

**UDLA**

FACULTAD DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA MENCIÓN CALIDAD Y SEGURIDAD

ALIMENTARIA

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE GOMA XANTHAN Y  
CARBOXIMETILCELULOSA (CMC) EN LA TEXTURA DE UN PAN COSIDO  
ELABORADO CON ALMIDÓN DE YUCA (*MANIHOT ESCULENTA*).

Profesor Guía

M. Sc. Valeria Almeida Streitwieser

Autor

Ingrid Milena Pilatuña López

Año

2021

## RESUMEN

El pan es uno de los productos más consumidos por los ecuatorianos, se estima que por cada habitante se consume 20 kilos al año y es considerado parte esencial en la alimentación de las familias. Por tal razón se realizó este trabajo de investigación para elaborar un tipo de pan diferente al que se consume diariamente el cual es elaborado con harina de trigo este pan es elaborado con almidón de yuca, lo que le hace diferente al no tener la proteína que le da la suavidad y elasticidad al pan, por eso el pan tiende a endurecerse después de ser horneado y enfriado para ello se implementó el uso de hidrocoloides en la elaboración del pan para verificar el aporte de los hidrocoloides en el pan de yuca.

Se realizó la evaluación del efecto de diferentes concentraciones de Goma Xathan y Carboximetilcelulosa en la textura del pan de yuca que fue almacenado durante 72 horas esto se realizó con personal que está directamente relacionado en la elaboración del pan para obtener una preselección de los dos mejores tratamientos los cuales iban a ser evaluados sensorialmente mediante la prueba de afectividad a consumidores utilizando la escala hedónica para verificar la aceptabilidad del consumidor en cuanto a las características de olor, color, sabor y textura.

El tratamiento con mayor aceptación por los consumidores es la muestra C130 al 1% de concentración de Carboximetilcelulosa ya que sus resultados presentan diferencias significativas de uno a otro tratamiento siendo así se puede considerar que el pan no perdió sus características organolépticas en el tiempo transcurrido.

## **ABSTRACT**

The bread is one of the most consumed products by Ecuadorians, it is estimated that each inhabitant consumes 20 kilos to the year and is considered an essential part of the diet of families. For this reason this research work was carried out to develop a different type of bread than the one consumed daily, which is made with wheat flour, this bread is made with cassava starch, which makes it different by not having the protein that gives the softness and elasticity to the bread, so the bread tends to harden after being baked and cooled for it was implemented the use of hydrocolloids in the preparation of bread to verify the contribution of hydrocolloids in the cassava bread.

The evaluation of the effect of different concentrations of Xathan Gum and Carboxymethylcellulose on the texture of the cassava bread that was stored for 72 hours was carried out with personnel directly related to the preparation of the bread to obtain a pre-selection of the two best treatments which were going to be sensorially evaluated by means of the affectivity test to consumers using the hedonic scale to verify consumer acceptability in terms of the characteristics of smell, color, flavor and texture.

The treatment with the highest acceptance by consumers is the C130 sample at 1% Carboxymethylcellulose concentration, since its results show significant differences from one treatment to the other, so it can be considered that the bread did not lose its organoleptic characteristics in the time elapsed.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN:	1
1.1 Antecedentes	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 PAN	3
2.1.1. Definición	3
2.1.2. Clasificación del pan	3
2.1.3. Características de los principales ingredientes del pan	4
2.2 Etapas de elaboración del pan	5
2.3 Tubérculo Andino	5
2.3.1. Yuca	5
2.3.2. Taxonomía	6
2.3.3. Condiciones del Cultivo	7
2.3.4. Composición química y Valor Nutricional	7
2.4 Proceso de la obtención del almidón de yuca	8
2.4.1 Almidón	8
2.4.2. Extracción del almidón de yuca	9
2.5 Hidrocoloides	9
2.5.1. Goma Xantana	10
2.5.2. Carboximetilcelulosa (CMC)	10
2.6 Enfermedad Celiaca	10
2.6.1. Productos especiales para la dieta de los celíacos	11
2.7 Métodos de elaboración	11
2.7.1 Evaluación Sensorial	11
2.8 Análisis Estadístico	13
3. HIPÓTESIS	14
3.1 Hipótesis de investigación	14
3.2 Hipótesis nula	14
4. OBJETIVOS	14
4.1 Objetivo general	14
4.2 Objetivos específicos	14

5. Justificación .....	15
5.1 Alcance .....	16
6. MATERIALES Y MÉTODOS .....	17
6.1 Materiales e insumos.....	17
6.2 Metodología .....	17
6.2.1 Tipo de Estudio. ....	17
6. 2.2 Población y muestra.....	18
6.2.3. Procedimiento .....	18
6.2.4. Descripción del proceso para la elaboración del pan con almidón de yuca.....	22
6.2.5. Diagrama de proceso .....	23
7. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	25
7.1 RESULTADOS.....	25
7.1.1 Tratamiento preseleccionado .....	25
7.1.2. Pan de almidón de yuca con 0,5% de CMC.....	27
7.1.3. Pan de almidón de yuca con 1% de concentración de CMC.....	30
7.2 DISCUSIÓN .....	33
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	35
8.1 Conclusiones.....	35
8.2 Recomendaciones.....	35
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	36
10. ANEXOS .....	40

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: En la elaboración del pan menciona (Mesas & Alegre, 2009) las 4 materias primas básicas.....	4
Tabla 2: Taxonomía Yuca (Manihot esculenta Crantz) .....	6
Tabla 3: Composición química de la yuca .....	7
Tabla 4: Materia prima, equipos, Aditivos.....	17
Tabla 5: Formulación Pan de yuca sin aditivos .....	19
Tabla 6: Concentraciones para cada tratamiento.....	19
Tabla 7: Formulación de los tratamientos .....	19
Tabla 8: Puntuación Escala Hedónica.....	21
Tabla 9: Aceptación preliminar de las muestras.....	25
Tabla 10: Análisis de Varianza tratamientos .....	26
Tabla 11: Tratamientos preseleccionados pan de almidón de yuca.....	27
Tabla 12: Tratamiento 0,5% de Carboximetilcelulosa .....	27
Tabla 13: Puntaje atributos del pan de almidón de yuca.....	28
Tabla 14: Análisis de varianza 0,5% de CMC .....	29
Tabla 15: Prueba de Tukey en atributos de tratamiento con 0,5% de CMC.....	29
Tabla 16: Tratamiento al 1% de concentración de CMC .....	30
Tabla 17: Análisis de varianza tratamiento 1% CMC .....	31
Tabla 18: Prueba Tukey en pan de yuca al 1% de CMC.....	32

## INDICE DE GRÁFICAS

Grafica 1: Diagrama de proceso de elaboración pan de almidón de yuca .....	23
Grafica 2: Evaluación sensorial preselección.....	26
Grafica 3: Aceptación de muestras de concentración 0,5 de CMC .....	28
Gráfica 4: Prueba de Tukey en muestra de CMC.....	30
Gráfica 5: Aceptación de muestras de concentración 0,5 de CMC .....	31
Gráfica 6: Intervalos de Análisis sensorial y Atributos en concentración de 1%	

## 1. INTRODUCCIÓN:

### 1.1 Antecedentes

El pan es uno de los productos más consumidos por los ecuatorianos, se estima que por cada habitante se consume 20 kilos al año y es considerado parte esencial en la dieta alimenticia de las familias del país (REVISTA-LÍDERES, 2019). En el año 2012 los hogares del Ecuador gastaron USD 34,3 millones en pan corriente de trigo (bollo, redondo, cachos) siendo el canal preferido de compra las tiendas de barrio, bodegas y distribuidores (INEC, 2012). La mayoría de productos de panificación son elaborados a partir de trigo que es uno de los cultivos con mayor importancia en el Ecuador, a pesar de ello la mayor parte del trigo usado en la industria panificadora no es cosechado en el país y para cubrir la demanda se lo tiene que importar principalmente de Argentina y Estados Unidos (Holguín & Alvarado, 2017).

Sin embargo, en la actualidad existe cierto porcentaje de personas que no pueden consumir estos productos debido a que son intolerantes al gluten o a su fracción proteica presente en el trigo, centeno, cebada y avena (Zegarra, Muñoz, & Ramos, 2019). La intolerancia al gluten puede manifestarse como enfermedad celiaca (EC) que es un desorden auto inmune intestinal crónico que se presenta al ingerir esta proteína causando daño a la mucosa del intestino delgado (Parada & Araya, 2010). Según las Guías Mundiales de la Organización Mundial de Gastroenterología (2012), esta enfermedad está presente a nivel mundial y se presume que afecta entre 1 de cada 100 y 1 de cada 300 sujetos; por cada persona diagnosticada con enfermedad celiaca se cree que existe de 5 a 10 sin diagnóstico (Catassi, 2005). Si bien no se cuenta con ninguna estadística del Ministerio de Salud Pública sobre la incidencia de este padecimiento en el país, el Instituto Ecuatoriano de Enfermedades Digestivas en el año 2018 atendió varios casos de personas celiacas cuyo único tratamiento fue dejar de consumir productos que contengan gluten (IECED, 2019).

En el país es difícil encontrar productos aptos para personas intolerantes al gluten, siendo un mercado relativamente nuevo por ser explotado, ofrecer un

producto libre de gluten que no afecte a su salud, satisfaga sus necesidades nutricionales y que posea características organolépticas agradables para el consumidor celiaco es una iniciativa que capta este nicho de mercado no atendido (Guerra, 2018).

