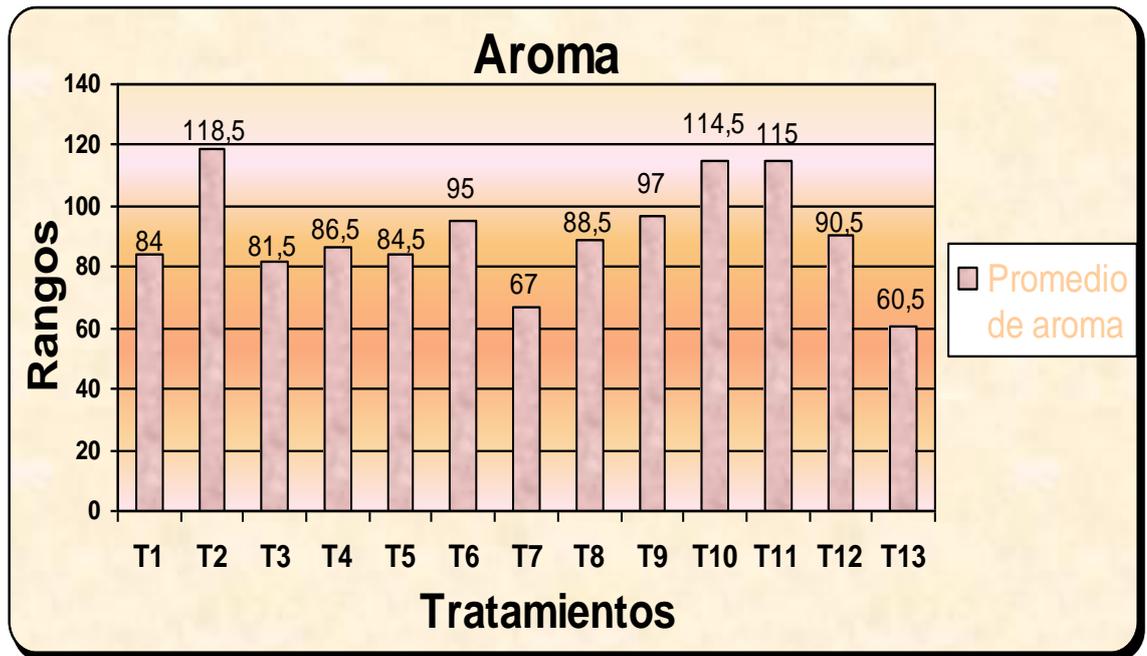
**Cuadro N° 71: Rangos obtenidos a partir de doce tratamientos, más un testigo**

Panelistas	Muestras													Suma
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	T	
<b>P1</b>	1	7	3	7	3	3	7	7	11,5	7	11,5	11,5	11,5	91
<b>P2</b>	2,5	7,5	7,5	2,5	12	12	2,5	7,5	7,5	7,5	7,5	12	2,5	91
<b>P3</b>	11,5	11,5	11,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	2	11,5	6,5	2	2	91
<b>P4</b>	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	1	91
<b>P5</b>	3	9	9	13	3	9	9	3	3	9	9	3	9	91
<b>P6</b>	7	7	7	7	13	7	1	7	7	7	7	7	7	91
<b>P7</b>	2	11,5	6,5	6,5	11,5	6,5	2	6,5	11,5	11,5	6,5	6,5	2	91
<b>P8</b>	10,5	10,5	1,5	10,5	1,5	10,5	5	10,5	5	5	10,5	5	5	91
<b>P9</b>	7	7	7	7	7	7	7	7	13	7	7	7	1	91
<b>P10</b>	11,5	11,5	4	8,5	4	4	4	4	8,5	11,5	11,5	4	4	91
<b>P11</b>	5	5	11,5	5	5	11,5	5	11,5	5	5	11,5	5	5	91
<b>P12</b>	7,5	12	2,5	2,5	7,5	7,5	7,5	2,5	7,5	12	7,5	12	2,5	91
<b>P13</b>	8	11,5	3	3	3	3	3	8	8	13	11,5	8	8	91
<b>Suma</b>	84	118,5	81,5	86,5	84,5	95	67	88,5	97	114,5	115	90,5	60,5	1183

Valor tabular		Valor calculado
<b>0.05</b>	<b>0.01</b>	<b>18,52<sup>NS</sup></b>
<b>26,2</b>	<b>21,0</b>	

Luego de establecer los rangos del puntaje otorgado por trece panelistas para doce tratamientos más un testigo, se observó que no existe diferencias significativas, lo cual indica que estadísticamente las 12 muestras junto con el testigo son iguales, lo que quiere decir que todos tuvieron la misma aceptabilidad.

**Gráfica N° 31: Promedio de aroma**



Al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar que el T2 (70% masa de yuca- 200°C-15 minutos), tuvo mayor aceptabilidad con un rango de 118,5; seguido del T11 (50% masa de yuca-220°C-10 minutos), lo que significa que tienen el olor característico de un producto fresco. Mientras que el testigo (T13) fue el que menos aceptabilidad tuvo por parte de los panelistas.

### 4.9.3 Apreciación del sabor

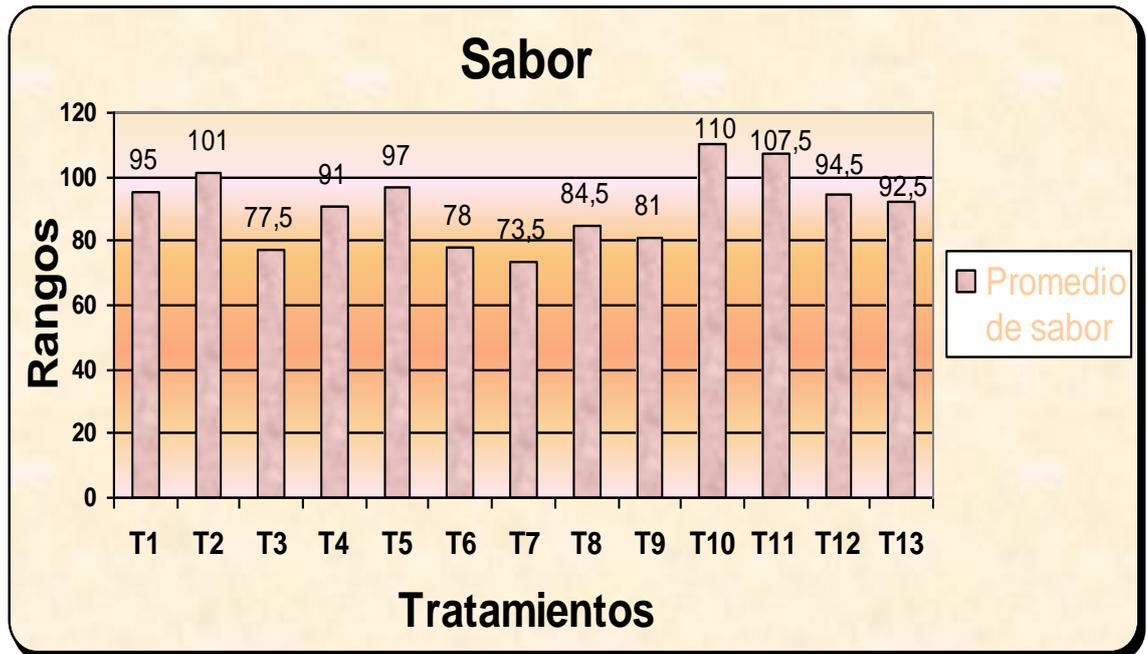
**Cuadro N° 72: Rangos obtenidos a partir de doce tratamientos, más un testigo**

