



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

“OBTENCIÓN DE FÉCULA DE PAPA CHINA (*Colocasia esculenta*) MEDIANTE TRES MÉTODOS DE EXTRACCIÓN”

Trabajo de titulación

Tipo: Trabajo experimental

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

AUTORA: ALEJANDRA ELIZABETH RENTERÍA CHIMBO

DIRECTORA: BQF. SANDRA ELIZABETH LÓPEZ SAMPEDRO, MG.

RIOBAMBA – ECUADOR

2020

©2020, Alejandra Elizabeth Rentería Chimbo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Alejandra Elizabeth Rentería Chimbo, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referidos.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 14 de febrero del 2020.

Alejandra Elizabeth Rentería Chimbo

060492308-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: el trabajo de investigación: tipo Trabajo Experimental “**OBTENCIÓN DE FÉCULA DE PAPA CHINA (*Colocasia esculenta*) MEDIANTE TRES MÉTODOS DE EXTRACCIÓN**”, de responsabilidad de la señorita egresada **Alejandra Elizabeth Rentería Chimbo**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Fabricio Armando Guzmán Acán Mg.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

..... 14 de febrero del 2020.

Bqf. Sandra Elizabeth López Sampedro Mg.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

..... 14 de febrero del 2020.

Ing. Armando Vinicio Paredes Peralta Ms C

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

..... 14 de febrero del 2020.

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de titulación a Dios que ha dirigido toda mi vida siendo mi guía en todo momento, por todas sus bendiciones y su amparo.

A mis padres Roberto Miguel Rentería y Fanny Esperanza Chimbo Fajardo por su amor incondicional, quienes han sido mi ejemplo, por sus enseñanzas y consejos haciendo que sea una persona de bien y nunca decaer.

A mis hermanos Fabián, Jorge y Sofía por estar siempre a mi lado orientándome y ayudando en todo lo que necesito.

Alejandra R.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi soporte en momentos de debilidad, por reflejar su amor en todos los aspectos de mi vida, a mis padres, quienes han hecho de mí una persona honrada, humilde, leal agradezco su esfuerzo y dedicación para poder hacer este sueño realidad.

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a mi querida Facultad de Ciencias Pecuarias por formar una profesional capaz de cumplir con las exigencias de nuestra sociedad, y a todos los docentes que me han aportado con sus todos sus conocimientos durante mi formación académica.

Agradezco a todas las personas que me han ayudado y fortalecido durante mi formación académica, a quienes he conocido en este proceso de educación y se han convertido en buenos amigos para mi vida.

Alejandra R.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|-------------------------|------|
| ÍNDICE DE TABLAS..... | xi |
| ÍNDICE DE GRAFICOS..... | xii |
| ÍNDICE DE ANEXOS | xiii |
| RESUMEN..... | xiv |
| ABSTRACT | xv |
| INTRODUCCIÓN | 1 |

CAPÍTULO I

| | |
|--|-----------|
| 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL..... | 3 |
| 1.1 Fundamentación teórica | 3 |
| <i>1.1.1 Definición de papa china.....</i> | <i>3</i> |
| <i>1.1.2 Generalidades de la papa china</i> | <i>3</i> |
| <i>1.1.3 Valor nutricional de la papa china</i> | <i>3</i> |
| <i>1.1.4 Clasificación taxonómica de la papa china</i> | <i>5</i> |
| <i>1.1.6 Usos Industriales de la papa china</i> | <i>6</i> |
| <i>1.1.7 Definición de Almidón.....</i> | <i>8</i> |
| <i>1.1.8 Componentes del Almidón.....</i> | <i>8</i> |
| <i>1.1.8.1 Amilosa.....</i> | <i>8</i> |
| <i>1.1.8.2 Amilopectina.....</i> | <i>9</i> |
| <i>1.1.9 Propiedades físico-químicas del Almidón</i> | <i>9</i> |
| <i>1.1.10 Propiedades funcionales del Almidón.....</i> | <i>10</i> |
| <i>1.1.11 Extracción de Almidones.....</i> | <i>10</i> |
| <i>1.1.11.1 Decantación</i> | <i>10</i> |
| <i>1.1.11.2 Extracción química</i> | <i>11</i> |
| <i>1.1.11.3 Extracción enzimática.....</i> | <i>12</i> |
| <i>1.1.12 Normativas y rangos referenciales.....</i> | <i>14</i> |

CAPÍTULO II

| | | |
|----------------|--|-----------|
| 2. | MARCO METODOLÓGICO | 15 |
| 2.1 | Localización y duración de la investigación..... | 15 |
| 2.2 | Unidades experimentales | 15 |
| 2.3 | Materiales, equipos e instalaciones | 15 |
| 2.3.1 | <i>Materiales</i> | <i>15</i> |
| 2.3.2 | <i>Sustancias</i> | <i>16</i> |
| 2.3.3 | <i>Equipos</i> | <i>17</i> |
| 2.3.4 | <i>Instalaciones.....</i> | <i>18</i> |
| 2.4 | Tratamientos y diseño experimental..... | 18 |
| 2.5 | Esquema del experimento..... | 18 |
| 2.6 | Mediciones experimentales..... | 19 |
| 2.6.1 | <i>Análisis físico- químicas.....</i> | <i>19</i> |
| 2.6.2 | <i>Análisis microbiológico</i> | <i>20</i> |
| 2.6.3 | <i>Análisis económico</i> | <i>20</i> |
| 2.7 | Análisis estadísticos y pruebas de significancia | 20 |
| 2.7.1 | <i>Esquema del ADEVA</i> | <i>20</i> |
| 2.8 | Procedimiento experimental..... | 21 |
| 2.8.1 | <i>Elaboración de fécula de papa china por extracción física.</i> | <i>21</i> |
| 2.8.2 | <i>Elaboración de fécula de papa china por extracción química.....</i> | <i>22</i> |
| 2.8.3 | <i>Elaboración de fécula de papa china por extracción enzimática</i> | <i>23</i> |
| 2.9 | Metodología de la evaluación | 24 |
| 2.9.1 | <i>Análisis físico-químicos.....</i> | <i>24</i> |
| 2.9.1.1 | <i>Índice de solubilidad (mg/ml).....</i> | <i>24</i> |
| 2.9.1.2 | <i>Poder de hinchamiento.....</i> | <i>25</i> |
| 2.9.1.3 | <i>Temperatura de gelatinización (°C).....</i> | <i>26</i> |
| 2.9.1.4 | <i>Humedad.....</i> | <i>26</i> |

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 2.9.1.5 | <i>Minerales</i> | 27 |
| 2.9.1.6 | <i>Amilosa y Amilopectina (%)</i> | 28 |
| 2.9.1.7 | <i>pH</i> | 30 |
| 2.9.1.8 | <i>Acidez titulable</i> | 30 |
| 2.9.2 | <i>Análisis microbiológicos</i> | 31 |
| 2.9.2.1 | <i>Mohos y levaduras</i> | 31 |
| 2.9.3 | <i>Análisis Económico</i> | 31 |
| 2.9.3.1 | <i>Rendimiento</i> | 31 |
| 2.9.3.2 | <i>Beneficio-costo</i> | 32 |

CAPÍTULO III

| | | |
|------------|--|-----------|
| 3. | MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS | 33 |
| 3.1 | Análisis físico-químicos de la fécula de papa china | 33 |
| 3.3.1 | <i>Índice de solubilidad</i> | 33 |
| 3.3.2 | <i>Poder de hinchamiento</i> | 34 |
| 3.3.3 | <i>Temperatura de gelatinización</i> | 35 |
| 3.3.4 | <i>Humedad</i> | 36 |
| 3.3.5 | <i>Minerales calcio y fósforo</i> | 36 |
| 3.3.5.1 | <i>Calcio</i> | 36 |
| 3.3.5.2 | <i>Fósforo</i> | 37 |
| 3.3.6 | <i>Amilosa y Amilopectina</i> | 38 |
| 3.3.7 | <i>pH</i> | 39 |
| 3.3.8 | <i>Acidez titulable</i> | 40 |
| 3.2 | <i>Análisis microbiológico</i> | 40 |
| 3.2.1 | <i>Mohos y Levaduras</i> | 40 |
| 3.3 | <i>Evaluación económica</i> | 41 |
| 3.3.1 | <i>Costos de Producción</i> | 41 |

| | | |
|-------|------------------------------|----|
| 3.3.2 | <i>Rendimiento</i> | 42 |
| 3.3.3 | <i>Costo-Beneficio</i> | 42 |
| 4. | CONCLUSIONES | 44 |
| 5. | RECOMENDACIONES | 45 |