Las harinas obtenidas de tubérculos nativos como la yuca son una alternativa para la elaboración de productos de panadería libres de gluten porque poseen alto contenido de carbohidratos, está constituido por dos compuestos amilosa y amilopectina estas dos hacen una sola mezcla, pero con diferente estructura, la amilopectina resulta ser un producto muy importante dentro de la composición del almidón ya que presenta características como agente espesante, estabilizante y adhesivo esto siendo útil en la industria agroalimentaria como en las demás industrias. Posee además en menor cantidad proteínas y grasas que se encuentran como gránulos en el almidón. (Cobana & Antezana, 2007)

Sin embargo, al igual que otras harinas que no contienen gluten estas presentan limitaciones al momento de fabricar productos de panadería, al no contener el gluten como proteína se ve afectada la elasticidad de la masa obteniendo como resultado una masa quebradiza, por esto es recomendable añadir aditivos que le aporten viscosidad y elasticidad a la misma consiguiendo productos sin gluten con atributos de textura similares a los del pan tradicional. (Garcés, 2019)

Diversos estudios señalan que con la adición de hidrocoloides en este tipo de formulaciones se mejora la textura del producto final, porque estos pueden simular las propiedades de viscosidad y elasticidad del gluten y así ser capaz de retener el CO<sub>2</sub> procedente de la fermentación (Molina-Rosell, 2013). En base a diferentes investigaciones se ha logrado definir que los hidrocoloides más adecuados para remplazar al gluten, son: la goma xanthan y los derivados de la celulosa como el CMC, ya que dan como resultado panes libres de gluten con miga uniforme. (Martínez, Rodríguez, & Hernández, 2015)



## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 PAN

#### 2.1.1. Definición

La Norma INEN 2945 define al pan como un producto alimentario que se obtiene de la fermentación de una masa, la cual es sometida a un proceso de cocción. (Mesas & Alegre, 2009) describe al pan como la masa formada por una mezcla de harina, agua, sal y levadura, los mismos que pueden ser reemplazados por otros ingredientes. (Vega, De Marco, & Di Risio, 2016)

El pan es considerado como la base de la alimentación desde hace 8000 años atrás, se lo consideraba como una masa plana, elaborada por granos molidos manualmente y cocido en piedras a manera de horno. En Egipto fue donde apareció la primera masa fermentada; se observaba que la masa del pan producía ciertas burbujas de aire, y aumentaba su volumen dando como resultado un pan liviano y con mejor sabor (Mesas & Alegre, 2009)

#### 2.1.2. Clasificación del pan

Se puede encontrar una variedad de panes, de acuerdo a su forma, sabor, incluso panes que al pasar el tiempo han ido cambiando su estructura, su elaboración y metodologías aplicadas en cada proceso. En cuanto a su clasificación se ha determinado que se clasifican en: pan común (con gluten) y pan especial (sin gluten)

- a. **Pan común (con gluten):** este tipo de pan se lo considera un producto de consumo habitual, se caracteriza por estar elaborado con harina de trigo la misma que está compuesta por una proteína llamada gluten; esta proteína le da al pan elasticidad, y firmeza en su textura (Mesas & Alegre, 2009), intervienen otros ingredientes como agua, sal y levadura, (Boletín Oficial del Estado, 2019). Sin embargo, una parte de la población es intolerante al gluten, por tal razón se está incrementado productos

sustitutos como un pan sin gluten (Sánchez, González, Osella, & Torres, 2008)

- b. **Pan especial (sin gluten):** es un tipo de pan que se distingue del pan común por llevar en su composición otros tipo de ingredientes como; leche, mantequilla, huevos, etc. En este tipo de pan se remplaza la harina de trigo por otra que no contenga gluten, de igual manera se aportan aditivos que ayudan a mejorar textura, ya que por no tener gluten estas harinas no tienen la capacidad de dar elasticidad al pan, también al incluir estos aditivos mejoramos el sabor incluso se puede alargar la vida útil. (Boletín Oficial del Estado, 2019)

### 2.1.3. Características de los principales ingredientes del pan

**Tabla 1: En la elaboración del pan menciona (Mesas & Alegre, 2009) las 4 materias primas básicas.**

Harina (gluten)	Es un producto obtenido por la molienda del endospermo del grano, está compuesto por el 85% de proteína Gliadinas y Gluteninas, ha este conjunto se lo llama gluten. Estas propiedades son características del trigo.
Agua	La presencia del agua es importante ya que va hidratando la harina formando el gluten, de igual manera es necesaria para la fermentación
Levadura	Componente microbiano, produce CO <sub>2</sub> que está atrapado en la masa la cual aumenta su volumen y se esponja.
Sal	Su principal función es dar sabor al pan, regula la fermentación, sirve de ayuda para la retención del agua en el pan.

## 2.2 Etapas de elaboración del pan

Existen diferentes procesos de elaboración de pan, pero generalmente coinciden en las siguientes fases: (Hernández & Ruiz, 2010) (López, Boatella, & Codony, 2004)

- **Amasado:** Las funciones principales de esta etapa son: homogenizar los ingredientes, los aditivos y los coadyuvantes tecnológicos, facilitar la absorción de agua, desarrollar y oxigenar la masa.
- **División:** Esta puede ser manual o mecánica y consiste en dividir la masa en porciones, el peso de estas porciones determinara el peso del producto final.
- **Boleado:** Se extrae el aire y recompone el gluten, a la vez se define la forma adecuada al tipo de pan.
- **Fermentación:** En esta etapa las levaduras fermentan la masa, formando dióxido de carbono que produce la expansión de la masa.  
Para la fermentación se debe colocar la masa en un ambiente de temperatura y humedad controlada aproximadamente 30°C y 75% de humedad respectivamente, y pH entre 5,2 y 5,8.
- **Cocción:** El horneado se da a una temperatura entre 180 y 220 °C y la masa sufre una serie de cambios que establecen las características de la miga del pan.
  - Más producción de CO<sub>2</sub> el cual se expande y aumenta el volumen final del pan
  - Evaporación de alcohol y parte del agua presente en la masa
  - Gelificación del almidón y desnaturalización del gluten
  - Reacción de Maillard la cual contribuye al color y aroma característico del pan.

## 2.3 Tubérculo Andino

### 2.3.1. Yuca

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) conocida también como mandioca o guacamota, desde hace mucho tiempo se le considera un alimento valioso por ser fuente de ingresos y empleo para muchas comunidades que se dedican a la agricultura de la misma en países como África, América Latina y Asia, se considera que la yuca crece en condiciones de clima tropical especialmente en los trópicos húmedos y cálidos de altitudes medias y subtropicos con lluvias de verano y fríos inviernos (Aristizabal & Sanchez). En Ecuador el cultivo de yuca es un tubérculo que es utilizado por los indígenas en la Amazonia Oriental Loja y Santo Domingo, así como la Costa Occidental, el mayor porcentaje de los agricultores se encuentran en Manabí. La yuca es apreciada en la cocina de Sudamérica ya que tiene un parecido a la papa que comúnmente consumimos, siendo fuente de nutrientes y aporte de energía a nuestro cuerpo. (Muñoz & Hinostroza, 2017)

La yuca tiene una tradición desde la antigüedad ya que era consumido por los indígenas mucho antes de la conquista de América, lo consumían en fresco o procesado para hacer harina o la tradicional chicha que se convierte en una bebida alcohólica después de 4 días de fermentación. (Muñoz & Hinostroza, 2017)

### 2.3.2. Taxonomía

Según (Artica, 2018) menciona la clasificación taxonómica de la yuca en la siguiente tabla 2:

**Tabla 2: Taxonomía Yuca (*Manihot esculenta* Crantz)**

<b>Nombre Científico</b>	Manihot esculenta Crantz
<b>Reino</b>	Plantae
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Familia</b>	Euphorbiaceae
<b>Genero</b>	Manihoteae
<b>Especie</b>	Manihot esculenta

### 2.3.3. Condiciones del Cultivo

El cultivo de yuca se considera rustico ya que se adapta muy fácilmente a una tonalidad de suelo su siembra se da entre una latitud que va desde el nivel del mar hasta los 1800msm soporta largos periodos de sequía, también se puede sembrar en suelos arenosos y arcillosos a una temperatura que va de 20 a 30°C la húmeda requerida es del 72% ,el ciclo de crecimiento de la yuca desde la siembra hasta su cosecha depende de factores climáticos ya que puede darse en un tiempo de 6 a 12 meses en zonas tropicales y prolongarse su cosecha hasta los 12 meses en zonas de alturas de 1800 msnm (Aristizabal & Sanchez). Es un arbusto que tiene una altura entre 90 y 250 centímetros tiene hojas grandes, en el tallo nacen las flores que van cambiando de color entre amarillo y purpura. (Suárez & Mederos, 2011)

### 2.3.4. Composición química y Valor Nutricional

En la Tabla 3 según (Gómez, 2020) establece la composición química de la yuca que una buena parte de su composición es agua, la yuca en su valor nutricional aporta por cada 100g

**Tabla 3: Composición química de la yuca**

<b>Energía</b>	160 calorías
<b>Proteína</b>	1,4 gramos
<b>Grasas</b>	0,3 gramos
<b>Fibra</b>	1,8 gramos
<b>Carbohidratos</b>	38 gramos
<b>Calcio</b>	16 gramos
<b>Hierro</b>	0,3 gramos
<b>Potasio</b>	271 mg

Es muy importante conocer que el almidón o harina de yuca contiene poca cantidad de proteína (menos del 2%), sin tener el nivel alto de fibra. Sin embargo,

el problema es no contar con la proteína la cual otorga las características viscoelásticas que da el gluten que en este caso posee el trigo ya que es importante para la panificación. A la yuca se la considera un alimento nutritivo por su aporte energético, está constituido por grasas que no afectan la salud del consumidor, al igual que la papa esta es consumida en cantidades adecuadas satisfaciendo las necesidades. Contiene calcio, vitaminas que aportan nutrientes a los huesos sanos evitando enfermedades a largo plazo como la osteoporosis. Contiene vitamina B6 que es fundamental para el cuidado de la piel y cabello, la fibra y el hierro ayudan al sistema digestivo de las personas. (Gómez, 2020)

## **2.4 Proceso de la obtención del almidón de yuca**

### **2.4.1 Almidón**

En el proceso de obtención de almidón de yuca se puede clasificar en almidón agrio y almidón nativo mejor conocido como dulce. Se dice que el almidón agrio pasa por un proceso de fermentación obteniendo características importantes para la alimentación por o contrario el almidón dulce no es sometido al proceso de fermentación, también el almidón dulce es conocido como tapioca. Se utiliza en las industrias alimentarias; como en la industria de alimentos congelados de frutas y vegetales, (Pizarro & Sánchez, 2016), en la industria de cárnicos en la elaboración de embutidos como emulsificantes, dando estabilidad a la grasa con el agua. (Palma, 2006)

Se utiliza en alimentos naturales como en pasteles, galletas y panes dándole espesor en su textura a los alimentos que no están expuestos a técnicas rígidos. (Vargas, 2011). En el caso del almidón agrio o fermentado es anhelado en el proceso de panificación logrando características de, textura, elasticidad, olor y sabor en el proceso de horneado. Al almidón agrio después de ser fermentado se lo seca para posteriormente obtenerlo en el proceso de molienda. (Aristizabal & Sanchez)

### 2.4.2. Extracción del almidón de yuca

De acuerdo a (Aristizabal & Sanchez) menciona que el proceso de extracción del almidón es simple y sencillo que la extracción de otros tipos de almidones tomando en cuenta los principios de extracción se pueden aplicar en diferentes tecnologías modernas o de manera artesanal, para ello se dan las siguientes etapas de extracción:

- Recepción: ya cosechada la yuca se debe trasladar a la fábrica de procesamiento para evitar daños físicos y microbiológicos dentro de las 48 horas.
- Lavado y pelado de las raíces: en esta etapa se limpian las impurezas provenientes de la cosecha, se elimina la tierra que está presente en las raíces.
- Rallado: En esta parte del proceso se determina la eficiencia y el rendimiento del proceso por otra parte hay que tomar en cuenta que si el rallado no es eficiente no se separan los gránulos del almidón y hay pérdidas de mucho almidón en el afrecho desechado.
- Colado o extracción: aquí se realiza la separación de desechos de la yuca con el líquido (lechada) que resulta del rallado de yuca
- Deshidratación: se realiza mediante el proceso de centrifugación para la extracción del contenido de agua.
- Secado: se puede dar mediante secado artificial o natural por medio de rayos solares permitiendo una reducción de humedad.
- Acondicionamiento: son las etapas finales de molienda, tamizado y empaque.