Panelistas	Muestras													Suma
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	T	
<b>P1</b>	8	8	3	11,5	3	3	8	11,5	8	3	8	3	13	91
<b>P2</b>	3,5	9	9	9	13	9	3,5	9	3,5	9	9	3,5	1	91
<b>P3</b>	10	10	13	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	10	10	10	1	91
<b>P4</b>	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	91
<b>P5</b>	9	9	3	3	3	9	9	3	3	13	9	9	9	91
<b>P6</b>	7	7	1,5	1,5	12,5	7	7	7	12,5	7	7	7	7	91
<b>P7</b>	4,5	10	10	10	10	4,5	1,5	4,5	10	10	4,5	10	1,5	91
<b>P8</b>	11,5	6	6	11,5	11,5	1,5	6	6	1,5	6	6	6	11,5	91
<b>P9</b>	8,5	12,5	8,5	3	8,5	8,5	3	3	8,5	12,5	8,5	3	3	91
<b>P10</b>	9	9	3	9	3	3	3	9	3	9	9	9	13	91
<b>P11</b>	5	5	5	5	5	5	5	11,5	5	11,5	11,5	5	11,5	91
<b>P12</b>	7	3,5	3,5	11	11	11	11	3,5	3,5	7	7	11	1	91
<b>P13</b>	5	5	5	5	5	5	5	5	11	5	11	11	13	91
<b>Suma</b>	95	101	77,5	91	97	78	73,5	84,5	81	110	107,5	94,5	92,5	1183

Valor tabular		Valor calculado
<b>0.05</b>	<b>0.01</b>	<b>8,11<sup>NS</sup></b>
<b>26,2</b>	<b>21,0</b>	

Luego de establecer los rangos del puntaje otorgado por trece panelistas para doce tratamientos más un testigo, se observó que no existen diferencias significativas, lo cual indica que estadísticamente las 12 muestras junto con el testigo son iguales, lo que quiere decir que todos tuvieron la misma aceptabilidad.

**Gráfica N° 32: Promedio de sabor**



Al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar que el T10 (50% masa de yuca- 200°C-15 minutos), tuvo mayor aceptabilidad con un rango de 110 lo que significa que tiene el sabor característico de un producto fresco. Mientras que el T7 (60% masa de yuca- 220°C-10 minutos), fue el que menos aceptabilidad tuvo por parte de los panelistas.

#### 4.9.4 Apreciación de la corteza

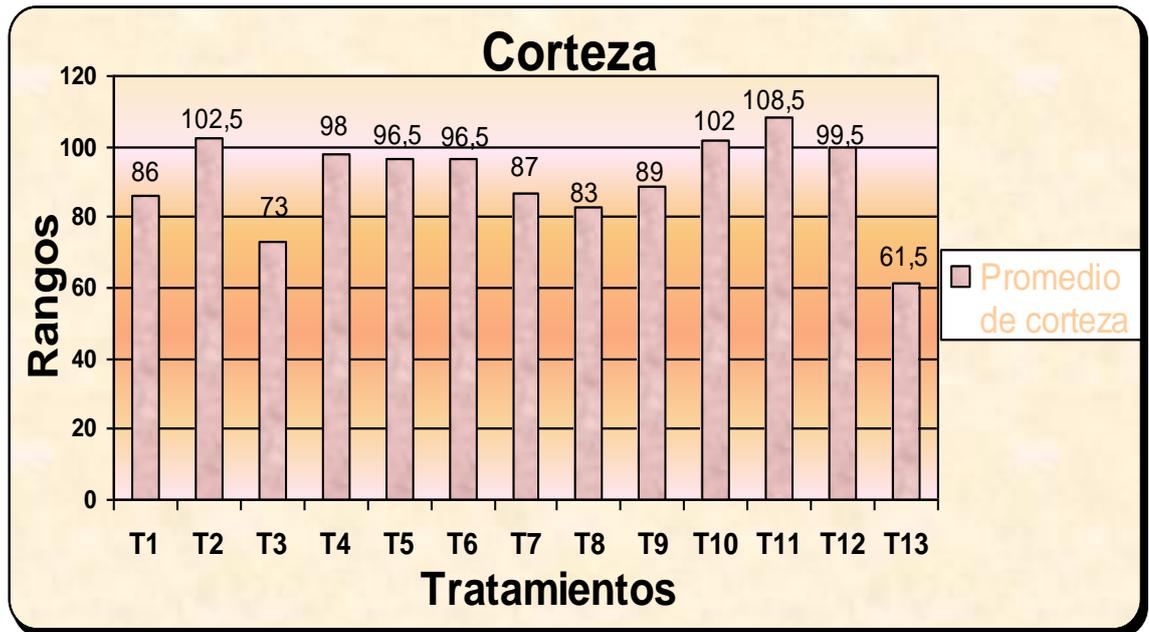
**Cuadro N° 73: Rangos obtenidos a partir de doce tratamientos, más un testigo**

Panelistas	Muestras													Suma
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	T	
<b>P1</b>	3	12,5	3	9	3	6	9	3	12,5	3	9	9	9	91
<b>P2</b>	7	7	7	2	12	7	2	7	2	12	7	7	12	91
<b>P3</b>	4,5	13	10	10	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	10	10	10	1	91
<b>P4</b>	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	1	91
<b>P5</b>	4	9,5	4	12,5	4	12,5	4	4	4	4	9,5	9,5	9,5	91
<b>P6</b>	6,5	12,5	6,5	6,5	12,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	1	91
<b>P7</b>	6	6	6	12	12	6	6	6	12	6	6	6	1	91
<b>P8</b>	10	3,5	3,5	10	3,5	3,5	10	3,5	3,5	10	10	10	10	91
<b>P9</b>	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	1	91
<b>P10</b>	7	7	7	12,5	7	7	1,5	7	7	7	7	12,5	1,5	91
<b>P11</b>	4	4	4	1,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	1,5	9,5	91
<b>P12</b>	10,5	4	4	4	10,5	10,5	10,5	4	4	10,5	10,5	4	4	91
<b>P13</b>	8,5	8,5	3	3	3	8,5	8,5	13	8,5	8,5	8,5	8,5	1	91
<b>Suma</b>	86	102,5	73	98	96,5	96,5	87	83	89	102	108,5	99,5	61,5	1183

Valor tabular		Valor calculado
<b>0.05</b>	<b>0.01</b>	<b>10,37<sup>NS</sup></b>
<b>26,2</b>	<b>21,0</b>	

Luego de establecer los rangos del puntaje otorgado por trece panelistas para doce tratamientos más un testigo, se observó que no existe diferencias significativas, lo cual indica que estadísticamente las 12 muestras junto con el testigo son iguales, lo que quiere decir que todos tuvieron la misma aceptabilidad.

**Gráfica N° 33: Promedio de corteza**



Al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar que el T11 (50% masa de yuca- 220°C-10 minutos), tuvo mayor aceptabilidad con un rango de 108,5 lo que significa que tiene una corteza uniforme sin quemaduras ni hollín. Mientras que el Testigo (T13), fue el que menos aceptabilidad tuvo por parte de los panelistas.