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1-1 Contenido de carbohidratos en la papa china (base seca)..... | 3 |
| Tabla 2-1 Composición mineral (base húmeda)..... | 4 |
| Tabla 3-1 Factores anti-nutricionales de la papa china. | 4 |
| Tabla 4-1 Clasificación Taxonómica. | 5 |
| Tabla 5-1 Clasificación Taxonómica. | 6 |
| Tabla 6-1 Clasificación Taxonómica. | 9 |
| Tabla 7-1 Normativas y rangos referenciales para almidones..... | 14 |
| Tabla 8-2 Esquema del experimento..... | 19 |
| Tabla 9-2 Análisis de varianza ADEVA. | 21 |
| Tabla 10-2 Cantidades para la elaboración la curva estándar para amilosa y amilopectina. | 29 |
| Tabla 11-3 Análisis de las variables físico químicas en los métodos de extracción | 34 |
| Tabla 12-3 Análisis de las variables microbiológicas, mohos y levaduras en la fécula..... | 41 |
| Tabla 13-3 Costos de producción para la elaboración de 1 kg fécula. | 41 |
| Tabla 14-3 Porcentaje de rendimiento para 1 kg de fécula. | 42 |
| Tabla 15-3 Costos de producción de 1 kilo de fécula de papa china. | 43 |

ÍNDICE DE GRAFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1-3: Índice de solubilidad en los tres tratamientos..... | 48 |
| Gráfico 2-3: Poder de Hinchamiento en los tres tratamientos de extracción. | 34 |
| Gráfico 3-3: Temperatura de Gelatinización en los tres tratamientos de extracción. | 35 |
| Gráfico 4-3: Porcentaje de Humedad en los tres tratamientos de extracción..... | 36 |
| Gráfico 5-3: Porcentaje de Calcio en los tres tratamientos de extracción..... | 37 |
| Gráfico 6-3: Porcentaje de fósforo en los tres tratamientos de extracción..... | 38 |
| Gráfico 7-3: Porcentaje de Amilosa y Amilopectina en los tres tratamientos de extracción. .. | 38 |
| Gráfico 8-3: pH en los tres tratamientos de extracción..... | 39 |
| Gráfico 9-3: Acidez Titulable en los tres tratamientos de extracción. | 40 |

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ESTADÍSTICO. ÍNDICE DE SOLUBILIDAD, EN LOS TRES DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRACCIÓN.

ANEXO B: ESTADÍSTICO. PODER DE HINCHAMIENTO, EN LOS TRES DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

ANEXO C:ESTADÍSTICO. TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN, EN LOS TRES MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

ANEXO D:ESTADÍSTICO. HUMEDAD, EN LOS DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRACCIÓN PARA FÉCULA

ANEXO E:ESTADÍSTICO. CALCIO, EN LOS DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRACCIÓN PARA FÉCULA

ANEXO F: ESTADÍSTICO. FÓSFORO, EN LOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN PARA FÉCULA DE PAPA CHINA

ANEXO G:ESTADÍSTICO. AMILOSA, EN LOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN PARA FÉCULA DE PAPA CHINA

ANEXO H:ESTADÍSTICO. AMILOPECTINA, EN DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRACCIÓN PARA FÉCULA

ANEXO I: ESTADÍSTICO. PH, EN DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRACCIÓN PARA FÉCULA DE PAPA CHINA

ANEXO J: ESTADÍSTICO. ACIDEZ TITULABLE, EN DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRACCIÓN PARA FÉCULA

RESUMEN

La investigación se realizó en los Laboratorios de Procesamiento de Alimentos, Bromatología Toxicología y Nutrición Animal y en el Laboratorio de Microbiología de los Alimentos en la Facultad de Ciencias Pecuarias, ESPOCH, donde se obtuvo fécula a partir de papa china (*Colocasia esculenta*) por tres métodos de extracción: física, química (hidróxido de sodio) y enzimática (enzimas *Celulasas* Sigma C1184) se realizaron análisis físico-químicos, microbiológicos, rendimiento y costo-beneficio. Se realizó un diseño completamente al azar con un nivel de significancia del $p \leq 0,05$. En cuanto a los análisis físicos-químicos se realizó una metodología física (decantación), química y enzimática respectivamente; todos los tratamientos indicaron diferencias altamente significativas con los siguientes valores, Índice de Solubilidad: 9.51%, 11.80%, y 0.32%, siendo este último el mejor valor reportado; Poder de Hinchamiento: 5.66%, 8.99%, 12.24%, teniendo este último la mejor valoración; Temperatura de Gelatinización: 73, 70 y 66 grados centígrados; Humedad 13.82%, 11.90%, 14.61%; Calcio 4.82%, 5.48% y 2.2%; en cuanto al fósforo el tratamiento físico (decantación), químico, y enzimático manifestaron valores de 0.11%; Amilosa: 13.49% para el método físico(decantación), 13,38% para el químico 13,48% para el método enzimático; pH: 6.8 para el método físico, 6.85 para el químico y 6.80 para el enzimático finalmente los valores de acidez titulable fueron de 2.26 para el método físico, 1.78 para el químico y 2.40 para el enzimático. Los tres tratamientos reportan ausencia de microorganismos (mohos y levaduras). En cuanto al rendimiento el mejor tratamiento fue el químico con el 35,10%, respecto al análisis costo-beneficio el mejor valor fue de \$ 2,62 en 1kg de fécula en el tratamiento físico (decantación). Se recomienda utilizar el método químico para la elaboración de féculas de buena calidad.

Palabras clave: <EXTRACCIÓN ALMIDÓN >,<ANÁLISIS FÍSICOS QUÍMICOS>,<ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS>,<PAPA CHINA (*Colocasia esculenta*)>,<FÉCULA>

ABSTRACT

The research was carried out at the Food Processing, Bromatology Toxicology and Animal Nutrition Laboratories and the Food Microbiology Laboratory at the Facultad de Ciencias Pecuarias, ESPOCH, where starch was obtained from Chinese potato (*Colocasia esculenta*) for three extraction methods: physical, chemical (sodium hydroxide) and enzymatic (Sigma C1184 Celulasas enzymes). Physical-chemical, microbiological, performance, and cost-benefit analyzes were performed. A completely randomized design was carried out with a level of significance of $p \leq 0,05$. As for the physical-chemical analyzes, a physical (decantation), chemical, and enzymatic methodology were performed, respectively. All treatments indicated highly significant differences with the following values, Solubility Index: 9.51%, 11.80%, and 0.32%, the latter being the best value reported; Swelling Power: 5.66%, 8.99%, 12.24%, the latter having the best rating; Gelatinization Temperature: 73, 70 and 66 degrees Celsius; Humidity 13.82%, 11.90%, 14.6 1%; Calcium 4.82%, 5.48%, and 2.2%. In terms of phosphorus the physical (decantation), chemical, and enzymatic treatment showed values of 0.11%; Amylose: 13.49% for the physical method (decantation), 13.38% for the chemical 13.48% for the enzymatic process; pH: 6.8 for the physical method, 6.85 for the chemical and 6.80 for the enzymatic finally the titratable acid values were 2.26 for the physical process, 1.78 for the chemical and 2.40 for the enzymatic. All three treatments report an absence of microorganisms (molds and yeasts). Regarding performance, the best treatment was the chemical with 35.10%, compared to the cost-benefit analysis, the best value was \$2.62 in 1 kg of starch in the physical treatment (decantation). It is recommended to use the chemical method for the preparation of functional quality starches.

Keywords:<STARCH EXTRACTION>, <CHEMICAL PHYSICAL ANALYSIS>, <MICROBIOLOGIC ANALYSIS>, <TARO (*Colocasia esculenta*)>, <STARCH>

INTRODUCCIÓN

Según (Posligua, 2016, pp.16-17) en el Ecuador todos cultivos de papa china conforman un importante ingreso económico sobre todo para los agricultores, ciudadanos de pocos y medianos recursos, es por esto que en países extranjeros es muy valorada y consumida dando un nicho potencial para la creación de nuevas industrias en el Ecuador, es por esto que la creación de nuevas industrias en cuanto a la obtención de fécula de papa china darían mayores ingresos económicos a todos los involucrados en la cadena alimenticia.

Hoy por hoy la papa china se comercializa en el Ecuador y extranjero mayoritariamente como tubérculo más no como materia elaborada, entonces se ve la necesidad de realizar nuevos productos a base de papa china como fécula ya que la papa china es cultivada en gran medida por nuestros agricultores y existe una gran producción, para lograrlo se requiere saber las características físico-químicas y probar diferentes métodos de extracción de fécula, también se muestra la necesidad de tener alimentos más saludables y beneficios ya que la papa china es conocida por ser un alimento rico en nutrientes, además de ser altamente digestivo manteniendo la calidad de una dieta saludable.

Las importaciones de almidón de papa china del 2006 a comparación con otros años aumentaron en el 72%. Las exportaciones de papa sumaron 42 tm, por un valor FOB USD de 37 mil, a EEUU, Cuba y España según .Esto representaría en gran medida posibles ingresos a los productores de papa china tomando en cuenta que la fécula de papa china es un producto ya elaborado y este alcanzaría un mejor beneficio costo según (Lara, 2014, p.44).

La papa china son cosechas mayoritariamente en las siguientes provincias del Ecuador, como: Santo Domingo de los Tsachilas (vía a Quevedo, vía Chone y vía Esmeraldas), Puyo, Morona Santiago. Este alimento es muy valorado en los mercados internacionales debido a que su cultivo es orgánico, es por esto que los agricultores prefirieron destinar su venta tubérculo a empresas que se dedican a la exportación, sin comercializarlo dentro del país según (Posligua, 2016, p.23).