## 2.5 Hidrocoloides

Son polímeros con alto peso molecular, cumplen funciones como espesantes, gelificantes y estabilizantes en distintos grupos alimenticios. (Rodríguez, Angelica, & Alfredo, 2003), se clasifican por ser de origen animal, vegetal y microbiano, también se conoce a los hidrocoloides por ser utilizados como

aditivos que mejoran las características de textura, sabor, vida útil y como una mejor opción para sustituir al gluten en procesos de panificación. (Martínez, Rodríguez, & Hernández, 2015) Entre los más utilizados en panificación son: Goma Xantana y Carboximetilcelulosa (CMC) (Molina C. , 2013)

### **2.5.1. Goma Xantana**

Se conoce a la goma xantana como el hidrocoloide de origen vegetal proveniente del maíz, es importante dentro de la industria de alimentos, brinda viscoelasticidad especialmente en productos panificables que no contengan gluten. (Mollejo, 2020). La goma xantana aporta en el pan una miga uniforme, disminuye la dureza y aumenta su elasticidad. (Martínez, Rodríguez, & Hernández, 2015)

### **2.5.2. Carboximetilcelulosa (CMC)**

Es un hidrocoloide derivado de la celulosa, es considerada importante dentro de las industrias ya que es la más utilizada a nivel mundial. (Osorio, Hernandez, Bravo, & Sánchez, 2020). Es utilizado como aditivo en productos de panificación que no contengan gluten, ya que hoy en día encontramos el incremento de una enfermedad intolerante a esta proteína. En productos de panadería aporta elasticidad, firmeza en la miga y puede mejorar su vida útil. (Martínez, Rodríguez, & Hernández, 2015)

## **2.6 Enfermedad Celiaca**

Una parte de la población presentan intolerancia al gluten que no solo está presente en el trigo, sino también lo podemos encontrar en la avena, cebada y centeno, esta intolerancia se la conoce como enfermedad celiaca (Sánchez, González, Osella, & Torres, 2008), es considerada una enteropatía inmune desarrolladas en personas con tendencia genética. Afecta directamente al



intestino delgado, causando una inflamación gastrointestinal, esto conlleva a las personas a no consumir este producto de por vida. (Villanueva, 2017)

### **2.6.1. Productos especiales para la dieta de los celíacos**

La dieta adecuada para celíacos debe contener productos libres de gluten, con productos como el pan, galletas, pastas, sopas, para lo cual es indispensable que estos productos estén elaborados con harinas de cereales libres de gluten como; el arroz, el maíz, el sorgo, granos como la quinua y tubérculos como la papa, yuca y oca. Para remplazar el gluten se debe combinar con otros ingredientes como goma xantana, CMC, goma guar para tener un producto de mejor textura y sabor. (Villanueva, 2017)

## **2.7 Métodos de elaboración**

### **2.7.1 Evaluación Sensorial**

En los alimentos la evaluación sensorial da respuestas a la calidad de un producto, principalmente se refiere a la comparación entre dos o más productos, si existe alguna diferencia entre muestras todo esto permite un análisis para llegar a una decisión y posteriormente analizar los datos estadísticamente y sacar conclusiones de lo evaluado. (Liria M. R., 2007)

#### **2.7.1.1. Prueba discriminativa**

Esta prueba consiste en comparar dos o más muestras, donde se requiere de panelistas que diferencian o no el producto, se clasifican en dos grupos de pruebas de sensibilidad y diferenciación. (Hernandez, 2007). Entre las pruebas de diferenciación se encuentran las siguientes:

- prueba de comparación de pares
- prueba dúo- trio
- prueba triangular y prueba de ordenamiento.

### **2.7.1.1.1 Prueba por ordenamiento y puntaje**

Esta prueba discriminativa por ordenamiento se utiliza cuando existes más de dos muestras para analizar por medio de panelistas, esta prueba consiste en entregar las muestras a los panelistas las mismas que estarán codificadas y les permitirá identificar mejor la muestra, se debe colocar la muestra de manera creciente de acuerdo a la característica o atributos que se estén evaluando, se aplica en casos cuando las muestras se pre clasifican para posteriores análisis. (Hernandez, 2007)

### **2.7.1.2. Pruebas afectivas**

Las pruebas afectivas son utilizadas para analizar el nivel de gusto, aprobación y predilección de un producto (Liria M. , 2007). Para poder realizarlas se emplea un mínimo de 30 personas no entrenadas a los que se les denomina jueces afectivos, generalmente se escogen a consumidores reales o potenciales del producto que se está evaluando (Espinosa, 2007)

Dentro de estas pruebas encontramos:

#### **➤ Preferencia**

- a) Prueba pareada: Se utiliza cuando se desea comparar una muestra en relación a otra, (Liria M. , 2007). En esta prueba se invita a los jueces afectivos a indicar cuál de las muestras le agrada más, los datos obtenidos se analizan de la misma forma que la prueba pareada de dos colas. (Espinosa, 2007)
- b) Prueba de ordenamiento: Su objetivo es establecer una escala ascendente en el orden a la preferencia o agrado de un grupo de consumidores (Liria M. , 2007).

#### **➤ Satisfacción**

Las pruebas escalares de tipo afectiva se usan con el objetivo de saber en qué medida el producto gusta o no al consumidor (Espinosa, 2007). Las respuestas se expresan en escalas faciales o verbales desde me gusta muchísimo hasta me disgusta muchísimo, mediante esta prueba podemos valorar características de una muestra como ciertos atributos de dulce, salado, la dureza, etc. Se establece un valor numérico a cada escala para poder realizar un análisis de los datos obtenidos (Liria M. , 2007).

## **2.8 Análisis Estadístico**

### **➤ ANOVA**

Desarrollado por Fisher en 1930 es un análisis factorial que se ha convertido en un instrumento estadístico básico para el análisis de las diferencias encontradas en datos obtenidos de uno o más factores sobre una variable continua. Este test permite realizar comparaciones entre varias medias, pero lo realiza empleando un estudio de las varianzas. (Amat, 2016)

### **➤ PRUEBA DE TUKEY**

La prueba estadística de Tukey se usa junto con un ANOVA y se emplea para diferenciar entre medias de ciertos tratamientos con un 5% de probabilidad. Mediante esta prueba se construyen intervalos de confianza de las diferencias por pares y si estos intervalos incluyen al 0 se acepta la hipótesis nula. (Amat, 2016)

### 3. HIPÓTESIS

#### 3.1 Hipótesis de investigación

- La adición de Goma Xanthan o CMC afecta significativamente las características de textura (dureza, estructura de la miga y volumen) de un pan elaborado con almidón de yuca.

#### 3.2 Hipótesis nula

- La adición de Goma Xanthan o CMC no afecta significativamente las características de textura (dureza, estructura de la miga y volumen) de un pan elaborado almidón de yuca.

### 4. OBJETIVOS

#### 4.1 Objetivo general

- Analizar el efecto de las concentraciones de goma xanthan y el carboximetilcelulosa (CMC) en las características de textura de un pan cosido elaborado a base de almidón de yuca (*Manihot esculenta*).

#### 4.2 Objetivos específicos

- Evaluar las diferentes concentraciones de goma xanthan y carboximetilcelulosa (CMC) en el pan de almidón de yuca.
- Evaluar la aceptabilidad del pan de almidón de yuca cosido por medio de un análisis sensorial.
- Analizar la vida útil del producto después de un tiempo de terminado de su elaboración.

## 5. Justificación

Al promover el uso de tubérculos nacionales mediante la fabricación de diversos productos, se reactiva su cultivo y se dinamiza la economía de los lugares donde son cosechados (El Universo, 2020). Mediante el desarrollo de productos de consumo masivo elaborados con almidón se aporta valor agregado a estos cultivos para que vuelvan a ser elementos importantes de nuestra alimentación como lo fueron en la antigüedad y de esta forma el pequeño agricultor ecuatoriano dedicado a su producción se vea favorecido (Suquilanda, 2012).

Según la (INEC, 2012) se considera al pan como un producto básico en la alimentación de las familias ecuatorianas por ello se fomenta el uso yuca hecho almidón en la producción de pan. Se escogió el almidón de yuca por su contenido nutricional, y su composición de viscosidad que da estabilidad a los productos que se elaboran con el mismo. (Loor & Moran, 2017)

El almidón de yuca no presenta propiedades panificables similares al harina de trigo por no tener en su composición la proteína gluten que le da al pan la firmeza y esponjosidad que este producto necesita, sin embargo, se puede obtener un pan elaborado con harina de yuca con las mismas características de suavidad y esponjosidad de un pan tradicional gracias a la adición de hidrocoloides naturales. En esta investigación se ha implementado el uso de Goma Xathan y Carboximetilcelulosa en la formulación de pan con almidón de yuca para identificar cuál de los dos hidrocoloides ayudan el mejoramiento en sus características evitando el endurecimiento obteniendo una masa suave (Wong, 2012)y consiguiendo un volumen apropiado en pan. (Matos & Rosell, 2011).

Este producto de panificación es una nueva opción para personas celiacas que buscan consumir panes que garanticen ser libres de gluten, posean valor nutricional y presenten características organolépticas parecidas al producto tradicional (Guerra, 2018). Esta investigación es viable de realizar e interesante, ya que en el Ecuador existe un mercado de pan de yuca congelado para hornear mas no el pan horneado en percha con un determinado tiempo que tiene el pan para sea consumido ya que al pan de almidón de yuca se lo considera un pan

de consumo instantáneo porque al enfriarse tiende a endurecerse por tal razón se da esta investigación para determinar cuál de los aditivos ayuda en la durabilidad del producto sin cambiar sus características organolépticas.

### **5.1 Alcance**

El presente estudio llegó a determinar las concentraciones de Goma Xanthan y Carboximetilcelulosa (CMC) que simulan las propiedades viscoelásticas del gluten y retienen el CO<sub>2</sub> producido en la fermentación dando como resultado panes libres de gluten con miga uniforme, los cuales fueron elaborados a base almidón de yuca.

## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Materiales e insumos

En la siguiente tabla se puede ver los materiales, equipos y aditivos que se utilizaron en la elaboración del pan de almidón

**Tabla 4: Materia prima, equipos, Aditivos.**

Materiales	Equipos de laboratorio	Equipos Industriales	Aditivos
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Almidón de yuca</li> <li>•Queso</li> <li>•Mantequilla</li> <li>•Huevos</li> <li>•Leche</li> <li>•Leudante (Polvo de hornear)</li> <li>•Sal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza de precisión</li> <li>• Termómetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesas</li> <li>• Recipientes</li> <li>• Bandejas</li> <li>• Amasadora</li> <li>• Refrigerador</li> <li>• Horno</li> <li>• Porta bandejas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Carboximetilcelulosa (CMC)</li> <li>•Goma Xanthan</li> </ul>

### 6.2 Metodología

#### 6.2.1 Tipo de Estudio.

El presente trabajo de investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente gracias a la recopilación e interpretación de datos, además es de carácter experimental debido a que en esta investigación se realizaron comparaciones del mejor tratamiento de Goma Xathan y Carboximetilcelulosa (CMC) en el pan de yuca, se realizó una preselección del mejor tratamiento para un posterior análisis sensorial de las características de color, olor, sabor, textura del pan de yuca que fue evaluado en un tiempo aproximado de 5 días después de su elaboración.

## 6. 2.2 Población y muestra

Elaboración de pan de almidón de yuca mediante dos tratamientos de Goma Xathan y dos tratamientos de Carboximetilcelulosa (CMC) en concentraciones de 0,5% y 1% con relación al almidón de yuca, cada tratamiento equivale a un 1kg de la masa total de toda la mezcla de ingredientes que se obtiene con resultado de esta masa aproximadamente 32 panes (muestras).

En este estudio se realizaron 5 experimentos utilizando los siguientes aditivos para el mejoramiento de textura y durabilidad de un pan elaborado con almidón de yuca, se utilizó Goma Xathan en concentraciones de 0,5% y 1% y Carboximetilcelulosa (CMC) con las mismas concentraciones de 0,5% y 1% con relación al peso del almidón , para realizar los experimentos se inició con el tratamiento 0 que es la formulación del pan sin aditivo, para el tratamiento 1 se adiciono 1,5g de goma Xathan en la formulación del pan que equivale al 0,5% de concentración , para el tratamiento 2 se adiciono 3g de aditivo (goma xathan) que equivales al 1% de concentración, para el experimento 3 y 4 que se utilizó Carboximetilcelulosa con los mismos pesos de 1,5 y 3 g equivalentes al 0,5% y 1% de concentración de aditivo en la formulación del pan como se muestra en la Tabla . Cada tratamiento equivale a 1 kg de la masa total de todos los ingredientes que es el 100% de la formulación dando resultado del 1 kg de masa 32 panes de 28 a 30 g aproximadamente.

## 6.2.3. Procedimiento

### 6.2.3.1. Elaboración del pan de almidón de yuca.

- Formulación del pan:

En la elaboración de pan de almidón de yuca se utilizaron diferentes formulaciones de acuerdo a las concentraciones de Goma Xathan y



Carboximetilcelulosa (CMC) en total 4 formulaciones más la formulación 0 sin aditivos presentada en la Tabla 5.

**Tabla 5: Formulación Pan de yuca sin aditivos**

FORMULA PAN DE YUCA (T0)		
Ingredientes	Peso	Porcentaje
Almidón de yuca	290 g	29 %
Huevos	98 g	9,8%
Mantequilla	112 g	11,2%
Queso	472 g	47,2%
Polvo de Hornear	1 g	0,1%
Sal	2 g	0,2%
Leche	25 g	2,5%
Total, masa	1000 g	100%

Fuente: Pilatuña, I (2021)

- Tratamientos

**Tabla 6: Concentraciones para cada tratamiento**

Tratamiento	Concentración	Aditivo
T1	0,5%	GOMA XATHAN
T2	1%	GOMA XATHAN
T3	0,5%	CMC
T4	1%	CMC

**Tabla 7: Formulación de los tratamientos**

Materiales	TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TRATAMIENTO 3	TRATAMIENTO 4
Almidón de yuca	29%	28,99%	29%	28,99%
Huevos	9,8%	9,8%	9,8%	9,8%
Mantequilla	11%	11,04%	11%	11,04%
Queso	47,25%	47,23%	47,25%	47,23%
Polvo de Hornear	0,1%	0,10%	0,1%	0,10%

Sal	0,2%	0,20%	0,2%	0,20%
Leche	2,5%	2,50%	2,5%	2,50%
Goma Xathan - CMC	0,15	0,150%	0,15%	0,150%

*T1: Goma Xathan al 0,5%, T2: Goma Xathan al 1%, T3: CMC al 0,5%, T4: CMC al 1%*

A partir de las formulaciones presentadas en la Tabla 7 se realiza una preselección de los mejores tratamientos seleccionados por personas que se encuentran directamente en la elaboración del producto, esto se da mediante la comparación de todos los tratamientos siguiendo una característica específica a calificar.

### **6.2.3.2. Metodología usada para realizar la preselección de las muestras**

A partir de estas formulaciones se realizó una preselección con 7 personas que elaboramos el pan para determinar cuál de las formulaciones fueron las que mantuvieron las características de elasticidad, frescura y sabor después del tiempo de horneado. Se utilizó la prueba de ordenación identificando de manera creciente cuál de las 5 muestras va en 1ero, 2do, 3ro, 4to y 5to lugar de acuerdo a la calificación dada por los jueces. Para ello se realizó la siguiente prueba:

#### **➤ Prueba discriminativa por ordenamiento y puntaje**

Esta prueba tiene el propósito de ordenar las muestras de acuerdo a la aceptación del consumidor, tomando en cuenta la intensidad sensorial que le produce al consumir el producto sin preocuparse por si tiene mayor diferencia. (Hernandez, 2007) En esta prueba se puede seleccionar más dos muestras a evaluar con códigos para que puedan identificarse mejor y sea más fácil colocar su puntuación. (Peña, 2016). En el análisis sensorial se evaluó atributos del producto como suavidad, elasticidad y frescura del pan que se mantuvo por mayor tiempo sin perder sus características para la cual se aplicó una ficha de degustación a las 7 personas que intervienen en la elaboración del pan de yuca con un entrenamiento previo. Se calificó de acuerdo al agrado de cada catador

presentando 5 muestras las cuales fueron calificadas de manera creciente ubicando las muestras de acuerdo a su preferencia estableciendo que la última muestra no presento las características requeridas anteriormente mencionadas y de igual manera el primer puesto ocuparía la muestra que presento las características de suavidad, elasticidad y frescura. Estos resultados ayudaron a seleccionar los dos mejores tratamientos que serán evaluados por los consumidores.

### **6.2.3.3. Metodología usada para tratamientos preseleccionados**

#### **Evaluación sensorial por parte de consumidores o potenciales consumidores de los tratamientos pre seleccionados.**

Estos tratamientos serán evaluados por parte de nuestros consumidores mediante la prueba afectiva con escala hedónica, para determinar la aceptabilidad del producto en cuanto al color, olor, sabor, textura y apariencia que presenta el pan de yuca después de 4 días de estar empacados.

#### **➤ Prueba Afectiva con escala hedónica**

La evaluación de los tratamientos de pan de almidón de yuca, se realizó mediante la prueba afectiva con la utilización de escala hedónica en las características de color, olor, sabor, textura y. Se realizó con paneles sensoriales que calificaran de acuerdo con escala hedónica de 7 niveles con diferentes puntuaciones que van desde el 1 siendo el más bajo y el 7 el más alto. La escala hedónica va desde me gusta muchísimo, hasta me disgusta muchísimo, teniendo puntos intermedios en ni me gusta ni me disgusta presentes en la tabla.

**Tabla8: Puntuación Escala Hedónica**

Puntos	ESCALA HEDÓNICA
7	Me gusta mucho

6	Me gusta moderadamente
5	Me gusta poco
4	No me gusta ni me disgusta
3	Me disgusta un poco
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta mucho

(Surco & Alvarado, 2011)

Mediante esta prueba los panelistas seleccionaran el mejor tratamiento entre las dos tratamientos preseleccionados distinguiendo de acuerdo a su criterio cuál de los dos mantienen las características organolépticas requeridas en el pan de yuca. Los panelistas son consumidores habituales (jueces afectivos), no entrenados, que distinguirán si el producto es de su agrado, está conformado por 30 personas como mínimo ya que es necesario para conseguir resultados significados de lo evaluado. (Surco & Alvarado, 2011). Los tratamientos se identificaron con códigos identificar mejor el tratamiento y así los panelistas establecerán su calificación del producto, llegando a una selección del tratamiento ideal para la venta y consumo.