#### 4.9.5 Apreciación de la miga

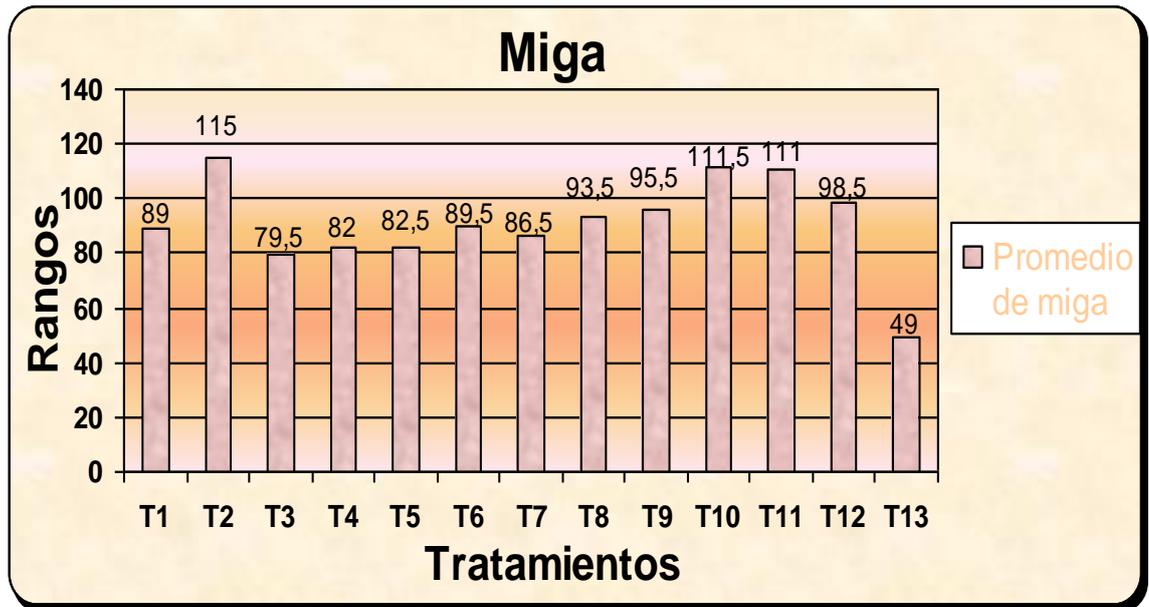
**Cuadro N° 74: Rangos obtenidos a partir de doce tratamientos, más un testigo**

Panelistas	Muestras													Suma
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	T	
<b>P1</b>	6	11	6	6	11	6	6	11	11	2	11	2	2	91
<b>P2</b>	3,5	8,5	3,5	3,5	8,5	8,5	3,5	12,5	8,5	12,5	8,5	8,5	1	91
<b>P3</b>	5	10,5	13	5	5	5	5	5	10,5	5	10,5	10,5	1	91
<b>P4</b>	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	1	91
<b>P5</b>	3	13	3	9	3	9	9	3	3	9	9	9	9	91
<b>P6</b>	9	9	3	9	3	3	9	9	3	13	9	3	9	91
<b>P7</b>	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	12	1,5	12	12	6,5	6,5	1,5	91
<b>P8</b>	4,5	11	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	11	11	4,5	11	11	91
<b>P9</b>	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	1	91
<b>P10</b>	12,5	12,5	2	8	8	8	3,5	8	3,5	8	8	8	1	91
<b>P11</b>	9,5	3,5	3,5	1	3,5	9,5	9,5	9,5	3,5	9,5	9,5	9,5	9,5	91
<b>P12</b>	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	13	1	91
<b>P13</b>	7,5	7,5	12,5	7,5	7,5	7,5	2,5	7,5	7,5	7,5	12,5	2,5	1	91
<b>Suma</b>	89	115	79,5	82	82,5	89,5	86,5	93,5	95,5	111,5	111	98,5	49	1183

Valor tabular		Valor calculado
<b>0.05</b>	<b>0.01</b>	<b>18,03<sup>NS</sup></b>
<b>26,2</b>	<b>21,0</b>	

Luego de establecer los rangos del puntaje otorgado por trece panelistas para doce tratamientos más un testigo, se observó que no existe diferencias significativas, lo cual indica que estadísticamente las 12 muestras junto con el testigo son iguales, lo que quiere decir que todos tuvieron la misma aceptabilidad.

**Gráfica N° 34: Promedio de miga**



Al graficar las medias de los tratamientos se observó que el T2 (70% masa de yuca- 200°C-15 minutos), tuvo mayor aceptabilidad con un rango de 115, seguido del T10 (50% masa de yuca-200°C-15 minutos), lo que significa que tienen una miga uniforme, con poros de diámetro pequeño y no pegajosa. Mientras que el Testigo (T13), fue el que menos aceptabilidad tuvo por parte de los panelistas.

#### 4.10 DETERMINACIÓN DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS.

**Cuadro N° 75: Análisis físico-químico y microbiológico en el pan precocido**

Parámetro determinado	Unidad	Muestra	
		T10R1	T11R2
Contenido acuoso	%	45.59	42.61
Extracto etéreo	%	16.20	13.98
Proteína	%	7.65	7.87
Cenizas	%	1.93	1.69
Azúcares reductores libres	%	11.24	10.84
Fibra	%	1.09	1.11
Carbohidratos totales	%	28.63	33.85
Calorías	cal/100 g	296.17	298.27
Recuento estándar en placa	UFC/g	8	12
Recuento mohos	UFC/g	6	3
Recuento levaduras	UFC/g	8	9

**Fuente:** Laboratorio de uso múltiple – FICAYA

En dicho análisis para el pan precocido se puede observar que no existe una diferencia significativa entre los análisis evaluados tanto para el T10R1 (50% masa de yuca + 200°C + 15 minutos), como para el T11R2 (50% masa de yuca + 220°C + 10 minutos); sin embargo presentan un porcentaje considerable de proteína, constituyéndose en un producto de alto valor proteínico.

A pesar que existe presencia de microorganismos, estos se encuentran dentro de los parámetros establecidos; la presencia de levaduras se debe a que la temperatura aplicada no penetra completamente hacia el centro de la masa.

**Cuadro N° 76: Análisis físico-químico y microbiológico en el pan final**

Parámetro determinado	Unidad	Muestra	
		T10R1	T11R2
Contenido acuoso	%	34.67	28.77
Extracto etéreo	%	18.17	19.34
Proteína	%	8.83	9.95
Cenizas	%	2.61	2.42
Azúcares reductores libres	%	10.74	9.61
Fibra	%	0.90	0.99
Carbohidratos totales	%	35.72	39.52
Calorías	Kcal/100 g	348.00	378.82
Recuento estándar en placa	UFC/g	3	0
Recuento mohos	UFC/g	3	1
Recuento levaduras	UFC/g	1	0