Todo el valor nutricional beneficios para la salud que da la papa china es muy apetecida por sus buenos precios y demanda de los mercados internacionales como son: EEUU, Costa Rica y Puerto Rico, porque la estadía de la gente emigrante de otros países, los cuales consideran que este tubérculo es un producto básico en su dieta diaria según (Oscar, 2013, p.47).

Por lo expuesto anteriormente se han planteado los siguientes objetivos:

- Obtener fécula de papa china (*Colocasia esculenta*) por tres métodos de extracción.
- Determinar las características físico-químicas y microbiológicas de la fécula de papa china.
- Evaluar el costo-beneficio en los tres métodos de extracción de fécula de papa china.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Fundamentación teórica

1.1.1 Definición de papa china

La papa china pertenece a la familia de las aráceas comestibles, los cuales son del género: *Colocasia*, *Xanthosoma*, *Alocasia*, y *Cyrtospermasegún* (Chavarrlaga, 2018, p.25).

1.1.2 Generalidades de la papa china

Colocasia esculenta es el nombre científico de la papa china, se dio en la India y Malasia, ocupa el decimocuarto lugar entre los cultivos y tubérculos según(Chavarrlaga, 2018, p35).

1.1.3 Valor nutricional de la papa china

El valor nutricional de la papa china es mayor en nutrientes, carbohidratos y proteína, además de ser altamente digestivo, por lo que se le considera un buen alimento. Se los pueden consumir cocinados, como harina, como féculas y como frituras según (Castillo y Campos et al., 2015: p.44).

Tabla 1-1 Contenido de carbohidratos en la papa china (base seca).

| Carbohidrato | % |
|--------------|------|
| ALMIDÓN | 77.9 |
| PENTOSAS | 2.6 |
| DEXTRINA | 0.5 |
| AZÚCARES | 0.5 |
| SACAROSA | 0.1 |

Fuente: Castillo-campos et al. 2015.

Realizado por: RENTERÍA Chimbo, Alejandra, 2020.

Tabla 2-1 Composición mineral (base húmeda).

| Minerales | Mg/100g |
|------------------|----------------|
| CALCIO | 0,91 |
| MAGNESIO | 0,88 |
| SODIO | 0,80 |
| POTASIO | 0,75 |

Fuente: Castillo-campos et al. 2015.

Realizado por: RENTERÍA Chimbo, Alejandra, 2020.

La papa china es una muy buena fuente de energía puesto que posee almidón con 17-28% de amilosa, mientras que el resto es amilopectina según (Onwueme, 1978, p.23). Los granos de almidón son muy pequeños y van en diámetro de 1 a 4 milimicras debido a esta particularidad es un alimento altamente digerible según (Caicedo, 2013, p.13).

En cuanto a microscopía y luz láser muestran que varias variedades de papa china tienen almidones de 1-6,5 μm de diámetro, comparado con el almidón del arroz de aproximadamente tiene un diámetro de 5 μm que es el más fino de los almidones normalmente, esto convierte a este tubérculo en una gran fuente de alimento, además de su alto contenido de almidón, los tubérculos tienen mayor contenido de calcio, magnesio, potasio, zinc, hierro, proteína y aminoácidos que otras raíces o tubérculos tropicales según (Caicedo, 2013, p.15).

Tabla 3-1 Factores anti-nutricionales de la papa china.

| Compuesto químico | Mg/100g |
|--------------------------|----------------|
| OXALATO TOTAL | 65 |
| OXALATO SOLUBLE | 35 |
| OXALATO DE CALCIO | 43 |
| CALCIO LIBRE | 10 |

Fuente: Caicedo, 2013.

Realizado por: RENTERÍA Chimbo, Alejandra, 2020.

Los tubérculos de papa china tienen un alto contenido de cristales de oxalato de calcio que son la causa de irritación y sensación de ardor en la boca y en la garganta cuando los tubérculos u hojas de este cultivo se consumen en estado natural según (Tiep et al, 2006, p.65). El contenido de oxalato de calcio varía con la especie y variedades cultivadas según (Caicedo, 2013, p.23).

1.1.4 Clasificación taxonómica de la papa china

Tabla 4-1 Clasificación Taxonómica.

| Categoría | Concepto |
|-------------------------------|--|
| NOMBRE CIENTÍFICO | <i>ColacasiaEsculenta (L.) Schott</i> |
| NOMBRE COMÚN PREFERIDO | Taro |
| NOMBRES COMUNES | Papa china, malanga, pituca, oreja de elefante viejo, taro pequeño, entre otros. |
| DOMINIO | <i>Eukaryota</i> |
| REINO | <i>Plantae</i> |
| PHYLUM | <i>Spermatophyta</i> |
| SUBFILO | <i>Angiospermas</i> |
| CLASE | <i>Monocotiledonea</i> |
| ORDEN | <i>Arales</i> |
| SUBCLASE | <i>Araceae</i> |
| GÉNERO | <i>Colacasia</i> |
| ESPECIES | <i>Colacasiaesculenta</i> |

Fuente: Caicedo, 2013.

Realizado por: RENTERÍA Chimbo, Alejandra, 2020.

1.1.6 Usos Industriales de la papa china

La industria de papa en el país, presenta un incremento económico y en cuanto a inversión, en la producción de almidón, harina, papa procesada, pre-cocida, pre-frita, y otros, cuya demanda se satisface con productos importados. La industrialización se ha desarrollado mayoritariamente en la producción de hojuelas o chips, tuvo un inicio en los años 90 en pequeños negocios artesanales; después de esto se crearon grandes empresas como: Fritolay, Nutrinisa, Ecomsa, etc, dando al país productos con registro sanitario y todos los requisitos de calidad. El 80% se la oferta en forma de papa en fresco para consumo doméstico según (Díaz Barrera, 2015, p.5).

Los almidones con mayor aceptación en la industria de los alimentos son: La tapioca (yuca) y el de papa según (Díaz Barrera, 2015, p.7). En la industria alimentaria, el almidón tiene un papel importante en cuanto a la textura de varios alimentos como en la palatabilidad, aceptabilidad y es usado para los siguientes propósitos:

Tabla 5-1 Clasificación Taxonómica.

| Tipo de industria | Desempeño |
|-------------------------------|--|
| INDUSTRIA TEXTIL | Mejora el acabado de las telas después del procesamiento de teñido, blanqueado y estampado. |
| INDUSTRIA PAPELERA | Como agente para el encolado interno y recubrimiento del papel con el objeto de mejorar las uniones entre fibras y para retener las cargas y partículas finas. |
| INDUSTRIA FARMACÉUTICA | En la elaboración de cremas, pomadas y en comprimidos como agente de relleno, aglutinante, dispersante y en revestimiento de cápsulas. |
| INDUSTRIA COSMÉTICA | Para las formulaciones de talcos perfumados y en la elaboración de maquillajes. |
| INDUSTRIA DE ALIMENTOS | Como agente espesante en los enlatados, sopas y salsas. En la industria de la panificación y manufactura de galletas. Como ingrediente en las formulaciones de alimentos en polvo y deshidratados. |

Agente para espolvorear, combinado con azúcar en polvo en gomas caramelos y gomas de mascar.

Como protector contra la humedad de diversos productos en polvo (azúcares), pues los almidones absorben humedad sin apelmazarse.

Como aglutinante, para el ligamento de componentes, en la preparación de salchichas y embutidos cocidos para mejorar la consistencia de las pastas y mantiene la unión de los ingredientes.

Como emulsificante, produce una emulsión estable en la preparación de mayonesa y salsas similares; donde se necesita emulsiones estables.

En la mezcla con harinas para bajar el contenido de proteínas y la fuerza del gluten en proteínas.

Como espesante y estabilizante en los helados, sopas, salsas y mazamoras.

OTROS USOS

Como agente adherente y de re-cristalización en la manufactura de explosivos y fósforos. En la industria de la construcción como aglutinante para tabiques de concreto y adhesivo para madera laminada. En la elaboración de baterías de celda seca pues las paredes de estas son tratadas con almidón y otras sustancias. Otra aplicación importante es en la elaboración de materiales de empaque biodegradables.

Fuente: Diaz Barrera, 2015.

Realizado por: RENTERÍA Chimbo, Alejandra, 2020.

1.1.7 Definición de Almidón

El almidón es un hidrato de carbono, en segundo lugar como el polisacárido más numeroso e importante que hay en la naturaleza, con la mayor fuente de energía. Se encuentra en las semillas de cereales (maíz, trigo, arroz), tubérculos (papa, papa china), raíces (yuca, batata), semillas de leguminosas (frijoles, lentejas), frutas (bananas, manzana), troncos (palma) y hojas (tabaco) según (Hernández y Medina et al., 2008: pp.9-10).

El almidón mantiene un importante uso industrial, el almidón puede ser consumido sin modificar y modificado refiriéndose a varios tratamientos para mejorar propiedades de consistencia, viscosidad, estabilidad a cambios de pH y temperatura de gelificación según(Oscar, 2013, p.14).

1.1.8 Componentes del Almidón

El almidón tiene cantidades de glucosa dispuesta en dos componentes: amilosa y amilopectina; su estructura varía según su fuente. Estas macromoléculas se determinan por su grado de polimerización o ramificación, lo cual perjudica su conducta frente a los procedimientos de envejecimiento según (Hernández y Medina et al., 2008: pp.6-7).