#### **6.2.4. Descripción del proceso para la elaboración del pan con almidón de yuca**

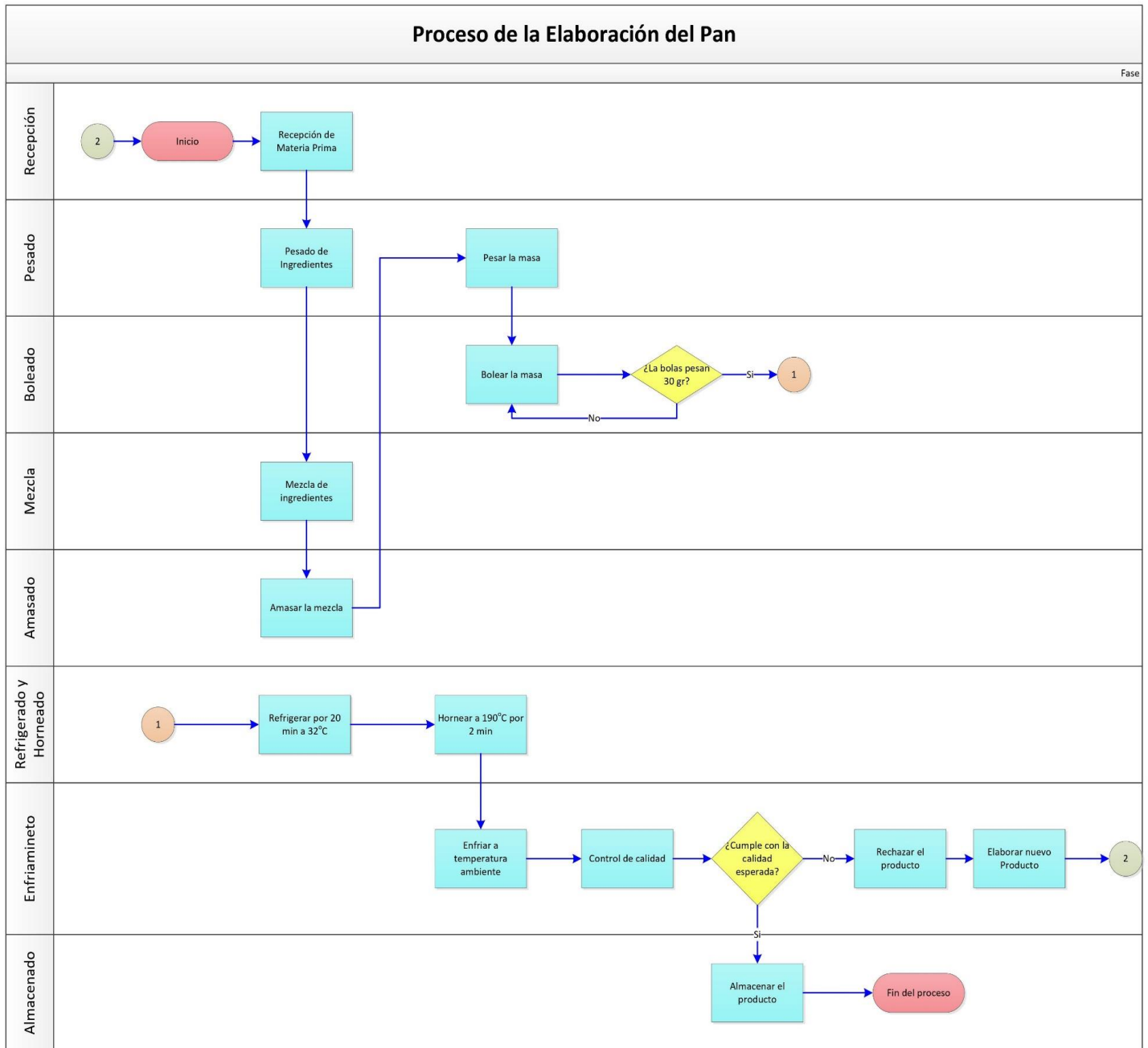
- **Recepción de materia prima:** en esta etapa del proceso se recoleta toda materia prima que interviene en la elaboración del pan.
- **Control de calidad de la materia prima:** Se realiza una inspección de cada insumo, su estado, que vengan en descompuestos o en menor cantidad.
- **Peso de insumos:** en esta etapa se controla el peso de cada uno de los insumos de acuerdo a la formulación.
- **Mezcla de insumos:** en un recipiente se mezcla cada uno de los ingredientes primero todo lo que es en polvo, el almidón, sal, polvo de hornear y el aditivo que se puede poner directamente o diluido,

seguidamente se pone el queso y la mantequilla para finalmente poner los huevos.

- **Amasado:** En este proceso ya mezclados todos los ingredientes se amasa aproximadamente 10 min, en este proceso se va incluyendo la leche hasta que la masa tenga una consistencia suave y homogénea.
- **Pesado en masa:** en esta etapa se verifica el peso de toda la masa si existe pérdidas, para tener en cuenta en el proceso de bolillado y el peso de cada bolita.
- **Boleado:** en esta etapa del proceso se realiza el bolillado formando bolitas entre 28 a 30 g para la facilidad de cocción si el pan es muy pequeño tiende a cocinarse pronto y cuando es muy grande no se cocina totalmente.
- **Refrigerado:** en esta etapa se deja enfriar las bolitas por 20min para que tenga consistencia la masa y sea fácil y rápido el proceso de horneado
- **Horneado:** el proceso de horneado se hace aproximadamente en 25 min a una temperatura de 180°C
- **Enfriado:** después de ser horneado los panes se colocan en bandejas para enfriarse a temperatura ambiente aproximadamente en 15 min.
- **Empaquetado:** Se empaca 10 unidades en una funda Ziploc
- **Almacenado:** Durante 4 días se almacena el producto, se lo consume con un tiempo de 5 min al calentarlo.

#### 6.2.5. Diagrama de proceso

#### Grafica 1: Diagrama de proceso de elaboración pan de almidón de yuca



## 7. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 7.1 RESULTADOS

#### 7.1.1 Tratamiento preseleccionado

Luego de hornear se almacenó 10 panes en una funda plástica (ziploc) se los analizó sensorialmente por 7 personas que elaboramos el pan. En la Tabla 9 se presentan los resultados obtenidos de la preselección de tratamientos de Carboximetilcelulosa y Goma Xathan que mantuvieron por más tiempo su elasticidad, su frescura, y su sabor.

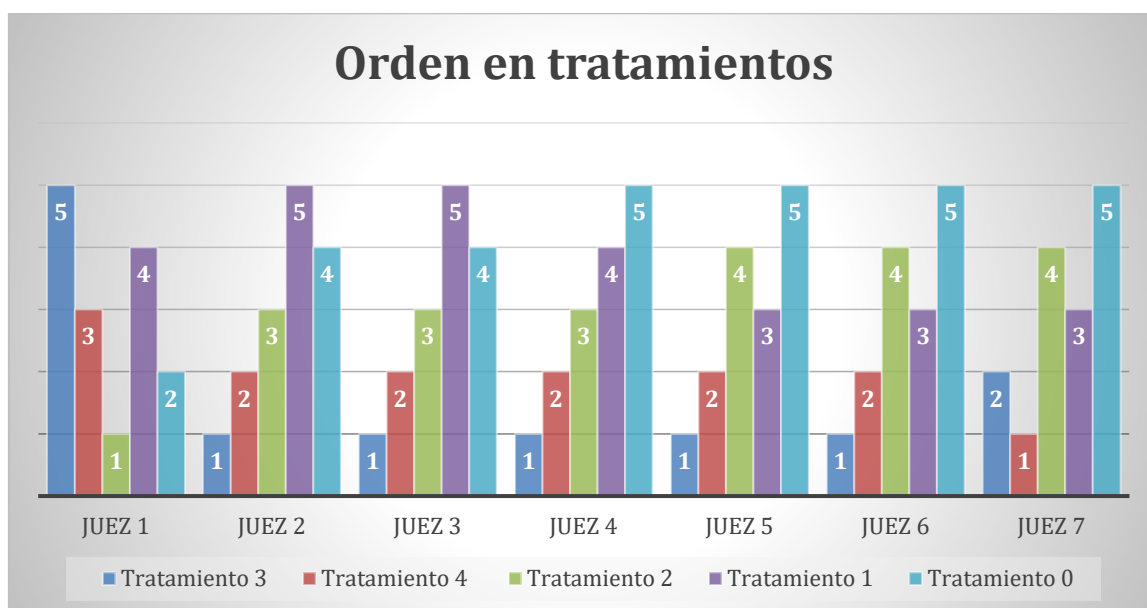
**Tabla 9: Aceptación preliminar de las muestras.**

	Tratamiento 3	Tratamiento 4	Tratamiento 2	Tratamiento 1	Tratamiento 0
Suma de Ordenamientos	12	14	22	27	30

T1= 0,5% goma xathan, T2= 1% goma xathan, T3= 0,5% CMC y T4= 1% CMC

A partir de los datos obtenidos de la suma de cada ordenamiento en los tratamientos puestos a prueba. Se puede verificar que el Tratamiento 3 de 0,5% de concentración de CMC fue el tratamiento que tuvo el primer lugar en el orden establecido de los 5 tratamientos obteniendo en su suma 12 puntos. Seguido de este está el Tratamiento 4 de 1% de concentración de CMC que obtuvo el segundo lugar de acuerdo al orden de diferenciación en las características que los catadores observaron con un total de 14 puntos.

En la Gráfica 2 se muestra el número de jueces y tratamientos que fueron evaluados, se puede diferenciar las puntuaciones establecidas por cada catador y se puede distinguir que tratamiento o cuales de tratamientos fueron los mejores calificados según el criterio de sabor, frescura y elasticidad del producto.

**Grafica 2: Evaluación sensorial preselección**

#### 7.1.1.1. Análisis de Varianza

De acuerdo al análisis de varianza presente en la Tabla 10 se puede verificar que los datos obtenidos en el valor-p de la prueba F es menor a 0,05 del nivel de confianza por lo tanto se puede decir que rechaza la hipótesis nula tomando en cuenta que si existen diferencias significativas entre varianzas de los tratamientos.

**Tabla 10: Análisis de Varianza tratamientos**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Catadores	7	1,562	0,2603	1,87	0,129
Tratamientos	5	23,200	4,6400	33,35	0,000
Error	23	3,200	0,1391		
Total	34	27,886			



Para establecer si presentan diferencias significativas en sus medias, se realizó la prueba de Tukey para comprobar con los datos obtenidos si hay o no diferencia, se muestra en la siguiente Tabla 11:

**Tabla 11: Tratamientos preseleccionados pan de almidón de yuca**

<b>Tratamientos</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
Tratamiento 3	7	3,00000	A
Tratamiento 4	7	2,85714	A
Tratamiento 1	7	1,42857	B
Tratamiento 2	7	1,35714	B
Tratamiento 0	7	1,14286	B

#### **7.1.2. Pan de almidón de yuca con 0,5% de CMC**

Los análisis sensoriales se realizaron con 30 personas consumidores del producto, se estableció una puntuación mediante la escala hedónica donde los consumidores tenían que calificar sus atributos de acuerdo al color, olor, sabor y textura de acuerdo a su agrado se establecieron tres repeticiones por tratamiento los cuales se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 12: Tratamiento 0,5% de Carboximetilcelulosa**

<b>Muestra</b>	<b>COLOR</b>	<b>OLOR</b>	<b>SABOR</b>	<b>TEXTURA</b>
<b>C120</b>	6,37	6,2	6,3	6,1
<b>C150</b>	6,37	6,33	6,33	6,6
<b>C200</b>	6,37	6,23	6,33	6,43

En la Tabla 13 se muestran las medias de los atributos calificados en el pan de almidón de yuca evaluadas por los consumidores siendo la muestra C150 la