**Fuente:** Laboratorio de uso múltiple – FICAYA

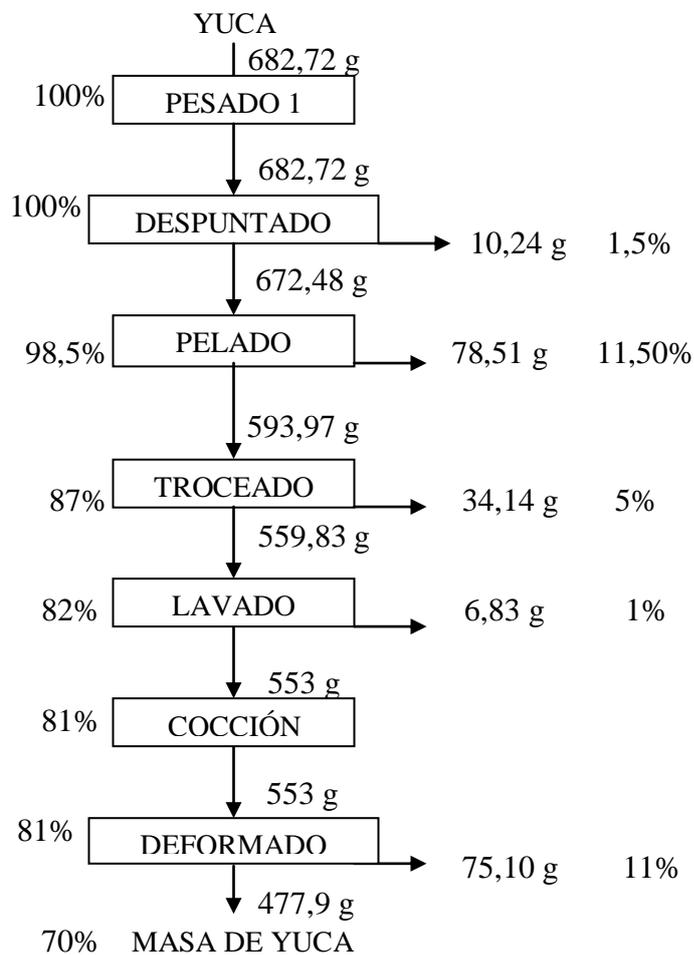
De igual manera en dicho análisis para el pan final se determinó que no existe una diferencia significativa entre los análisis evaluados tanto para el T10R1 (50% masa de yuca - 200°C - 15 minutos), como para el T11R2 (50% masa de yuca - 220°C - 10 minutos); así mismo presentan un porcentaje considerable de proteína, constituyéndose en un producto de alto valor proteínico.

A diferencia del pan precocido se puede observar que en el pan final la presencia de microorganismos es nula o mínima en algunos casos, pero se considera despreciable ya que se encuentra dentro de los parámetros según la norma INEN 1529.

#### 4.11 RENDIMIENTO

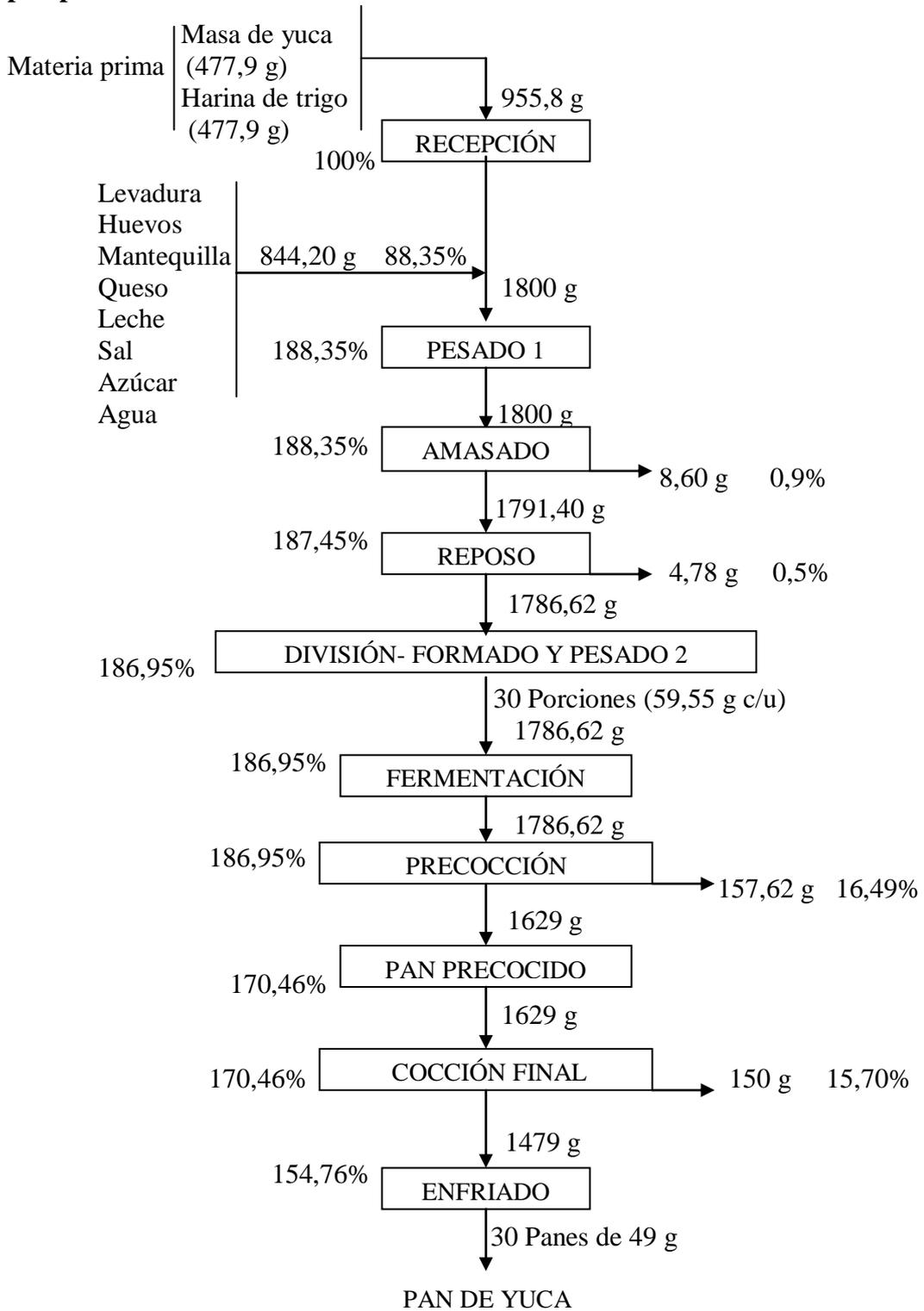
El resultado de rendimiento se lo expresará a través del balance de materiales, para lo cual se procedió a pesar el producto en cada uno de los procesos a los cuales se sometió el mismo. A continuación se presentan los balances de materiales tanto para la obtención de la masa como para la elaboración del pan precocido de yuca.

**Figura 5: Flujograma de proceso para la determinación del rendimiento en la masa de yuca**



En la figura 5, se determinó que las mayores pérdidas se encuentran en la operación de pelado con un 11,50% y en el deformado con el 11%; ya que todavía existen restos de venas, así como también trozos de yuca que no pueden ser deformados y son retirados para evitar una mala presentación del producto final.

**Figura 6: Flujograma de proceso para la determinación del rendimiento en el pan precocido**



Los porcentajes están realizados de acuerdo a la fórmula panadera, en la cual se trabaja por separado los porcentajes de harinas y los porcentajes de los insumos.

La figura 6, presenta el balance de materiales para el tratamiento T10 (50% masa yuca + 200°C + 15 minutos). La misma indica que: para obtener 1479 g de pan de yuca que corresponde a 30 panes de 49 g c/u, se partió de una mezcla de 477,9 g de masa de yuca, más 477,9 g de harina de trigo, lo que da un subtotal de 955,80 g de mezcla; a dicha mezcla se agregó 884, 20 g que corresponde a los insumos, para llegar a obtener un total de 1800 g los cuales van a entrar al proceso.