1.1.8.1 Amilosa

Es un polímero lineal formado de moléculas de glucosa juntadas por enlaces glucosídicos α -D-(1,4), el número de cifras varía entre varios tipos de almidón, estas tienen entre 1000 unidades de glucosa por molécula de amilosa y tiene forma de hélice según (Hernández y Medina et al., 2008, p.10).

En un límite de la macromolécula el valor de glucosa posee el hidroxilo del carbono anomérico libre, este se denomina extremo reductor. En el extremo opuesto, el hidroxilo del carbono anomérico contiene el enlace glucosídico según (Oscar, 2013, p.11).

La existencia de grupos hidroxilos admite que tenga propiedades hidrofílicas al polímero, pudiendo tener afinidad con el agua, pero por su linealidad, los polímeros de la amilosa se agrupan de forma paralela conformando la formación de puentes de hidrógeno, entre los hidroxilos de los polímeros adyacentes disminuyendo su afinidad por el agua según (FAO, 1999, p.44).

1.1.8.2 Amilopectina

Es un polímero ramificado constituido por cadenas lineales de 15-35 moléculas de glucosa valores por enlaces de α -D-(1,4). Estas unidas por enlaces α -D-(1,6) que configuran los nudos de bifurcación. La amilopectina constituyen 5-6% de enlaces α -D-(1,6) y está contiene al menos 100 000 moléculas de glucosa según (Alvis et al., 2008:pp.15-16).

Por la grande dimensión del amilopectina disminuye la flexivilidad de los polímeros y opone una tendencia de dirigirse austeramente permitiendo rangos representantes de enlaces de hidrógeno. Como consecuencia, las soluciones acuosas de amilopectina se determinan por su claridad y estabilidad como regla de la fuerza a gelificarse durante el reposo según (FAO, 1999, p.21).

Tabla 6-1 Clasificación Taxonómica.

| Tipo de almidón | % Amilosa | % Amilopectina |
|-----------------|-----------|----------------|
| YUCA | 18 | 82 |
| MAÍZ | 23 | 73 |
| PAPA CHINA | 25 | 75 |
| PAPA | 78 | 22 |

Fuente: Alvis et al, 2008.

Realizado por: RENTERÍA Chimbo, Alejandra, 2020.

Comúnmente, los nudos de almidón al ponerlos en agua a temperaturas mayores de 60° C, dependiendo la fuente se contempla que padece una trasformación como el hinchamiento de la fécula, teniendo un grado soluble de amilosa en 15-30% y el resto de amilopectina, que es el grano insoluble según (Alvis et al., 2008: pp.32-33).

1.1.9 Propiedades físico-químicas del Almidón

Las propiedades físico químicas que presenta el almidón determina el uso del mismo, las más importantes son: contenido proximal de proteína cruda, fibra cruda, cenizas y humedad; características del gránulo como tamaño, color, forma, peso molecular y el contenido de amilosa.

La proteína residual que presenta el almidón afecta el sabor y olor de los almidones de cereales y tienden a formar espumas según (Carballo y Cuevas, 2017, p.43).

1.1.10 Propiedades funcionales del Almidón

Estas características funcionales parten de la relación amilosa-amilopectina, estas características son propiedades que constituyen lo siguiente como: edad de la planta, época de cosecha, fertilidad del suelo y la precipitación según (Alvis et al., 2008:pp.56-57).

Las propiedades de todos los almidones son: solubilidad, capacidad de retención de agua, poder de hinchamiento, tendencia a retrogradar, digestibilidad enzimática, capacidad de emulsificación y propiedades de la pasta según (Guerrero, 2014, p.19).

Cuando los almidones se someten a altas temperaturas, sufren una serie de alteraciones que actúan dentro de la estructura del almidón, llevándolos por tres ciclos significativos como: gelatinización, gelificación y retrogradación, los cuales producen hinchamiento, hidratación, fusión y ruptura en los nudos de almidón según (Carballo y Cuevas, 2017, p.5).

1.1.11 Extracción de Almidones

Todos los almidones se consiguen de las semillas de cereales, como del maíz *Zea Mays*, trigo *Triticum spp*, varios tipos de arroz *Oryza Sativa*, y de algunas raíces y tubérculos, particularmente de patata *Solanum Tuberosum*, batata *Ipomoea batatas* y mandioca *Manihot Esculenta* según (Guerrero, 2014, p.7).

Todos los almidones como materia prima y materia prima elaborada contienen un valor grande de probables utilidades en los alimentos, estos son los más comunes: ligante, enturbiantes, formador de películas, estabilizante de espumas, agente anti-envejecimiento de pan, gelificante, glaseante, humectante, estabilizante, texturizante y espesante según (Guerrero, 2014, p.7).

1.1.11.1 Decantación

La decantación sirve para clasificar compuestos heterogéneos, que suelen tener combinaciones de un elemento líquido y uno sólido, o por dos elementos líquidos según (Plazo, 2014, p.27) para la realización en el decantado, se lo realiza dejándolo reposar, y al cabo de un cierto tiempo, las porciones del sólido suspendidas en el líquido se colocarán en la base del envase. En el momento

que esto ocurre, el líquido se traslada a otro envase, soltando en el fondo al sólido, que después de un momento separar con comodidad.

1.1.11.2 Extracción química

La extracción química es el método que se realiza para desunir un producto orgánico de una combinación de reacción o para aislarlo de sus fuentes naturales. También se puede decir que es desunión de un compuesto de una combinación por medio de un disolvente según (Aires, 2010, p.56).

En lo cotidiano se realiza significativamente para desunir los productos orgánicos de las soluciones acuosas o suspensiones en las que se localicen. La técnica radica en revolver con un disolvente orgánico inmiscible con agua y esperar que ambas capas se desunen. Los opuestos solutos se reparten entre las fases acuosa y orgánica, según sus solubilidades relativas según (Aires, 2010, p.34).

Precisamente, las sales inorgánicas, prácticamente insolubles en los disolventes orgánicos más comunes, mantendrán en el ciclo acuoso, entretanto las mezclas orgánicas que no conforman enlaces de hidrógeno, insolubles en agua, se localizaran en la etapa orgánica. Las metodologías de extracción pueden ser de dos modelos: Extracción discontinua y continua según (Hernández-Medina et al., 2008:pp.3-4).

La extracción discontinua, asimismo dicha como extracción líquida – líquida, radica en el traspaso de una elemento de una etapa a otra, que tiene lugar entre dos líquidos no miscibles. Las dos etapas líquidas de una extracción son la etapa acuosa y la etapa orgánica. En este caso el compuesto se diluye en el disolvente A (agua) y para separarlo se emplea un disolvente B (disolvente orgánico como el éter etílico, el benceno, etc.). Los disolventes A y B se mezclan en un embudo de separación y se dejan hasta que se separan las dos fases o capas, haciendo que el componente se reparta en las capas con sus solubilidades relativas según (Esther et al., 2005: p.8).

La extracción continua, asimismo dicha como extracción sólido-líquido, radica en el traspaso de uno o más compuestos de una etapa sólida por medio de un solvente líquido. Estas ocurren en dos etapas; el solvente con el sólido que da paso al componente soluble (solute) al solvente. Esto se desarrolla a una temperatura ambiente (pre-colación) o en caliente, esto es para obviar el extravío de disolventes según (Esther et al., 2005: p.9).

a. Hidróxido de sodio

El hidróxido de sodio se usa en muchas prácticas para la elaboración de alimentos, por ejemplo, para tratar alimentos como aceitunas o para asistír que se doren los pretzels para conceder su chirrido peculiar. El hidróxido de sodio se usa para quitar las cascaras de los tomates, las papas, frutas y hortalizas para los enlatados, igualmente como sustancia para conservas en alimentos que previenen el crecimiento de moho y bacterias en los alimentos según(Universidad Nacional Heredia Costa Rica, 2016, p.25).

El hidróxido de sodio es un electrolito fuerte, es por esto que cuando se mezclan con agua constituyen iones es por esto que va a ocurrir el proceso de solvatación. Entonces los iones de Na y los iones OH se desunen de la composición soltando calor (proceso exotérmico). Este proceso químico ayudara a que el agua de papa china se separe con mayor rapidez de la fécula de la misma según(INSHT, 2010, p.17).

1.1.11.3 Extracción enzimática

El empleo de las enzimas en los desarrollos de manufactura ha sido explorado mayoritariamente desde los años 50. Hoy en día, una importante suma del mercado (65% en ventas) retribuyen a las disposiciones enzimáticas para la utilización en manufactura de (pulpas, papel, cuero) consecutivo por las enzimas para el grupo alimenticio con un 25 % (fabricación de cerveza, vino, jugo, grasas, aceites e industrias de panificación) y las enzimas para artículos de alimentación con un 10 % en el 2012, la última valoración del mercado para el empleo de enzimas en la industria creció un 7 % según (Merino y Noriega, 2006, p.29).