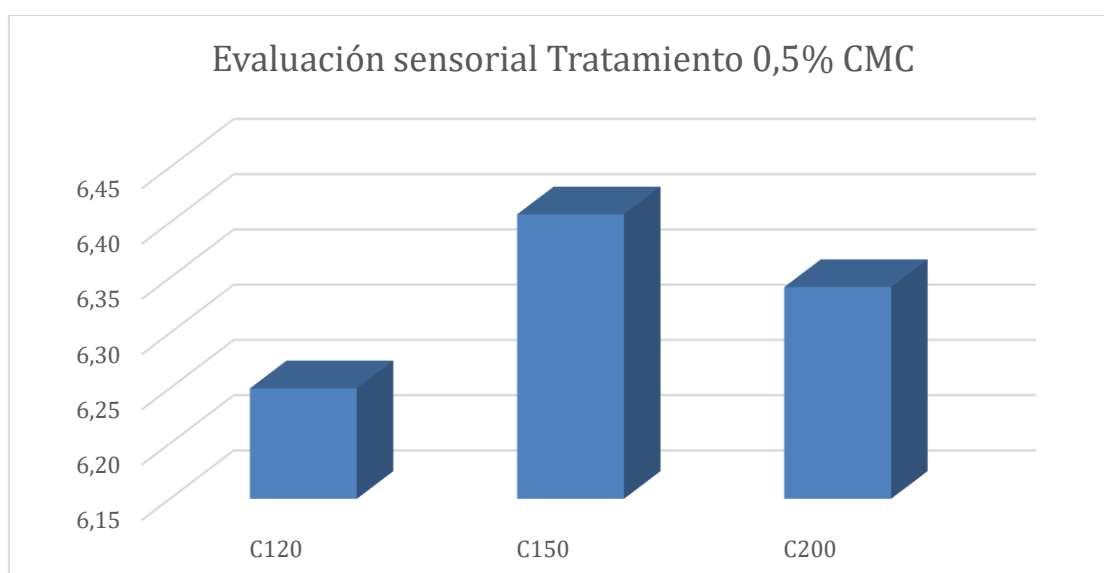
mejor aceptada por tener una media de 6,41 de puntuación seguida la muestra C200 con 6,34 y la muestra C120 con 6,25 considerando que todas las muestras están dentro del rango “me gusta moderadamente”

**Tabla 13: Puntaje atributos del pan de almidón de yuca**

Muestra	Media	Grupo
<b>C120</b>	6,25	A
<b>C150</b>	6,41	A
<b>C200</b>	6,34	A

En la Gráfica 3 se muestra la diferencia que presentan cada muestra de acuerdo a la puntuación dada por los consumidores, siendo la escogida la muestra C150 calificada en un rango de 1-7 considerando el 7 como la nota más alta y de acuerdo a la evaluación está dentro de la categoría de “me gusta moderadamente”

**Gráfica 3: Aceptación de muestras de concentración 0,5 de CMC**



### 7.1.2.1. Análisis de varianza del tratamiento 0,5% de CMC

En la Tabla 14 de varianza se puede verificar que el valor p que representa a los atributos del se evaluaron del pan de almidón de yuca en los parámetros de color olor sabor y textura son mayor al valor p ( $p < 0,05$ ) por tanto no existe un nivel de significancia en las medias de este tratamiento, el error en la suma de cuadrados ajustado esta entre 43,72% y en la media de Cuadrados esta 0,502%.

**Tabla 14: Análisis de varianza 0,5% de CMC**

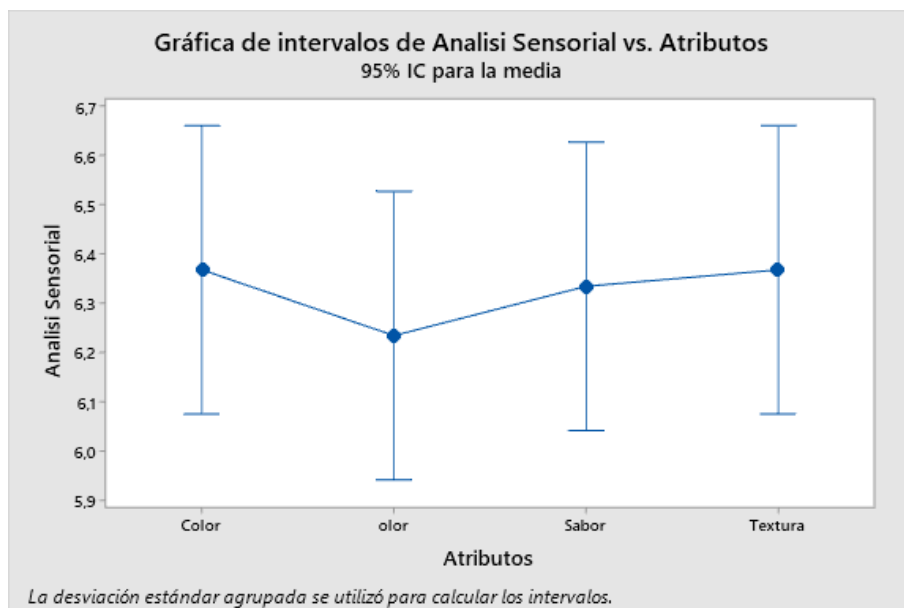
<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Catadores	30	32,2417	1,1118	2,21	0,002
Atributos	4	0,3583	0,1194	0,24	0,870
Error	87	43,7250	0,5026		
Total	119	76,3250			

### 7.1.2.2. Comparaciones de Tukey en el pan de 0,5% de CMC

Para establecer si existen diferencias significativas, se realizó la prueba de Tukey con confianza de 95% que se muestra en la Tabla 15 las comparaciones de los atributos calificados del tratamiento estableciendo si presentan diferencias significativas entre el olor, color, sabor y textura del producto.

**Tabla 15: Prueba de Tukey en atributos de tratamiento con 0,5% de CMC**

<b>Atributos</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
Textura	30	6,367	A
Color	30	6,367	A
Sabor	30	6,333	A
olor	30	6,233	A

**Gráfica 4: Prueba de Tukey en muestra de CMC**

En la Gráfica 4 representa la diferencia que existe entre las medias de color olor sabor y textura, se muestra que el punto más bajo en la media es el olor, seguido del sabor y siendo entre los atributos con media de puntos altos el color y la textura, siendo estos dos atributos los aceptados por los consumidores en una escala de “me gusta moderadamente”.

### 7.1.3. Pan de almidón de yuca con 1% de concentración de CMC

En la siguiente Tabla 16 se establece los puntajes obtenidos de la evaluación sensorial con escala hedónica consideran parámetros de color, olor, sabor y textura que el pan de almidón de yuca presenta se establecieron tres repeticiones por tratamiento los cuales se muestran en la siguiente tabla.

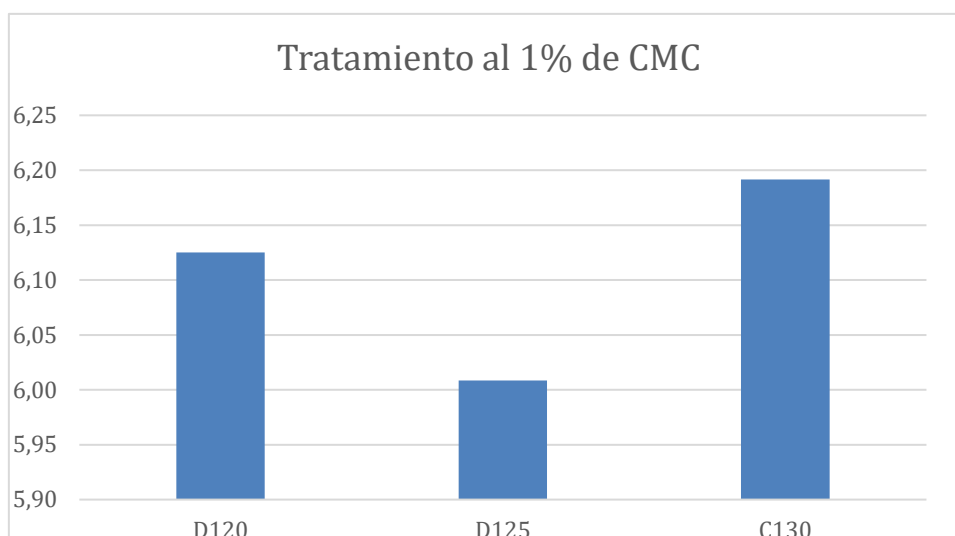
**Tabla 16: Tratamiento al 1% de concentración de CMC**

Muestra	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA
D120	6,1	6,1	6,1	6,2
D125	6,1	6,1	5,53	6,3

<b>C130</b>	6,1	6,1	6,1	6,47
-------------	-----	-----	-----	------

Se puede verificar en la Gráfica 5 que hay aceptación por parte de los consumidores en los parámetros de color, olor y sabor en la muestra C130 del tratamiento de concentración 1% ya que está considerado dentro del rango de 1 a 7 en la categoría “me gusta moderadamente”

**Gráfica 5: Aceptación de muestras de concentración 0,5 de CMC**



#### 7.1.3.1. Análisis de Varianza del tratamiento 1% de CMC

En la Tabla 17 se puede verificar que existe significancia ya que el valor p es < 0,05 del nivel de confianza esto demuestra que si existe diferencia significativa en este tratamiento estadísticamente se puede decir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna en este tratamiento.

**Tabla 17: Análisis de varianza tratamiento 1% CMC**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Catadores	30	59,058	1,9686	2,62	0,000
Parámetros	4	7,158	2,3860	3,18	0,028
Error	86	64,509	0,7501		
Total	119	130,792			

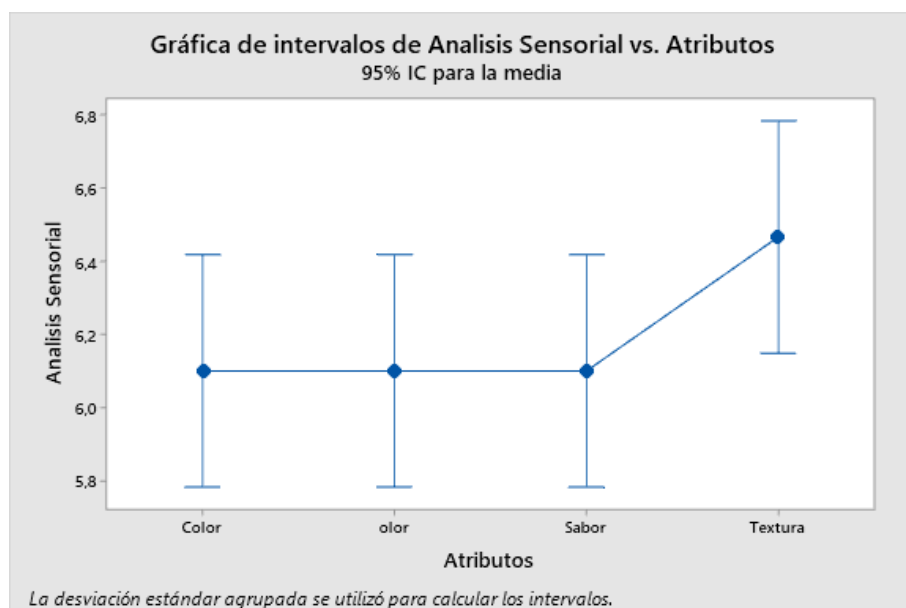
### 7.1.3.2. Comparaciones de Tukey en el pan de almidón de yuca 1% de CMC

**Tabla 18: Prueba Tukey en pan de yuca al 1% de CMC**

Atributos	N	Media	Agrupación
Textura	30	6,46667	A
Color	30	6,10000	A
olor	30	6,10000	A
Sabor	30	6,10000	A

En la Tabla 18 se muestra la prueba realizada mediante la utilización de Tukey con un nivel de confianza de 95% donde nos muestra que existe diferencia entre los atributos del pan de yuca estas diferencias fueron establecidas por nuestros catadores pan de yuca mostrado que si hay diferencias entre uno con otro parámetro.