En el proceso de amasado, se observa una mínima pérdida de 8,60 g (0,9%), que corresponde a resto de masa que se queda adherida en los brazos de la amasadora; en el reposo existe de igual manera una mínima pérdida de 4,78 g (0,5%), que corresponde a pérdida de humedad en la masa.

Las mayores pérdidas se dan en el proceso de precocción y cocción final, es así que en la precocción existe una pérdida de 157,62 g (16,49%); mientras que en la cocción final existe una pérdida de 150 g (15,70%).

Finalmente con respecto al rendimiento se tiene que:

Si 1800 g masa	→	100%
1479 g pan	→	82, 17%

Lo cual indica que para elaborar el pan de yuca existe un 82,17% de rendimiento con respecto a la masa inicial y el 17,83% corresponde a pérdidas casi totalmente por evaporación del agua.

#### 4.12 COSTOS DE PRODUCCIÓN

Para determinar los costos de producción del “Pan Precocido de Yuca” se procedió a calcular el total del costo experimental para el tratamiento T10, mismo que es igual para los cuatro últimos tratamientos de la investigación, en el siguiente cuadro se aprecia los costos de las materias primas e insumos utilizados en el proceso.

**Cuadro N° 77: Costos de producción del pan precocido a nivel experimental en laboratorio**

Materias primas e insumos	Costo experimental	
	g	USD
Yuca	682,72	0,23
Harina de trigo	477,9	0,24
Levadura	14,04	0,04
Huevos	140,22	0,16
Queso	175,14	0,44
Mantequilla	159,30	0,21
Leche	175,14	0,11
Sal	3,60	0,003
Azúcar	0,60	0,001
<b>Costos directos</b>	.....	1,42
<b>Costos indirectos</b>	.....	3,00
<b>Total</b>	.....	4,43

En consecuencia como resultado se tiene que para el tratamiento T10 con sus respectivas repeticiones, obtenemos 30 panes, los cuales tendrán un costo de venta equivalente a USD 0,15 por cada unidad de aproximadamente 49 gramos.

# Capítulo V

## 5 CONCLUSIONES

Luego de haber realizado el análisis e interpretación de los resultados en esta investigación, se obtienen las siguientes conclusiones:

- ✓ El desarrollo de esta investigación permitió demostrar que si es posible la elaboración de “Pan precocido de yuca” a base de masa de yuca y harina de trigo.
- ✓ Se comprueba que la hipótesis alternativa, planteada en el proyecto de esta investigación pasa a ser evidente, por cuanto la mezcla de masa de yuca con harina de trigo influyen en la elaboración del pan precocido; mientras que las temperaturas y tiempos de precocción influyen en cierto proceso de la elaboración del pan precocido, que da lugar a la obtención de un producto de buena calidad nutricional.
- ✓ En lo que concierne al porcentaje adecuado de masa de yuca que debe ir en la mezcla se determinó que con el 50% se obtiene mejores resultados, ya que porcentajes más altos de masa de yuca impiden el desarrollo de las masas de pan, dichos porcentajes altos pueden incurrir, a obtener una masa tenaz; contrario a lo que se desea que es una masa elástica. De igual manera va a influir en el peso y volumen final.

- ✓ Con respecto a la temperatura y tiempo óptimo de precocción, es complicado determinar una temperatura y tiempo exacto para dicho proceso ya que esto depende de ciertos factores, los mismos que se encuentran en constantes variaciones, sin embargo de acuerdo a resultados obtenidos se determinó que lo más indicado es trabajar a una temperatura de 220°C por 10 minutos.
- ✓ En la variable acidez, a pesar que los tratamientos mantuvieron una similar producción de  $H_2CO_3$ , se observó que estadísticamente los tratamientos T9, T10, T11 y T12 (50% masa de yuca) produjeron una mayor cantidad de  $H_2CO_3$ ; siendo el mejor el T10 ya que se mantuvo constante con una mayor producción de  $H_2CO_3$ , en la mayoría de los tiempos de fermentación de la masa.
- ✓ En la variable de  $CO_2$ , de igual manera los tratamientos mantuvieron una similar producción de  $CO_2$ , pero estadísticamente se observó que los tratamientos T9, T10, T11 y T12 (50% masa de yuca) produjeron una mayor cantidad de  $CO_2$ ; siendo el mejor tratamiento el T9, ya que se mantuvo constante con una mayor producción de  $CO_2$  con respecto a los demás tratamientos en la mayoría de los tiempos durante el proceso de fermentación de la masa.
- ✓ Los tratamientos T10 y T12 obtuvieron valores de peso más altos, tanto en el pan precocado como en el pan final, los mismos que corresponden al 50% de masa de yuca, con una precocción de 200°C y 220°C respectivamente y un tiempo de 15 minutos.
- ✓ En la variable de volumen, para el pan precocado se pudo determinar que los mejores tratamientos fueron el T11, T12 con el 50% de masa de yuca, 220°C durante 10 y 15 minutos respectivamente; mientras que para el pan final los mejores tratamientos fueron T11 y T9 que corresponden al 50% de masa de yuca con una temperatura de 200°C y 220°C respectivamente y un tiempo de 10 minutos.

- ✓ En la variable peso específico, tanto para el pan precocido como para el pan final se observó que los mejores tratamientos fueron el T11 y T9 que corresponden al 50% de masa de yuca, con una temperatura de 200°C y 220°C y un tiempo de 10 minutos.
- ✓ Analizando estadísticamente cada una de las características organolépticas, se concluye que únicamente la característica de color presenta significancia entre los panelistas, lo que no ocurre con el aroma, sabor, corteza y miga.
- ✓ De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis organoléptico, dentro del cual se evaluaron: color, aroma, sabor, corteza y miga; se determinó que el tratamiento T11 exhibe un color dorado a ligeramente moreno, al igual que una corteza uniforme sin quemaduras ni hollín; por otra parte el T2 presenta un olor característico y una miga con poros de tamaño uniforme; mientras que el tratamiento T10 presenta un sabor característico al de un producto fresco recién cocido.
- ✓ En lo que respecta a la calidad nutricional del pan precocido y del pan final, se determinó que los dos tratamientos analizados en esta investigación: T10 y T11 contienen un porcentaje considerable de proteína, constituyéndose un producto de alto valor proteínico, lo que conlleva a discernir que al incorporar tanto la harina de trigo como el resto de insumos en la masa de yuca, estos a más de mejorar la masa, contribuyeron en la calidad nutricional del pan, puesto que la yuca tiene un bajo porcentaje de proteína y con la incorporación del trigo y los insumos se incrementó dicho porcentaje.
- ✓ De acuerdo al balance de materiales efectuado en base al tratamiento T10, se determinó que éste presenta un rendimiento panadero del 154,76%; el cual equivale al 82,17% de rendimiento con respecto al peso de la masa formada al inicio del proceso y al peso del pan elaborado al final del mismo.

- ✓ Finalmente realizado el análisis de costos se establece que el “Pan precocido de yuca” tiene un costo unitario de USD 0,15. Por lo tanto la bandeja que contiene 10 panes, aproximadamente de 50g cada pan, costaría USD 1,50. Dicho precio comparado con el de un pan precocido de yuca comercial, resulta mucho menor ya que en el mercado al momento se puede encontrar un pan precocido a un precio de USD 2,17 en cuyo envase hay 12 unidades de aproximadamente 40 g.