“Según (Faizi et al., 2017:pp.29-30)las enzimas son el grupo más variado y especializado de las proteínas, su función es actuar como catalizadores, permitiendo que las reacciones que transcurren en los seres vivos puedan desarrollarse a un ritmo adecuado. Un catalizador, por definición, es un compuesto que con su sola presencia aumenta la velocidad de la reacción sin experimentar ninguna modificación. Las enzimas son capaces de acelerar reacciones químicas específicas en un medio acuoso, y en condiciones en las que los catalizadores no biológicos, serían incapaces de realizar iguales funciones”

a. Celulasas

La *Celulosas* se halla en la pared celular de las células de las plantas. Las microfibrillas cristalinas de celulosa envuelven la *Hemicelulosa* amorfa, permaneciendo impregnadas en una matriz de lignina. El principio del mercado de estas enzimas de *Celulasas* determinadas perteneció a la empresa NOVO EN 1985 según (Franco y Vera, 2007, p.34).

Comúnmente las *Celulasas* en cuanto a alimentos como pulpa y pales actúan como reforzadores de los blanqueadores y mejoran el tiempo de refinación en cuanto a cervecería y vino estableciendo un compuesto de impecable maceración en la elaboración de estos productos, igualmente de desarrollar su estabilidad, rendimiento de la hidrólisis y filtrabilidad según (Valorizaci, 2013, p.13).

Las Industrias alimenticias en cuanto a enzimas son muy beneficiosas en los pasos de extracción y clarificación para los jugos, néctares, purés de frutas, vegetales, perfeccionamiento de la calidad de cereales, aceites de oliva y varias clases alimenticias según (Franco y Vera, 2007, p.14).

b. Actividad enzimática

“Según (Paola et al., 2006: p.55-56) el Sistema Internacional de unidades (SI), la unidad de actividad enzimática se define como la cantidad de enzima que transforma 1 mol de sustrato por segundo. La unidad utilizada para dicha actividad es el katal (kat) que es equivalente a 60×10^6 Unidades de actividad enzimática (U). Al ser una unidad demasiado grande, con frecuencia se utilizan submúltiplos de la misma”

Las enzimas tienen un dominio sobre los sustratos que pueden definirse de las siguientes formas de: la primera sujetándose a sustratos por enlaces fuertes, atenuando sus enlaces y disminuyendo la suma de energía para destruirlos; y la segunda capturando a los elementos reactivos hacia el exterior, aumentando la posibilidad de aproximación y por ende incrementando a que la reacción que se lleva a cabo factiblemente según (INTEF, 2012, p.67).

Mientras la reacción enzimática, las enzimas se juntan a los sustratos catalizando la reacción. A medida que se desarrolla la misma, las enzimas se soltaron con agilidad a fin de rehacer el proceso con nuevas moléculas, lo cual prueba que el sustrato se dirige en caminando y producir el producto ansiado según (Amat y Rodríguez, 2014, p.35).

Las enzimas actúan dentro de límites estrechos de pH (pH óptimo de la reacción). Por ejemplo, la pepsina (enzima estomacal) tiene un pH óptimo de 2, al graficar su actividad enzimática para valores crecientes de pH, comenzando desde la zona ácida, se obtiene una curva en forma de campana según (Amat y Rodríguez, 2014, p.36).

1.1.12 Normativas y rangos referenciales

Tabla 7-1 Normativas y rangos referenciales para almidones.

| Parámetros | Rangos | Referencias |
|--------------------------------------|------------------------------|--------------------|
| ÍNDICE DE SOLUBILIDAD | 0,27 - 12,32 por ciento | FAO 1999 |
| PODER DE HINCHAMIENTO | 0,79 – 15,45 por ciento | FAO 1999 |
| TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN | 57,5 – 70 grados centígrados | FAO 1999 |
| PH | 5,0 y 7,0 | INEN 1456 |
| HUMEDAD | 10 – 13 por ciento | FAO 1999 |
| | -- - 14,5 por ciento | INEN 616:2015 |
| MOHOS Y LEVADURAS | 1 000 – 5 000 UFC/g | FAO 1999 |
| | ----- 10 000 - UFC/g | INEN 616:2015 |

Fuente: Paola et al. 2006.

Realizado por: RENTERÍA Chimbo, Alejandra, 2020.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Localización y duración de la investigación

La presente investigación se desarrolló en los laboratorios de: Procesamiento de alimentos, Bromatología, Toxicología y Nutrición Animal, Microbiología de los Alimentos de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), ubicada en Av. Panamericana Sur km 1 1/2 en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, Ecuador. A una altura de 2,750 msnm. La presente investigación tuvo una duración de 90 días.

2.2 Unidades experimentales

Cada unidad experimental está constituida por 1 kg de muestra de fécula a las cuales se le realizaron los análisis correspondientes con cinco repeticiones y tres tratamientos dando un total de 15 kg de muestra.

2.3 Materiales, equipos e instalaciones

A continuación, se detallan los materiales, equipos e instalaciones que se utilizó para el presente estudio.

2.3.1 *Materiales*

- Bandejas de plástico

- Cucharas

- Crisoles

- Varilla de vidrio

- Espátula

- Bandejas de vidrio
- Vasos de precipitación
- Balones volumétricos
- Papel absorbente
- Guantes
- Cofia
- Mascarilla
- Pipetas volumétricas
- Tubos de ensayo
- Tubos de centrifugación
- Gradillas
- Erlenmeyers

2.3.2 *Sustancias*

- Hidróxido de sodio
- Enzimas
- Agua destilada
- Ácido clorhídrico
- Ácido nítrico

- Ácido acético
- Reactivo molibdovanadato
- Etanol, al 95%
- Fosfato de potasio monobásico
- Yoduro de potasio
- Fenolftaleína
- Negro de eriocromo
- EDTA
- Hidróxido de amonio
- Fosfato monopotásico

2.3.3 Equipos

- Balanza digital
- Balanza Analítica
- Extractor de jugos
- Termómetro
- Centrífuga
- Estufa
- Desecador

- Espectrofotómetro
- pH – metro digital

2.3.4 Instalaciones

- Laboratorio de Procesamiento de Alimentos
- Laboratorio de Bromatología, Toxicología y Nutrición Animal
- Laboratorio de Microbiología de los Alimentos

2.4 Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos estudiados son: extracción física, extracción química y extracción enzimática, estos fueron modeladas bajo un diseño completamente al azar (DCA). El modelo lineal se representa en la siguiente ecuación.

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

- Y_{ijk} = Valor del parámetro en determinación
- μ = Media
- T_i = Efecto de los tratamientos
- ϵ_{ijk} = Efecto del error experimental

2.5 Esquema del experimento

El esquema del experimento se planteó como se muestra en la Tabla 8-2:

Tabla 8-2 Esquema del experimento.

| MÉTODOS DE EXTRACCIÓN | CÓDIGO | REPETICIONES | T.U.E(kg) | TOTAL Kg/tratamiento |
|------------------------------|---------------|---------------------|------------------|---------------------------------|
| Extracción física | T1 | 5 | 1 | 5 |
| Extracción química | T2 | 5 | 1 | 5 |
| Extracción enzimática | T3 | 5 | 1 | 5 |
| Total | | | | 15 |

Fuente: T.U.E Tamaño de la unidad experimental, 0,5 Kg.

Realizado por: RENTERÍA Chimbo, Alejandra, 2020.

2.6 Mediciones experimentales

Las variables experimentales que se evaluaron fueron las siguientes:

2.6.1 Análisis físico- químicas

Una vez extraída la fécula se realizó lo siguiente:

- Índice de solubilidad (%)
- Poder de hinchamiento (%)
- Temperatura de gelatinización (°C)
- Humedad (%)
- Minerales calcio y fósforo (%)

➤ Amilosa y amilopectina (%)

➤ pH

➤ Acidez titulable (%)

2.6.2 *Análisis microbiológico*

➤ Mohos y levaduras (UFC/g)

2.6.3 *Análisis económico*

➤ Rendimiento.

➤ Costo-beneficio.

2.7 *Análisis estadísticos y pruebas de significancia*

Los análisis estadísticos y prueba de significancia fueron los siguientes:

➤ Análisis de varianza (ADEVA), ($P \leq 0,05$) y ($P \leq 0,01$).

➤ Separación de medias con la prueba estadística TUKEY, ($P \leq 0,05$) y ($P \leq 0,01$).

2.7.1 *Esquema del ADEVA*

El esquema de análisis de varianza que se utilizó para el desarrollo de la presente investigación se detalla a continuación en la tabla 9-2.

Tabla 9-2 Análisis de varianza ADEVA.

| FV | | GL |
|--------------------|--------------|-----------|
| Total | (n-1) | 14 |
| Tratamiento | (t-1) | 2 |
| Error | (n-1) -(t-1) | 12 |

Fuente: ADEVA, 2015.

Realizado por: RENTERÍA Chimbo, Alejandra, 2020.

2.8 Procedimiento experimental

La fécula se obtendrá bajos los siguientes parámetros:

2.8.1 Elaboración de fécula de papa china por extracción física.

- Se empezó con la recepción de la materia prima.
- Se realizó una inspección para descartar las muestras que se encuentren con golpes o en estado de putrefacción.
- Los tubérculos (aprox 2kg) se lavaron con rastrillo para eliminar la tierra y agentes ajenos a la papa.
- Se desinfectó utilizando cloro a una concentración de 2ppm por 2 minutos y se retira.
- Se pelo para retirar la cáscara de cada uno.
- Se picó en trozos, de 10cm de diámetro aproximadamente.
- Se colocó la papa china en el extractor de jugo donde se obtuvo la lechada, este procedimiento se repetirá hasta terminar la materia prima.
- Se dejó reposar por 4 horas.