**Gráfica 6: Intervalos de Análisis sensorial y Atributos en concentración de 1%**



En la Gráfica 6 representa la diferencia que existe entre las medias de color olor sabor y textura, se muestra que el punto más alto esta la textura con una media de 6,4, los demás atributos están en los mismos puntos con una misma media entendiendo que el punto de aceptación es la textura de igual manera están dentro de la categoría de “me gusta moderadamente” establecida por nuestros consumidores.

## 7.2 DISCUSIÓN

En el presente trabajo de investigación se lo realizó en dos partes por el número de tratamientos analizarse en la elaboración de pan de almidón de yuca para la preselección se utilizó la prueba por ordenamiento con puntaje para determinar dos mejores concentraciones de CMC o de Goma Xathan establecidas con 0,5% y 1% de concentración, se establece de acuerdo a los datos presentados en los resultados al tratamiento 3 y tratamiento 4 por mantener sus características organolépticas en 72 horas (Correa, 2012).

Se establece al tratamiento de 0,5 % de Carboximetilcelulosa para un análisis de acuerdo a la escala hedónica que está en un rango de 1 a 7 puntos considerando al 7 como el más alto de acuerdo a esta prueba nuestros consumidores dieron su criterio de aceptación en cuanto a los atributos de color, olor, sabor y textura como se verifica en los resultados se plantearon 3 repeticiones para cada tratamiento y de acuerdo a las medias y datos diferenciados se estableció mayor aceptación a la muestra D125 con un puntaje de 6,6 considerándose en la “categoría de me gusta moderadamente”.

Se puede decir que el tratamiento 4 con 1% de CMC la muestra con mejor aceptación de acuerdo a las características planteadas de olor, color ,sabor y textura es la muestra C130 de acuerdo a la diferencia significativa que existe entre las medias con respecto a las otras muestras de igual manera se analizó con el análisis de varianza establecido los 4 atributos y el número de catadores por muestra dando un nivel de significancia entre los atributos y de acuerdo a

los resultados se establece que el valor de  $p$ , es menor a 0,05 esto demuestra que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna. (Molina M. , 2017)

Con la utilización del método de Tukey se estableció que si existe diferencias significativas ya que se obtuvieron datos paramétricos entre los tratamientos de acuerdo a las características aceptadas por el consumidor, en cuanto al Tratamiento con 0,5% de CMC se diferencia una media baja en el olor y sabor , en cuanto al color y textura están con puntos de medias altas, de igual manera aplicada la prueba Tukey en la concentración 1% se establece diferencias significativas entre color, olor y sabor con respecto a la textura esta tiene una media más alta que las características de los demás. En cuanto al sabor, olor se puede perder o no, se puede generar en el proceso de reposo se generan ciertas sustancias que ayudan en el aroma y sabor de la masa. (Correa, 2012)

En este caso de acuerdo a la hipótesis alterna que se acepta se menciona que la utilización de hidrocoloides en este caso CMC si produce un efecto en la textura del pan de yuca es que si afecta en la textura la adición de hidrocoloides en este caso Carboximetilcelulosa ya que es considera un aditivo de mejoramiento de textura no solo solo en el pan sino en diferentes productos alimenticios, menciona (Martínez F. R., 2015) que la utilización de CMC da a los productos características viscoelásticas reduciendo el envejecimiento del almidón y aumenta la vida útil.

Se considera de acuerdo a los resultados que los tratamiento de CMC al 0,5% y 1% en el pan totalmente horneado fueron aceptados por los consumidores de acuerdo a la calificación establecida por la prueba con escala hedónica tomando en cuenta que el producto está entre “me gusta moderadamente”, de igual manera cabe recalcar que la concentración de 1% de CMC fue el mejor calificado no menos de 6 puntos en todas las características organolépticas, considerando que les gusto moderada mentes el color, olor y sabor del pan considerando la calidad de los panes que mantenían su frescura y elasticidad en el tiempo transcurrido. (Correa, 2012)



## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1 Conclusiones

- Al aplicar los aditivos en diferentes concentraciones se pudo verificar que el pan mantuvo sus características suavidad, frescura en un tiempo de 5 días siendo un gran beneficio ya que el pan elaborado con almidón de yuca. Después de ser horneado en un tiempo determinado empieza a endurecerse debido a que el almidón no contiene la proteína (gluten) que ayuda en la elasticidad y suavidad del pan durando aproximadamente en almacenamiento 48 horas.
- Se logro analizar entre las dos concentraciones de Goma Xathan y CMC identificando cual resulto mantener las características en un panes de yuca almacenados, demostrando que las dos concentraciones de Carboximetilcelulosa fueron la que mejor características presentaban para ser evaluadas por consumidores.
- El mejor tratamiento elegido por los consumidores es el D130 con concentración de 1% de Carboximetilcelulosa donde se considera que esta cantidad de aditivo ayuda a mantener las características de olor, color sabor y textura durante 3 días después de empaquetado bajo condiciones de almacenamiento en lugar fresco a temperatura ambiente.

### 8.2 Recomendaciones

- Se recomienda la utilización de CMC en otros tipos de productos como salsas, helados ya que sirve como espesante y estabilizante además es un aditivo natural proviene de la celulosa modificada siempre utilizando las cantidades establecidas por el Codex Alimentarius.

- Se puede utilizar el Carboximetilcelulosa (CMC) de manera directa a la masa o diluida en agua convirtiéndose en un gel que se incluye en la mezcla con el almidón de yuca y demás ingredientes.
- Se recomienda realizar otros estudios de la utilización de CMC en yogurt para determinar si la aplicación de Carboximetilcelulosa afecta en la viscosidad del yogurt saborizado.
- Este producto al no tener la proteína gluten está directamente enfocada a personas intolerantes a la misma por que se considera una buena opción el producto si afectar la salud de las personas recomendando su consumo.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvis, A., & Arrazola, L. P. (2011). *Estudio de Propiedades Físicas y Viscoelásticas de Panes Elaborados con Mezclas de Harinas de Trigo y de Arroz Integral*. Obtenido de doi: 10.4067/S0718-076420110004000012
- Amat, J. (Enero de 2016). *ANOVA análisis de varianza para comparar múltiples medias*. Obtenido de [https://github.com/JoaquinAmatRodrigo/Estadistica-con-R/blob/master/PDF\\_format/19\\_ANOVA\\_an\\_\\_lisis\\_de\\_varianza\\_para\\_comparar\\_m\\_\\_ltiples\\_medias.pdf](https://github.com/JoaquinAmatRodrigo/Estadistica-con-R/blob/master/PDF_format/19_ANOVA_an__lisis_de_varianza_para_comparar_m__ltiples_medias.pdf)
- Aristizabal, J., & Sanchez, T. (s.f.). Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO 163. ROMA: 2007.
- Artica, M. (2018). Caracterización morfológica de cuatro accesiones de yuca. Oxapampa, Perú.
- Barquero, M. (2012). *ANÁLISIS PROXIMAL DE ALIMENTOS*. Editorial UCR.
- Barrera, V., Tapia, C., & Monteros, A. (2004). *Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador . Ecuador-Perú .*
- Boletín Oficial del Estado*. (11 de Mayo de 2019). Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/spa188186.pdf>
- Catassi, C. (Marzo de 2005). *El mapa mundial de la enfermedad celíaca*. Obtenido de Acta Gastroenterológica Latinoamericana: <https://www.redalyc.org/pdf/1993/199317328008.pdf>
- Cauvain, S., & Young, L. (2002). *Fabricación de pan*. España: Acribia S.A.
- Cobana, M., & Antezana, R. (2007). Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca. *Boliviana de Química*, 77-83.
- Consultores Cerealistas S.A. (2021). *CONCEREAL*. Obtenido de <https://concereal.net/wp-content/uploads/2020/01/Folleto-de-producto-Texturometro-CT3-1.pdf>

- Correa, M. X. (2012). Buenos Aires, Argentina.
- El Universo. (2020). *#EcuadorFullPapa, campaña que busca impulsar el consumo del tubérculo en el país*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/06/25/nota/7884375/di-nacional-papa-consumo-ecuador-agricultura-campana/>
- Espinosa, J. (2007). *Evaluación Sensorial de los alimentos*. La Habana: Universitaria .
- Garcés, B. (2019). Obtencion de harina de mashua (*Tropaeolum Tuberosum*) y oca (*Oxalis Tuberosa*) mediante la deshidratación para la elaboración de pastas artesanales. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Gómez, S. (01 de 11 de 2020). *Alimente*. Obtenido de [https://www.alimente.elconfidencial.com/gastronomia-y-cocina/2020-11-01/yuca-propiedades-prepararlo\\_1881162/](https://www.alimente.elconfidencial.com/gastronomia-y-cocina/2020-11-01/yuca-propiedades-prepararlo_1881162/)
- Guerra, C. (2018). Productos sin gluten: un nuevo mercado por explotar en Guayaquil. Guayaquil, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana .
- Guías Mundiales de la Organización Mundial de Gastroenterología . (Abril de 2012). *Enfermedad celíaca* . Obtenido de <https://www.worldgastroenterology.org/UserFiles/file/guidelines/ceeliac-disease-spanish-2013.pdf>
- Herawati, H. (2019). *Hydrocolloids to The Effects of Gluten Free Bakery Products*. Obtenido de Journal of Physics: Conference Series: doi:10.1088/1742-6596/1295/1/012052
- Hernández, A., & Maria, R. (s.f.). *Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos*.
- Hernández, Á., & Ruiz, M. (2010). *Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los alimentos*. España: Segunda ed., Vol.II.
- Hernandez, E. (2007). Evaluación Sensorial. Bogota , Colombia.
- Holguín, B., & Alvarado, A. (Octubre de 2017). *COMPORTAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE HARINA DE TRIGO EN EL ECUADOR*. Obtenido de Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, Ecuador: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2017/produccion-harina-trigo.html>
- IECED. (15 de Julio de 2019). *Enfermedad celica, la camaleónica de las enfermedades digestivas* . Obtenido de <https://www.ieced.com.ec/enfermedad-celiaca-la-camaleonica-de-las-enfermedades-digestivas/>
- INEC. (2012). *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de Hogares Urbanos y Rurales*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-nacional-de-ingresos-y-gastos-de-los-hogares-urbanos-y-rurales/>
- Islas, A., MacRitchie, F., Gandikota, S., & Hou, G. (2005). RELACIONES DE LA COMPOSICIÓN PROTEÍNICA Y MEDICIONES REOLÓGICAS EN MASA CON LA CALIDAD PANADERA DE HARINAS DE TRIGO. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 243-251.
- Liria, M. (2007). *Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos*. Obtenido de <https://lac.harvestplus.org/wp-content/uploads/2008/02/Guia-para-la-evaluacion-sensorial-de-alimentos.pdf>