# Capítulo VI

## **6 RECOMENDACIONES**

La presente investigación permite establecer las siguientes recomendaciones:

- ☑ Tanto para la determinación de acidez como para CO<sub>2</sub>, durante el proceso de fermentación se debe trabajar con una mayor cantidad de masa, de esta manera se obtendrá una mayor variabilidad entre los tratamientos.
- ☑ En cada tiempo de fermentación se está generando un cierto porcentaje de las diferentes fermentaciones, por tanto se recomienda realizar la determinación de dichas fermentaciones en posteriores investigaciones.
- ☑ Aplicar la tecnología de la precocción, con la cual los dueños de panaderías y panificadoras bajarían sus costos de producción, desperdicio de materia prima, excedentes de pan, mano de obra en las noches, pérdida de la clientela al no tener pan fresco y caliente en horas pico, con el siguiente procesamiento para la elaboración de pan especial sin conservantes químicos.
- ☑ Se realice nuevas investigaciones en pan precocido, aplicando otros derivados de la yuca como: harina o almidón.
- ☑ Se amplió a nivel industrial la gama de productos alimenticios que tengan como base la yuca tales como: galletas, tortas, licores, fideos, snacks, entre otros.

# Capítulo VII

## **7 RESUMEN**

La presente investigación tuvo como objetivo determinar los parámetros óptimos para elaborar pan precocido de yuca, utilizando un proceso tecnológico adecuado con el fin de obtener un producto de buena calidad y por ende dando una solución a varios sectores de nuestro país, los cuales disponen de la materia prima pero no la aprovechan.

La elaboración del pan precocido, se llevó a cabo en la panadería “Extrapan” ubicada en la ciudad de Ibarra, Provincia Imbabura y los respectivos análisis de laboratorio se efectuaron en el Laboratorio de Uso Múltiple de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales; en la Universidad Técnica del Norte.

El pan es un alimento básico elaborado generalmente con cereales en forma de harina, un medio líquido que es habitualmente agua, levadura, sal, azúcar, grasa, etc. Para la elaboración del pan es importante tener en cuenta que la calidad de la harina y la cantidad adecuada de estos elementos básicos, influyen en la elaboración del pan de buena calidad. Cada ingrediente es indispensable ya que cumplen funciones específicas que después repercutirán en el producto final.

El pan precocido consiste en una cocción en dos tiempos. La masa se elabora como en el proceso tradicional, atendiendo algunas modificaciones y una vez que en la primera cocción el pan ha coagulado y se ha formado su estructura, se retira del horno, se enfría y congela; hasta cuando se necesite dicho pan, luego el pan precocido se retira del congelador, se descongela y se realiza la segunda cocción.

El mercado del pan precocido aún es pequeño, y fundamentalmente va dirigido a los puntos calientes, terminales de cocción, bacadillerías y restaurantes; pero incluso el panadero puede precocer algo de pan por la mañana y, sin necesidad de congelar, terminar de cocerlo a primera hora de la tarde.

Para la fase experimental del presente estudio se utilizó dos diseños el primero fue un Diseño Completamente al Azar para 12 tratamientos, el cual se aplicó a las variables analizadas durante el proceso de fermentación de la masa; el segundo fue un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial  $A \times B \times C$  con tres repeticiones por tratamiento, con un total de 12 tratamientos y 36 unidades experimentales.

Las variables a evaluarse fueron: acidez y  $CO_2$  durante el proceso de fermentación de la masa; peso, volumen y peso específico tanto en el pan precocido como en el pan final; azúcares reductores libres, cenizas, humedad, extracto etéreo, fibra, y proteína; dichas variables se realizó al pan precocido y al pan final, a los dos mejores tratamientos, los cuales se determinaron a partir de las pruebas de degustación.

Acidez.- La determinación de acidez durante el proceso de fermentación, se la realizó a través del método de titulación con NaOH, al analizar esta variable se establece que los tratamientos mantienen una semejanza con respecto a la producción de  $H_2CO_3$ . A pesar de esto se pudo observar que el tratamiento T10 estuvo siempre presente entre los valores más altos de producción de acidez.

$CO_2$ .- Se empleó el método químico volumétrico, al analizar esta variable se establece de igual manera que los tratamientos mantienen una semejanza con respecto a la producción de  $CO_2$ . Sin embargo estadísticamente se tiene que el mejor tratamiento fue el T9, ya que se mantuvo constante con una mayor producción de  $CO_2$  con respecto a los demás tratamientos en la mayoría de los tiempos durante el proceso de fermentación.

Peso.- Una vez analizada dicha variable se pudo observar que los tratamientos T10 y T12 obtuvieron valores de peso más altos, tanto en el pan precocido como en el pan final.

Volumen.- En la variable de volumen, para el pan precocido se pudo determinar que los mejores tratamientos fueron el T11, T12; mientras que para el pan final los mejores tratamientos fueron T11 y T9.

Peso específico.- Una vez analizada dicha variable, se establece que tanto para el pan precocido como para el pan final, los mejores tratamientos fueron el T11 y T9.

Análisis físico-químico.- En lo que respecta a la calidad nutricional del pan precocido y del pan final, se determinó que los dos tratamientos analizados en esta investigación: T10 y T11 contienen un porcentaje considerable de proteína, constituyéndose un producto de alto valor proteínico.

Con respecto a costos, se puede observar que el pan precocido elaborado con masa de yuca y harina de trigo, permite tener un producto rentable en cualquiera de sus formulaciones.

# Capítulo VIII

## **8 SUMMARY**

The present investigation had like objective to determine the optimal parameters for elaborate pre-baked bread cassava, using a technological process appropriate, with the purpose to obtain a good quality product and hence giving a solution to various sectors of our country, which have the raw material but not exploited.

The elaboration of pre-baked bread, it took place at the bakery "Extrapan" located in the city of Ibarra, Imbabura Province and the respective laboratory tests it was performed in the Laboratory of Multiple Use of the College of Engineering in Agricultural and Environmental Sciences; at the Technical University of the North.

The bread is a basic food produced generally with cereals in form of flour, half a liquid that is usually water, yeast, salt, sugar, fat, etc. For the elaboration of the bread is important to keep in mind that the quality of flour and the right amount of these basic elements influences in the elaboration of good quality bread. Each ingredient is indispensable since they complete specific functions that later will rebound in the final product.

The pre-baked bread consists in a two-stage cooking. The mass is elaborated as in the traditional process, following some changes and once in the first baking bread has been coagulated and formed its structure, withdrew from the oven, cooled and frozen until when needed the bread, this withdrew from the freezer and cooled and is the second cooking.

The market for pre-baked bread is still small, and essentially goes to the hot spots, terminals cooking, bocadillerías, restaurants, but even the baker can pre-baked some bread in the morning and without need of freeze, finish of cook its early in the afternoon.

For the experimental phase of the present study used two Design, the first was a Design Completely at Random for treatments, this was use in a variables evaluated during the process of fermentation of the dough; the second was a Design Completely at Random according to factorial  $A \times B \times C$  with three repetitions for treatment, with a total of 12 treatments and 36 experimental units.

The variables evaluated was: acidity and  $CO_2$  during the process of fermentation of the dough; weight, volume and weight Specific both in the pre-baked bread as in the bread final; Reducers sugar free, ceniz, humidity, fat, fiber and protein, such variables was made to the final product to the two best treatments, which was determined from the evidence tasting.

Acidity .- The determination of acidity during fermentation process, is the realized through the method of titillation with NaOH, at analyze this variable provides that the treatment are similar during the production of acidity. But the treatment T10 was always present among the highest values of production acidity.