- Transcurrido el tiempo de decantación se eliminó el sobrenadante.
- La muestra se secó a 45 grados centígrados por 6 horas en una estufa aireada debido a su alto contenido de humedad, una vez enfriadas las muestras son pesadas y tamizadas, almacenadas en frascos de plástico, en lugares oscuros, donde se evite el contacto con agua.

2.8.2 *Elaboración de fécula de papa china por extracción química*

- Se empezó con la recepción de la materia prima.
- Se realizó una inspección para descartar las muestras que se encuentren con golpes o en estado de putrefacción.
- Los tubérculos (aprox 2kg) se lavaron con rastrillo para eliminar la tierra y agentes ajenos a la papa.
- Se desinfectó utilizando cloro a una concentración de 2ppm por 2 minutos y se retira.
- Se pelo para retirar la cáscara de cada uno.
- Se picó en trozos, de 10cm de diámetro aproximadamente.
- Se colocó la papa china en el extractor de jugo donde obtendremos la lechada, este procedimiento se repetirá hasta terminar la materia prima.
- Se adicione hidróxido de sodio al 0,5 % y se dejó reposar hasta que la lechada precipite (aprox 2h30).
- Se lavó la lechada ya precipitada con agua destilada (500ml) para eliminar el hidróxido de sodio (aprox 4 veces).
- Se dejó decantar durante todas las lavadas.
- Se midió el pH en cada lavada para garantizar la eliminación de todo el químico.
- Transcurrido el tiempo de decantación de todas las lavadas se eliminó el sobrenadante.

- Se secó a 45 grados centígrados por 6 horas en una estufa aireada debido a su alto contenido de humedad, una vez enfriadas las muestras son pesadas y tamizadas, almacenándolas en frascos de plástico en lugares oscuros donde se evite el contacto con agua.

2.8.3 *Elaboración de fécula de papa china por extracción enzimática*

- Se empezó con la recepción de la materia prima.
- Se realizó una inspección para descartar las muestras que se encuentren con golpes o en estado de putrefacción.
- Los tubérculos (aprox 2kg) se lavaron con rastrillo para eliminar la tierra y agentes ajenos a la papa.
- Se desinfectó utilizando cloro a una concentración de 2ppm por 2 minutos y se retira.
- Se pelo para retirar la cáscara de cada uno.
- Se picó en trozos, de 10cm de diámetro aproximadamente.
- Se colocó la papa china en el extractor de jugo donde se obtuvo la lechada, este procedimiento se repetirá hasta terminar la materia prima.
- Se activaron las enzimas a 28°C (Baño Maria).
- Se adiciono a la lechada (0,005g en 1 litro de lechada).
- Se dejó reposar hasta que esta precipite (aprox 1 hora).
- Se inactivaron las enzimas bajando la temperatura y se lavó la lechada con agua destilada.
- Se lavó la lechada para eliminar las enzimas existentes en la lechada y se midió el pH para verificar que ya no existan enzimas en la lechada (aprox 1 vez).
- Se eliminó el sobrenadante.

- Se secó la lechada a 45 grados centígrados por 6 horas en una estufa aireada debido a su alto contenido de humedad, una vez enfriadas las muestras son pesadas y tamizadas, almacenándolas en frascos de plástico en lugares oscuros donde se evite el contacto con agua.

2.9 Metodología de la evaluación

Los resultados de los análisis físico-químicos, microbiológicos y económicos se determinaron de acuerdo a los siguientes parámetros:

2.9.1 Análisis físico-químicos

2.9.1.1 Índice de solubilidad (mg/ml)

- Se pesaron tubos de centrífuga secos a 60 °C.
- Se pesaron en los tubos 1,25 g de almidón (bs) y se agregaron exactamente 30 ml de agua destilada precalentada a 60 °C y agitar (sin excederse).
- Se colocó en baño de agua a 60 °C durante 30 minutos; se agitó la suspensión a los 10 minutos de haber iniciado el calentamiento.
- Se centrifugaron a temperatura ambiente a 4 900 RPM durante 30 minutos.
- Se decantó el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar (máximo un minuto después) y se midió el volumen.
- Se tomó 10 ml del sobrenadante y se colocó en un vaso de precipitados de 50 ml (previamente pesado).
- Se secó el sobrenadante en un horno durante toda la noche a 70 °C.
- Se pesó el tubo de centrífuga con el gel.
- Se pesó el vaso de precipitados con los insolubles. Técnica usada (ISO, 1999, p.63).

Cálculos e interpretación de los resultados:

$$\text{Índice de solubilidad en agua (ISA)} = \frac{\text{Peso solubles (g)} \times V \times 10}{\text{Pesomuestra(g)bs}}$$

2.9.1.2 Poder de hinchamiento

- Se pesaron tubos de centrífuga secos a 60 °C.
- Se pesaron en los tubos 1,25 g de almidón (bs) y agregar exactamente 30 ml de agua destilada precalentada a 60 °C y agitar (sin excederse).
- Se colocaron en baño de agua a 60 °C durante 30 minutos; agitar la suspensión a los 10 minutos de haber iniciado el calentamiento.
- Se centrifugaron a temperatura ambiente a 4 900 RPM durante 30 minutos.
- Se decantó el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar (máximo un minuto después) y medir el volumen.
- Se tomó 10 ml del sobrenadante y colocar en un vaso de precipitados de 50 ml (previamente pesado).
- Se secó el sobrenadante en un horno durante toda la noche a 70 °C.
- Se pesó el tubo de centrífuga con el gel.
- Se pesaron el vaso de precipitados con los insolubles. Técnica usada (ISO, 1999, p.43).

Cálculos e interpretación de los resultados

$$\text{Poder de hinchamiento (PH)} = \frac{\text{Pesodelgel (g)}}{\text{Pesodelamuestra(g)bs} - \text{Pesosolubles (g)}}$$

2.9.1.3 Temperatura de gelatinización (°C).

- Se pesaron 10 g de almidón (bs), se disolvió en agua destilada y completar a 100 ml.
- Se calentó agua en un vaso de precipitado de 250 ml a 85 °C.
- Se tomó 50 ml de la suspensión en un vaso de precipitado de 100 ml.
- Se introdujo el vaso de precipitado con la muestra en el agua a 85 °C.
- Se agito con el termómetro constantemente la suspensión de almidón hasta que se forme una pasta y la temperatura permanezca estable por unos segundos.
- Finalmente se leyó la temperatura de gelatinización. Técnica usada (ISO, 1999, p.53).

Cálculos e interpretación de los resultados

La temperatura de gelatinización se leyó directamente en el termómetro.

2.9.1.4 Humedad

- Utilizando la balanza analítica se pesó 2gramos en crisoles previamente tarados.
- Se colocaron la muestra en la estufa a una temperatura de 105 grados centígrados durante 12 horas.
- Se retiraron los recipientes con la muestra seca de la estufa
- Se enfrió en el desecador por 30 minutos, finalmente se procede a secar los crisoles hasta que la muestra seca. Para determinar el contenido de humedad se realizó según la norma. Técnica usada (Norma Técnica Ecuatoriana INEN 0777, 1985, p.3).

$$\% \text{ Humedad} = \frac{W2 - W3}{W2 - W1} * 100$$

Dónde:

- H= humedad en porcentaje
- W1= peso del crisol vacío
- W2= peso del crisol más la muestra húmeda
- W3= peso del crisol más la muestra seca

2.9.1.5 *Minerales*

a. Calcio

- Se pesaron 20 gramos de muestra en vasos de precipitación, se coloca hidróxido de amonio hasta que la muestra se neutralice (pH 7). A cada una de las muestras se colocó una pisca de negro de eriocromo y se mezcla.
- En el dispositivo de titulación se colocó la sustancia EDTA.
- Para finalizar se titularon las muestras hasta el primer cambio de color (violeta).
- Tomar los datos de la titulación. Técnica usada (ISO, 1999, p.33).

b. Fósforo

- Se calcinaron muestras de 2 gramos durante 4 horas a 600 grados centígrados.
- Las muestras se enfriaron, se adiciono ácido clorhídrico 6 N y varias gotas ácido nítrico.
- Se calentó hasta disolver completamente las cenizas.
- Se enfriaron y transfirieron a un matraz aforado de 100 ml, y se enraso con agua destilada.