- Liria, M. R. (2007). Guía para la evaluación sensorial en los Alimentos. *Agrosalud*.
- Loor, L. M., & Moran, I. (Noviembre de 2017). Efecto del almidón de yuca a partir de diferentes porcentajes de camarón y pollo en la textura final de una salchicha. *Calceta*.
- López, P., Boatella, ., & Codony, . (2004). *Química y Bioquímica de los alimentos II*. España.
- Martínez, F. R. (2015). IMPACTO DE LA ADICIÓN DE CARBOXIMETILCELULOSA Y AGUA EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y DE CALIDAD DE PAN LIBRE DE GLUTEN. *Actualidad & Divulgación Científica*.
- Martínez, F., Rodríguez, E., & Hernández, M. S. (2015). *IMPACTO DE LA ADICIÓN DE CABOXIMETILCELULOSA Y AGUA EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y DE CALIDAD DE PAN LIBRE DE GLUTEN*. Obtenido de *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 18((2): 445-454.
- Matos, M., & Rosell, C. (Septiembre de 2011). *Chemical Composition and Starch Digestibility of Different Gluten-free Breads*. Obtenido de *Plant Foods for Human Nutrition* 66(3):224-30: DOI:10.1007/s11130-011-0244-2
- Mesas, J. M., & Alegre, M. (14 de Octubre de 2009). *CYTA Journal of Food*. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/11358120209487744?needAccess=true>
- Molina, C. (2013). Alimentos sin gluten derivados de cereales. *nmia Science*, 447-461.
- Molina, M. (2017). Que significa realmente el valor P. *Pediatr Aten Primaria*, 81-90.
- Molina-Rosell, C. (2013). Alimentos sin gluten derivados de cereales. En *Enfermedad celíaca y sensibilidad al gluten no celíaca* (págs. 447-461). Barcelona.
- Mollejo, V. (10 de Mayo de 2020). *Goma xantana, el aditivo bajo en grasas que sustituye al gluten*. Obtenido de [https://www.alimente.elconfidencial.com/consumo/2020-05-10/goma-xantana-usos-beneficios\\_1754146/](https://www.alimente.elconfidencial.com/consumo/2020-05-10/goma-xantana-usos-beneficios_1754146/)
- Muñoz, X., & Hinostroza, F. (2017). *La Yuca en el Ecuador; su origen y diversidad genética*. Obtenido de [http://www.uagraria.edu.ec/publicaciones/revistas\\_cientificas/16/058-2017.pdf](http://www.uagraria.edu.ec/publicaciones/revistas_cientificas/16/058-2017.pdf)
- Osorio, M., Hernadez, G., Bravo, & Sánchez. (2020). Calidad y estructura de un pan sin gluten: efecto del tipo de hidrocoloide, proteína y harina pregelatinizada. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 397-402.
- Palma, D. (2006). El estudio de la adición de almidón modificado en la elaboración de salchicha . Ambato, Ecuador.
- Parada, A., & Araya, M. (Octubre de 2010). *El gluten. Su historia y efectos en la enfermedad celíaca*. Obtenido de *Revista medica de Chile*: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-98872010001100018&lng=en&nrm=iso&tlng=en](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872010001100018&lng=en&nrm=iso&tlng=en)

- Peña, M. A. (2016). Diseño e implementación de laboratorios de análisis sensorial para empresa de alimentos . Cuenca, Ecuador.
- Pizarro, M., & Sánchez, T. (2016). Diversificación de los Almidones de Yuca y sus Posibles Usos en la Industria Alimentaria. *Revista Politécnica*.
- REVISTA-LÍDERES. (14 de Noviembre de 2019). *La industria panificadora se halla en crecimiento*. Obtenido de <https://www.revistalideres.ec/lideres/industria-panificadora-crecimiento-ecuador-produccion.html#:~:text=El%20consumo%20de%20pan%20en,20%20000%2C%20directa%20e%20indirectamente>.
- Rodriguez, E., Angelica, S., & Alfredo, A. (27 de Agosto de 2003). *HIDROCOLOIDES NATURALES DE ORIGEN VEGETAL*. Obtenido de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/6179/7703>
- Sánchez, H., González, R., Osella, C., & Torres, R. (2008). ELABORACIÓN DE PAN SIN GLUTEN CON HARINAS DE ARROZ EXTRUDIDAS. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 109-116.
- Suárez, L., & Mederos, V. (2011). Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). . *Cultivos Tropicales*.
- Suquilanda, M. (2012). *Producción orgánica de cultivos andinos (Manual Técnico)*. Obtenido de [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/mountain\\_partnership/docs/1\\_produccion\\_organica\\_de\\_cultivos\\_andinos.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf)
- Surco, J. C., & Alvarado, J. A. (2011). ESTUDIO ESTADÍSTICO DE PRUEBAS SENSORIALES DE HARINAS COMPUESTAS PARA PANIFICACIÓN. *Revista Boliviana de Química* , 79-82.
- Torres, J., González, K., & Acevedo, D. (2015). Análisis del Perfil de Textura en Frutas, Productos Cárnicos y Quesos. *ReCiTeIA*, 63-75.
- Vargas, P. (2011). Obtención de almidón fermentado a partir de yuca (*Manihot esculenta* crantz). *Tecnología en marcha*, 15-23.
- Vega, O., De Marco, R., & Di Risio, C. (2016). PROPIEDADES FÍSICAS Y SENSORIALES DE UN PAN FRESCO, CON LA ADICIÓN DE LAS ENZIMAS LACASA, XILANASA Y LIPASA. *Revista EIA*, 87-100.
- Villanueva, R. (2017). Productos libres de gluten. *Ingeniería Industrial*, 183-194.
- Wong, X. (2012). "UTILIZACIÓN DE GOMA XANTHAN Y MONOGLICÉRIDO DESTILADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TEXTURA DEL PAN ELABORADO A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA. Ambato, Tungurahua, Ecuador.
- Zegarra, S., Muñoz, A., & Ramos, F. (Octubre de 2019). *Elaboración de un pan libre de gluten a base de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y evaluación de la aceptabilidad sensorial*. Obtenido de Revista Chilena de Nutrición: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182019000500561#:~:text=La%20evaluaci%C3%B3n%20sensorial%20por%20los,para%20la%20producci%C3%B3n%20de%20panes](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182019000500561#:~:text=La%20evaluaci%C3%B3n%20sensorial%20por%20los,para%20la%20producci%C3%B3n%20de%20panes).

## 10. ANEXOS

## Anexo 1: ELABORACIÓN DE EL PRODUCTO

1



2



3



4

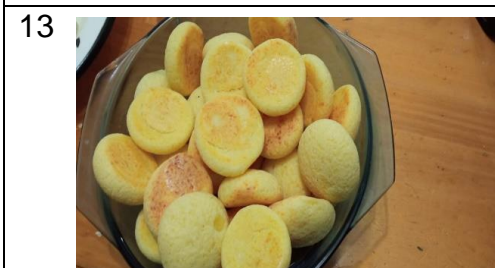
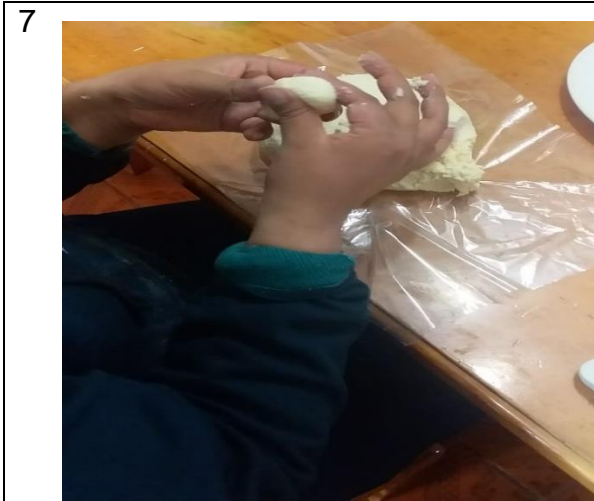


5



6





### Anexo 2: Evaluación sensorial

A



### Anexo 3: FORMULARIO DE PRUEBA AFECTIVA SENSORIAL EN PAN DE ALMIDON DE YUCA

<b>Muestra:</b>		<b>Fecha:</b>				
<b>Nombre:</b>		<b>Edad:</b>				
<p>Pruebe por favor la muestra e indique su nivel de agrado marcando una x en el casillero que mejor le parezca para el producto, de acuerdo a sus características</p>						
		Color	Olor	Sabor	Textur	Aparienci a
7	Me gusta mucho					
6	Me gusta moderadamente					
5	Me gusta poco					
4	No me gusta ni me disgusta					
3	Me disgusta poco					
2	Me disgusta moderadamente					
1	Me disgusta mucho					
<b>Muchas Gracias.</b>						



**Anexo 4: FORMULARIO PRUEBA DISCRIMINATIVA POR ORDENAMIENTO****Nombre:****Fecha:****Edad:****Indicaciones**

Por favor enjuague su boca antes de empezar

Por favor pruebe las 5 muestras del producto empezando en el orden presentado. Usted puede beber agua las veces que desee antes de probar una a una. Usted puede probar nuevamente la muestras una vez que haya terminado de probar todas las muestras, asigne un orden de acuerdo a su preferencia con las características de frescura, elasticidad y sabor que le haya parecido utilizando las siguientes categorías:

1=Mas preferida

5= Menos preferida

Si tiene alguna duda no dude en hacerla.

<b>Productos</b>	<b>Orden de preferencia (no se permiten empates)</b>
Tratamiento 0	
Tratamiento 1	
Tratamiento 2	
Tratamiento 3	
Tratamiento 4	