$CO_2$ .- Chemical method was used by volume; at analyze this variable establish that same the treatment are similar during the production of  $CO_2$ . But statistically the best treatment was the T9, since remained constant with an increased production of  $CO_2$  in relation to other treatments in most of the time during the process fermentation.

Weight. - Once analyzed variable revealed that the treatments T10 and T12 were higher values of weight, as in the pre-baked bread as in the bread end.

Volume.- The variable volume for the pre-baked bread, revealed that the better treatments was T11, T12; end for the bread end the better treatments was T11 and T9.

Specific weight.- Once analyzed variable, it can be observed that as in the pre-baked bread as in the bread end revealed, the better treatments was T11 and T9.

Analysis Physical- Chemical.- With regard to the nutritional quality of bread end, it was determined that the treatments T10 and T11 reaches a value considerable protein.

With regard to costs, it can be observed that the pre-baked bread prepared with mass cassava and wheat flour, allows has a profitable product in any of its formulations.

# Capítulo IX

## **9 BIBLIOGRAFÍA**

### **9.1 BIBLIOGRAFÍA DE TEXTO**

1. ALARCÓN F (2004). Almidón Agrio de Yuca; Colombia.
2. BRAVERMAN J (1980). Introducción a la Bioquímica de Alimentos; México.
3. HATHEWS C.K. (1998). Bioquímica.
4. JESÚS CALAVERAS (1996). Tratado de Panificación y Bollería; España.
5. TERRANOVA (1995). Producción Agrícola 2 (La yuca); Colombia.
6. VELASTEGUI (1992). El cultivo de la yuca en el Ecuador.
7. W. C. FRAZIER Y D. C. WESTHOFF (1993). Microbiología de los Alimentos; España.

### **9.2 BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET**

1. [http://www.ciat.cgiar.org/agroempresas/sistema\\_yuca/cosecha.h](http://www.ciat.cgiar.org/agroempresas/sistema_yuca/cosecha.h) (1 Agosto 2007).
2. <http://www.clayuca.org/manejo.htm> (1 Agosto 2007).
3. [http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender\\_a\\_comer\\_bien/gui\\_a\\_alimentos/legumbres\\_y\\_tuberculos.htm](http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender_a_comer_bien/gui_a_alimentos/legumbres_y_tuberculos.htm). (7 Junio 2006).

4. [http:// www.franciscotejero.com/tecnica/precoccion/guia/20practica.htm](http://www.franciscotejero.com/tecnica/precoccion/guia/20practica.htm).  
(11 Septiembre 2006).
5. <http://www.fao.org.ec> (19 Septiembre 2006).
6. <http://www.mandioca.com.ve/productos.asp> (1 Agosto 2007).
7. [http://www.mercanet.cnp.gov.cv/Desarrollo\\_Agroind/documentospdf/yuca FTP.pdf](http://www.mercanet.cnp.gov.cv/Desarrollo_Agroind/documentospdf/yuca FTP.pdf) (1 Agosto 2007).
8. [http://www.mipunto.com/venezuelavirtual/temas/1er\\_trimestre04/la\\_yuca.htm](http://www.mipunto.com/venezuelavirtual/temas/1er_trimestre04/la_yuca.htm). (19 Septiembre 2006).
9. <http://www.panadería.com/informes/consumo.htm> (1 Agosto 2007).
10. <http://www.sica.gov.ec/cadenas/yuca/docs/situacion.htm>. (19 Septiembre 2006).
11. [http://www.wikipedia.org/wiki/pan\\_alimento](http://www.wikipedia.org/wiki/pan_alimento) (17 Junio 2007).

### **9.3 NORMAS**

1. NORMA INEN 95 (Pan común).
2. NORMA INEN 96 (Pan especial).

# Capítulo X

## **10 ANEXOS**

### **ANEXO 1**

#### **GUIA INSTRUCTIVA PARA EVALUAR EL “PAN PRECOCIDO” ELABORADO A BASE DE MASA DE YUCA Y HARINA DE TRIGO**

**INSTRUCCIONES:** Lea y analice detenidamente cada una de las características organolépticas del pan descritas a continuación, para realizar la degustación del mismo.

#### **CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS**

**COLOR:** El color debe ser uniforme de dorado a ligeramente moreno.

**AROMA:** El olor debe ser característico de un producto fresco, bien cocido sin indicios de rancidez, enmohecimiento u otro olor extraño objetable.

**SABOR:** De igual manera debe ser característico de un producto fresco, bien cocido sin indicios de amargor, acidez u otro sabor extraño objetable.

**CORTEZA:** Debe presentar una corteza de color uniforme, sin quemaduras, ni hollín u otras materias extrañas.

**MIGA:** La miga debe ser porosa, pero con orificios de diámetro pequeño, esta debe ser uniforme y no pegajosa.

**PRUEBA DE DEGUSTACIÓN**

**PRODUCTO:** “PAN DE YUCA”

**NOMBRE:**

**INSTRUCCIÓN:** Coloque una x en la opción que usted considere, de acuerdo a las características organolépticas que se especifican a continuación:

CARACTERÍSTICAS		MUESTRAS												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	T
COLOR	MUY AGRADABLE													
	AGRADABLE													
	INDIFERENTE													
	DESAGRADABLE													
	MUY DESAGRADABLE													
AROMA	MUY AGRADABLE													
	AGRADABLE													
	INDIFERENTE													
	DESAGRADABLE													
	MUY DESAGRADABLE													
SABOR	MUY AGRADABLE													
	AGRADABLE													
	INDIFERENTE													
	DESAGRADABLE													
	MUY DESAGRADABLE													
CORTEZA	MUY AGRADABLE													
	AGRADABLE													
	INDIFERENTE													
	DESAGRADABLE													
	MUY DESAGRADABLE													
MIGA	MUY AGRADABLE													
	AGRADABLE													
	INDIFERENTE													
	DESAGRADABLE													
	MUY DESAGRADABLE													

**OBSERVACIONES:**

.....

.....

.....

ANEXO 2

**Cuadro N° 78: Calificación otorgada a doce tratamientos más un testigo, de pan de yuca para la característica color**

Panelistas	Muestras												T
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	
P1	5	4	4	3	5	3	4	4	5	4	5	5	2
P2	3	4	3	4	5	5	3	5	4	4	5	3	2
P3	5	5	5	4	3	3	3	3	3	4	3	4	3
P4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
P5	4	5	4	3	3	3	5	4	4	4	5	5	4
P6	4	5	4	5	5	4	4	4	4	5	5	5	3
P7	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	5	3
P8	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5
P9	4	5	5	4	5	5	5	5	4	4	5	4	2
P10	5	4	3	5	3	5	3	4	5	5	4	5	2
P11	4	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4
P12	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5	5	4	3
P13	2	3	3	5	3	5	3	5	3	5	5	2	1

**Cuadro N° 79: Calificación otorgada a doce tratamientos más un testigo, de pan de yuca para la característica aroma**

Panelistas	Muestras												T
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	
P1	2	4	3	4	3	3	4	4	5	4	5	5	5
P2	3	4	4	3	5	5	3	4	4	4	4	5	3
P3	5	5	5	4	4	4	4	4	3	5	4	3	3
P4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
P5	3	4	4	5	3	4	4	3	3	4	4	3	4
P6	4	4	4	4	5	4	3	4	4	4	4	4	4
P7	3	5	4	4	5	4	3	4	5	5	4	4	3
P8	5	5	3	5	3	5	4	5	4	4	5	4	4
P9	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	3
P10	5	5	3	4	3	3	3	3	4	5	5	3	3
P11	4	4	5	4	4	5	4	5	4	4	5	4	4
P12	4	5	3	3	4	4	4	3	4	5	4	5	3
P13	3	4	2	2	2	2	2	3	3	5	4	3	3