- Se transfirió con una pipeta, a un matraz de 100 ml, una alícuota que contenga 0,5 – 1,5 mg de fósforo.
- Se adicionan 20 ml de reactivo molibdovanadato.
- Se diluyó la muestra y el reactivo de molibdovanadato a 100 ml.
- Se dejó desarrollar la coloración durante 10 minutos.
- Se tomó la lectura de absorbancia a 400 nm, frente a una curva de calibrado para el fosforo.
- Para la preparación de calibrado se realizó una disolución patrón de almacenamiento, de 2mg de P/ml pesando 8,7874 gramos de fosfato monopotásico previamente secado a 105 grados centígrados, durante dos horas.
- Se transfirió cuantitativamente a un matraz aforado de 1 litro y se añadió aproximadamente, 750 ml de agua destilada hasta disolver.
- Se diluyó con agua hasta enrasar (refrigerar hasta el momento de su uso).
- Se preparó una disolución patrón de trabajo de 0, 5, 8, 1, 1.5 ml a matraces aforados de 100 ml, recién enjuagados. (Estos representan, respectivamente 0, 0,5 0,8 y 1,5 mg de fosforo).
- Se adicionaron 20 ml de reactivo de molibdovanadato a cada uno de los matraces que contienen los patrones.
- Se enrasó con agua y mezclar bien.
- Se dejó reposar los matraces durante 10 minutos, para completar el desarrollo de color.
- Se tomó la lectura de la absorbancia a 400nm. Utilizar el patrón de 0,0 (el blanco) para establecer el cero del espectrofotómetro. Técnica usada (ISO, 1999, p.44).

2.9.1.6 *Amilosa y Amilopectina (%)*.

Preparación de la curva estándar de amilosa/amilopectina

- Se pesaron 100 mg de muestra de amilosa y 100 mg de amilopectina en frascos volumétricos de 100 ml.
- Se agregaron a cada frasco 1 ml de etanol al 95 por ciento y 9 ml de hidróxido de sodio 1 N, tapar y dejar a temperatura ambiente entre 18-24 horas.
- Se completó a 100 ml con agua destilada.
- Se preparó la curva estándar de acuerdo a los siguientes valores del Cuadro.
- En un frasco volumétrico de 100 ml que contenga 50 ml de agua destilada se agregaron una alícuota de 5mL de cada punto de la curva estándar, 1 ml de ácido acético 1 N y 2 ml de solución de yodo al 2 por ciento, mezclar bien y completar a volumen con agua destilada.
- Se almacenaron los frascos bajo oscuridad durante 20 minutos y leer la densidad óptica a una longitud de onda de 620 nm. Técnica usada (ISO, 1999, p.76).

Cálculos e interpretación de los resultados:

Tabla 10-2 Cantidades para la elaboración la curva estándar para amilosa y amilopectina.

| Amilosa % | Amilosa (ml) | Amilopectina (ml) | NaOH 0.09N (ml) |
|------------------|---------------------|--------------------------|------------------------|
| 0 | 0 | 18 | 2 |
| 10 | 2 | 16 | 2 |
| 10 | 4 | 14 | 2 |
| 25 | 5 | 13 | 2 |
| 30 | 6 | 12 | 2 |

Fuente: ISO, 1999.

Realizado por: RENTERÍA Chimbo, Alejandra, 2020.

El cálculo del contenido de amilosa se realizó directamente de la curva estándar y se expresó como porcentaje. El valor del contenido de amilosa en un almidón es el factor determinante para la calidad de los alimentos terminados.

Valores altos en el contenido de amilosa favorecen una mayor solubilidad, mayor viscosidad, mejor claridad del engrudo y mayor tendencia a la retrogradación de los geles. El contenido de amilopectina se obtiene restando el contenido de amilosa del contenido de almidón.

2.9.1.7 *pH*

- Se calibró el medidor de pH con las soluciones tampón pH 4,0 y pH 7,0.
- Se mezcló 20,0 g de almidón en base seca con 100 ml de agua destilada (previamente hervida para eliminar el CO₂) durante 15 minutos.
- Se filtraron a través de un papel filtro.
- Se tomó una alícuota y medir el pH con una cifra decimal. Técnica usada (ISO, 1999, p.23).

2.9.1.8 *Acidez titulable*

- Se llenó en una bureta con una solución de hidróxido de sodio a 1 N previamente preparado.
- Se mezcló 20,0 g de almidón en base seca con 100 ml de agua destilada (previamente hervida para eliminar el CO₂) durante 15 minutos.
- Se tomaron 50 ml del filtrado y se tituló con hidróxido de sodio 0,1 N utilizando fenolftaleína como indicador (aprox 3 gotas).
- Se tomó lectura en la bureta (el gasto).
- Se calculó la cantidad de hidróxido de sodio gastado para neutralizar la acidez de la muestra. Técnica usada (ISO, 1999, p.76)

2.9.2 *Análisis microbiológicos*

2.9.2.1 *Mohos y levaduras*

- Se esterilizo los materiales a utilizar como tubos de ensayo, pipetas.
- Se desinfecto con alcohol toda la superficie que se trabajó.
- Se realizaron 5 diluciones de 10^{-3} de cada uno de los tratamientos.
- Con mucho cuidado se diluyó 1 ml de la disolución de 10^{-3} en cada placa Petrifilm para el recuento de mohos y levaduras.
- Se incubaron las placas de 34-36 °C. Técnica utilizada de (ISO, 1999, p. 140)

Cálculos e interpretación de los resultados:

- Se seleccionaron las dos cajas correspondientes a la misma dilución que presenten entre 20 y 1 000 colonias. Se contaron todas las colonias de cada caja Petrifilm, hallar el valor promedio y multiplicar por el valor de la dilución.
- Se registra como unidades formadoras de colonia UFC/g de almidón.

2.9.3 *Análisis Económico*

2.9.3.1 *Rendimiento*

El porcentaje de rendimiento se realizó con la siguiente formulación.

$$Rendimiento = \left(\frac{PESOFINAL}{PESOINICIAL} \right) X 100$$

$$Rendimiento = \%$$

2.9.3.2 Beneficio-costo

Para llegar al costo-beneficio se realizaron con las siguientes formulaciones.

- Costos de producción por cada kg.

$$CP = \left(\frac{COSTOSTOTALES}{NÚMERODEkgPRODUCIDOS} \right)$$

$$CP = \$/kg$$

- Ingresos totales en dólares

$$ID = (INGRESOSDEVENTA * \#gPRODUCIDOS)$$

$$IV = \$$$

- Costo-beneficio en dólares

$$B - C = \left(\frac{INGRESOSTOTALESENDOLARES}{COSTOSTOTALES} \right)$$

$$B - C = \$$$

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1 Análisis físico-químicos de la fécula de papa china.

3.1.1 Índice de solubilidad

Se reportaron diferencias altamente significativas con un nivel de significancia del $p \leq 0,05$, los valores en cuanto al índice de solubilidad según la tabla 11-3 fueron de 9,51 para el método físico (decantación), 11,80 para el método enzimático y 0,32 para el método químico. El índice de solubilidad muestra la cantidad de sólidos disueltos por el agua cuando una muestra de almidón se somete a una demasía de líquido según (Casañas, 2009, p.33) es por esto que el método se consideró como el mejor tratamiento en caso de que se requiera realizar pastas y harinas pues almidones de buena calidad tendrán una baja solubilidad ya que las partículas no se difunden en el solvente y se hincha para poder gelatinizar según (Rodríguez y SandovalLascanoy, 2012, p.23); así mismo almidones con un alto índice de solubilidad según (López et al., 2013:pp.25-26) serían los mejores para realizar jarabes de glucosa por hidrólisis de almidón ya que este tipo de almidones obtendrían un alto índice de solubilidad lo cual indicaría la capacidad de una sustancia para disolverse en otra, esto también se liga con la presencia de moléculas de almidón solubles, lo cual se vincula con la dextrinización. La fécula de maíz tiene un promedio de 4,8% este es bajo a comparación con el método químico y enzimático de la fécula de papa china. En cuanto a sus referencias los valores de todos los tratamientos cumplen con los rangos referenciales de solubilidad según (Casañas, 2009, p.32).

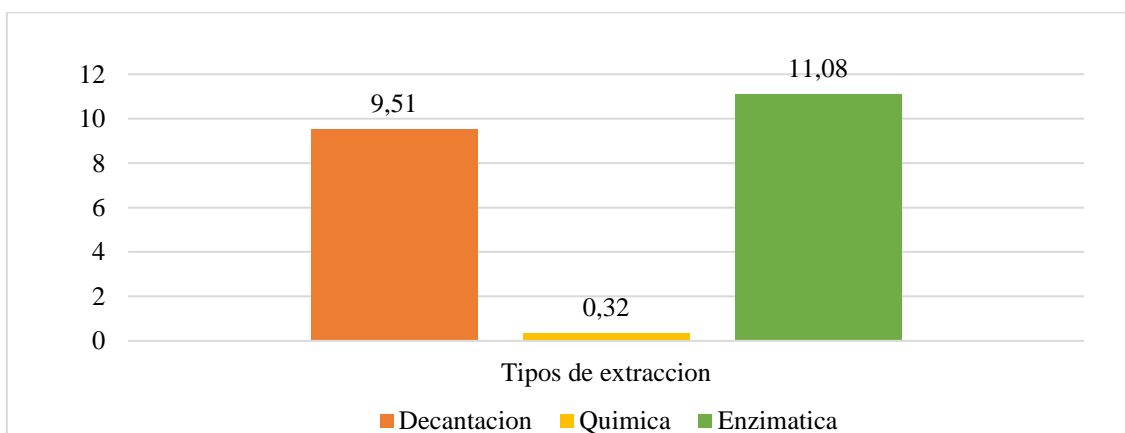


Gráfico 1-3: Índice de solubilidad en tres métodos de extracción.