**Cuadro N° 80: Calificación otorgada a doce tratamientos más un testigo, de pan de yuca para la característica sabor**

Panelistas	Muestras												T
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	
P1	3	3	2	4	2	2	3	4	3	2	3	2	5
P2	3	4	4	4	5	4	3	4	3	4	4	3	2
P3	4	4	5	3	3	3	3	3	3	4	4	4	2
P4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
P5	4	4	3	3	3	4	4	3	3	5	5	4	4
P6	4	4	3	3	5	4	4	4	5	4	4	4	4
P7	4	5	5	5	5	4	3	4	5	5	4	5	3
P8	5	4	4	5	5	3	4	4	3	4	4	4	5
P9	4	5	4	3	4	4	3	3	4	5	4	3	3
P10	4	4	3	4	3	3	3	4	3	4	4	4	5
P11	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5	4	5
P12	4	3	3	5	5	5	5	3	3	4	4	5	2
P13	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4	5

**Cuadro N° 81: Calificación otorgada a doce tratamientos más un testigo, de pan de yuca para la característica corteza**

Panelistas	Muestras												T
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	
P1	2	5	2	4	2	3	4	2	5	2	4	4	4
P2	4	4	4	3	5	4	3	4	3	5	4	4	5
P3	3	5	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	2
P4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
P5	3	4	3	5	3	5	3	3	3	3	4	4	4
P6	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	3
P7	4	4	4	5	5	4	4	4	5	4	4	4	3
P8	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	5	5	5
P9	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2
P10	4	4	4	5	4	4	3	4	4	4	4	5	3
P11	4	4	4	3	5	5	5	5	5	5	5	3	5
P12	5	4	4	4	5	5	5	4	4	5	5	4	4
P13	4	4	3	3	3	4	4	5	4	4	4	4	1

**Cuadro N° 82: Calificación otorgada a doce tratamientos más un testigo, de pan de yuca para la característica miga**

Panelistas	Muestras												
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	T
<b>P1</b>	3	4	3	3	4	3	3	4	4	2	4	2	2
<b>P2</b>	3	4	3	3	4	4	3	5	4	5	4	4	2
<b>P3</b>	3	4	5	3	3	3	3	3	4	3	4	4	2
<b>P4</b>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
<b>P5</b>	3	5	3	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4
<b>P6</b>	4	4	3	4	3	3	4	4	3	5	4	3	4
<b>P7</b>	4	4	4	4	4	4	5	3	5	5	4	4	3
<b>P8</b>	4	5	4	4	4	4	4	4	5	5	4	5	5
<b>P9</b>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2
<b>P10</b>	5	5	2	4	4	4	3	4	3	4	4	4	1
<b>P11</b>	5	4	4	3	4	5	5	5	4	5	5	5	5
<b>P12</b>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	3
<b>P13</b>	3	3	4	3	3	3	2	3	3	3	4	2	1

**ANEXO 3**

**Cuadro N° 83: Balance de materiales de los doce tratamientos**

Tratamientos	Amasado				Reposo				Primera cocción				Segunda cocción				Producto terminado		
	Entrada		Pérdida		Entrada		Pérdida		Entrada		Pérdida		Entrada		Pérdida		Producto	Rendi.	Pérdida
	g	%	g	%	g	%	G	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	%
<b>T1</b>	1800	188,35	8,60	0,9	1791,40	187,45	2,87	0,3	1788,53	187,15	166	17,37	1622,53	169,78	152	15,91	1470,53	153,87	34,48
<b>T2</b>	1800	188,35	5,73	0,6	1794,27	187,75	3,82	0,4	1790,45	187,35	175,45	18,36	1615	168,99	150	15,70	1465	153,29	35,06
<b>T3</b>	1800	188,35	4,78	0,5	1795,22	187,85	3,82	0,4	1791,14	187,45	175,14	18,33	1616	169,12	149	15,59	1467	153,53	34,82
<b>T4</b>	1800	188,35	4,78	0,5	1795,22	187,85	2,87	0,3	1792,35	187,55	172,35	18,03	1620	169,52	150	15,70	1470	153,82	34,53
<b>T5</b>	1800	188,35	8,60	0,9	1791,40	187,45	4,78	0,5	1786,62	186,95	166,62	17,43	1620	169,52	158	16,53	1462	152,99	35,36
<b>T6</b>	1800	188,35	7,65	0,8	1792,35	187,55	3,82	0,4	1788,53	187,15	178,53	18,68	1610	168,47	150	15,70	1460	152,77	35,58
<b>T7</b>	1800	188,35	7,65	0,8	1792,35	187,55	2,87	0,3	1789,48	187,25	166,48	17,42	1623	169,83	150	15,70	1473	154,13	34,22
<b>T8</b>	1800	188,35	6,69	0,7	1793,31	187,65	2,87	0,3	1790,44	187,35	173,44	18,15	1617	169,20	157	16,43	1460	152,77	35,58
<b>T9</b>	1800	188,35	8,60	0,9	1791,40	187,45	3,82	0,4	1787,58	187,05	165,58	17,33	1622	169,72	150	15,70	1472	154,02	34,33
<b>T10</b>	1800	188,35	8,60	0,9	1791,40	187,45	4,78	0,5	1786,62	186,95	157,62	16,49	1629	170,46	150	15,70	1479	154,76	33,59
<b>T11</b>	1800	188,35	7,65	0,8	1792,35	187,55	4,78	0,5	1787,57	187,05	165,57	17,33	1622	169,72	150	15,70	1472	154,02	34,33
<b>T12</b>	1800	188,35	7,65	0,8	1792,35	187,55	2,87	0,3	1789,48	187,25	163,48	17,14	1626	170,11	150	15,70	1476	154,41	33,94

ANEXO 4

**Cuadro N° 84: Costos de producción del pan precocido a nivel experimental en laboratorio, para los tratamientos T1, T2, T3 y T4.**

Materias primas e insumos	Costo experimental	
	g	USD
Yuca	955,54	0,32
Harina de trigo	286,74	0,14
Levadura	14,04	0,04
Huevos	140,22	0,16
Queso	175,14	0,44
Mantequilla	159,30	0,21
Leche	175,14	0,11
Sal	3,60	0,003
Azúcar	0,60	0,001
<b>Costos directos</b>	.....	1,42
<b>Costos indirectos</b>	.....	3,00
<b>Total</b>	.....	4,42

**Cuadro N° 85: Costos de producción del pan precocido a nivel experimental en laboratorio, para los tratamientos T5, T6, T7 y T8.**

Materias primas e insumos	Costo experimental	
	g	USD
Yuca	841,25	0,28
Harina de trigo	382,32	0,19
Levadura	14,04	0,04
Huevos	140,22	0,16
Queso	175,14	0,44
Mantequilla	159,30	0,21
Leche	175,14	0,11
Sal	3,60	0,003
Azúcar	0,60	0,001
<b>Costos directos</b>	.....	1,43
<b>Costos indirectos</b>	.....	3,00
<b>Total</b>	.....	4,43

**ANEXO 5**

- **Resultado de análisis Físico-Químicos en el laboratorio.**
- **Norma 95 (Pan común requisitos).**
- **Norma 96 (Pan especial requisitos).**