Realizado por: RENTERÍA Alejandra, 2020.

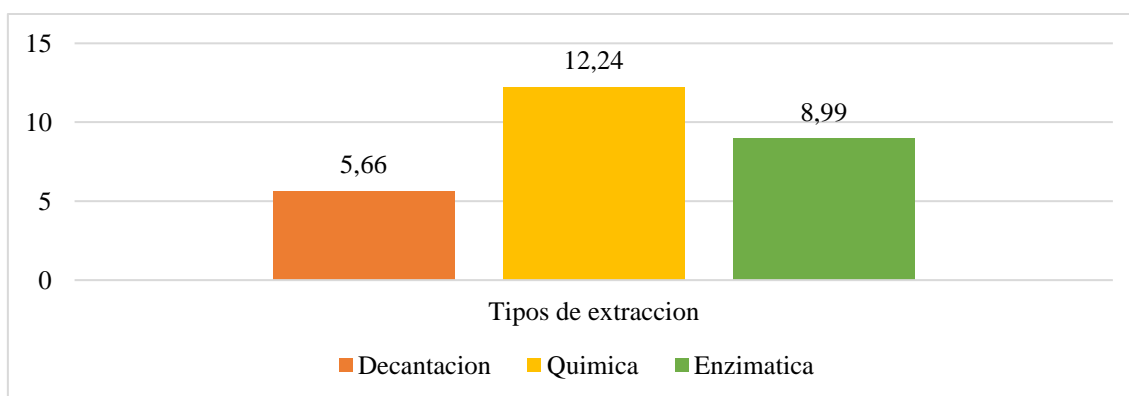
Tabla 11-3: Análisis de las variables físico químicas en los métodos de extracción

| VARIABLES FISICO- QUIMICAS | Métodos de Extracción | | | CV | EE. | PROB. |
|-------------------------------|-----------------------|----------|------------|------|---------|---------|
| | Física | Química | Enzimática | | | |
| Índice de solubilidad | 9,51 b | 0,32 a | 11,08 c | 3,48 | 0,11 | <0,0001 |
| Poder de hinchamiento | 5,66 a | 12,24 c | 8,99 b | 0,07 | 0,0029 | <0,0001 |
| Temperatura de Gelatinización | 73 c | 66 a | 70 b | 0,00 | 0,00 | <0,0001 |
| Humedad | 13,821 b | 14,613 b | 11,9 a | 4,20 | 0,25 | <0,0001 |
| Calcio | 4,82 b | 2,2 a | 5,48 c | 0,88 | 0,02 | <0,0001 |
| Fosforo | 0,11 b | 0,11 b | 0,11 a | 1,21 | 0,00055 | <0,0001 |
| Amilosa | 13,49 b | 13,38 a | 13,48 b | 0,04 | 0,0027 | <0,0001 |
| Amilopectina | 85,95 a | 86,05 b | 85,95 a | 0,01 | 0,0027 | <0,0001 |
| pH | 6,81 b | 6,85 c | 6,8 a | 0,05 | 0,0016 | <0,0001 |
| Acidez titulable | 2,26 b | 1,78 a | 2,4 c | 1,90 | 0,02 | <0,0001 |

Realizado por: RENTERÍA Chimbo, Alejandra, 2020.

3.1.2 Poder de hinchamiento

Se reportaron diferencias altamente significativas con un nivel de significancia del $p \leq 0,05$ los valores en cuanto al poder de hinchamiento fueron de 5,66 para el método de decantación, 8,99 para el método enzimático y 12,24 para el método químico; este último se consideró como el mejor tratamiento según el grafico 2-3.

**Gráfico 1-3:** Poder de Hinchamiento en los tres tratamientos de extracción.

Realizado por: RENTERÍA Alejandra, 2020.

Según (Granados et al., 2014: p.17-18) poder de hinchamiento se define con la capacidad que tiene el almidón para absorber el agua, esta es una cualidad del contenido de amilopectina, porque la

amilosa actúa como diluyente e inhibidor del hinchamiento es por esto que almidones de buena calidad tendrán un alto poder de hinchamiento por su capacidad de inflarse una vez combinados con un disolvente (agua), para la realización de gelificantes, espesantes, emulsificantes, etc. En cuanto a las referencias de los valores de todos los tratamientos cumplen con los rangos referenciales según (Esther et al., 2005, pp.37-38).

3.1.3 *Temperatura de gelatinización*

Se reportaron diferencias altamente significativas con un nivel de significancia del $p \leq 0,05$, los valores en cuanto a la temperatura de gelatinización fueron de 73 grados centígrados para el método de decantación, 70 grados centígrados para el método enzimático y 66 grados centígrados para el método químico; estas temperaturas son similares a las reportadas por (Oñate, 2018, p.31) de 72,5 grados centígrados en papa china. Sin embargo, (Robles y Oñate, 2012, p.77) manifestó 55 y 54 grados centígrados para otras variedades como la blanca y morada. Según (Casañas, 2009, p.33) menciona que los rangos referenciales de almidón son de 57,5 – 70 grados centígrados. Las temperaturas de gelatinización bajas se determinan con el pequeño tamaño del gránulo, esto disminuye una baja penetrabilidad del agua dentro del gránulo y, por lo tanto menores temperaturas de gelatinización según (Robles y Oñate, 2012, p.79) por lo cual el mejor tratamiento en cuanto a temperatura de gelatinización fue el tratamiento químico según el grafico 3-3 ya que presentó una menor temperatura en cuanto a los demás tratamientos y por ende un menor tiempo al momento de gelatinizar el almidón.

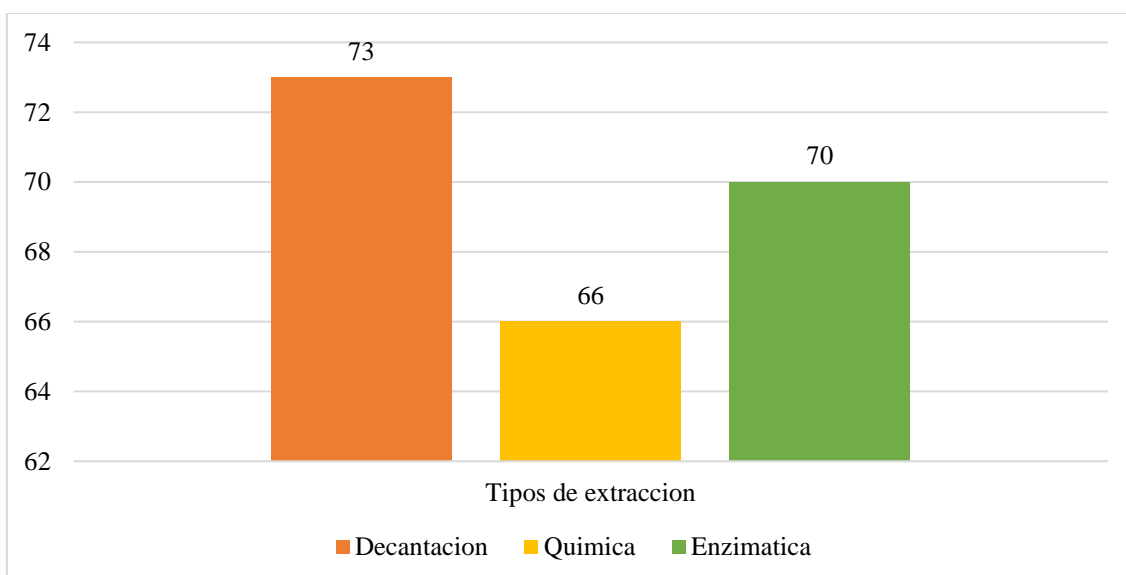


Gráfico 2-3: Temperatura de Gelatinización en los tres tratamientos de extracción.

Realizado por: RENTERÍA Alejandra, 2020.

3.1.4 Humedad

Se reportaron diferencias altamente significativas con un nivel de significancia del $p \leq 0,05$, en el tratamiento enzimático 11,90 por ciento, en cuanto al método químico con un valor de 14,61 por ciento y 13,82 por ciento para el método físico (decantación), respectivamente. Según los valores de (Casañas, 2009, p.19)manifiesta que la humedad es el porcentaje de agua que contiene un alimento, siendo este un parámetro importante a la hora de controlar una posible contaminación microbiana (mohos y levaduras) ya que estarían en un ambiente adecuado para el crecimiento de los mismos. (INEN 616:2015, p.3) Declara que el valor máximo de humedad permitido es de 14,15 por lo tanto los valores obtenidos en porcentaje de humedad están en el rango de la norma. Según (Robles y Oñate, 2012, p.80)manifiesta que el porcentaje de humedad de otros tubérculos son de: 9,48 por ciento para yuca, 9,83 por ciento para camote, 9,9 por ciento para maíz y 19 por ciento en papa. Por ende el mejor tratamiento fue el enzimático según el trafico 4-3 por lo que presentó un menor porcentaje de humedad lo cual representaría menores posibilidades de contaminación por microorganismos (mohos y levaduras) por lo tanto se sugiere aumentar el tiempo de secado de la fécula para bajarla humedad del mismo ya que todos los tratamientos trabajaron con los mismos parámetros de secado.

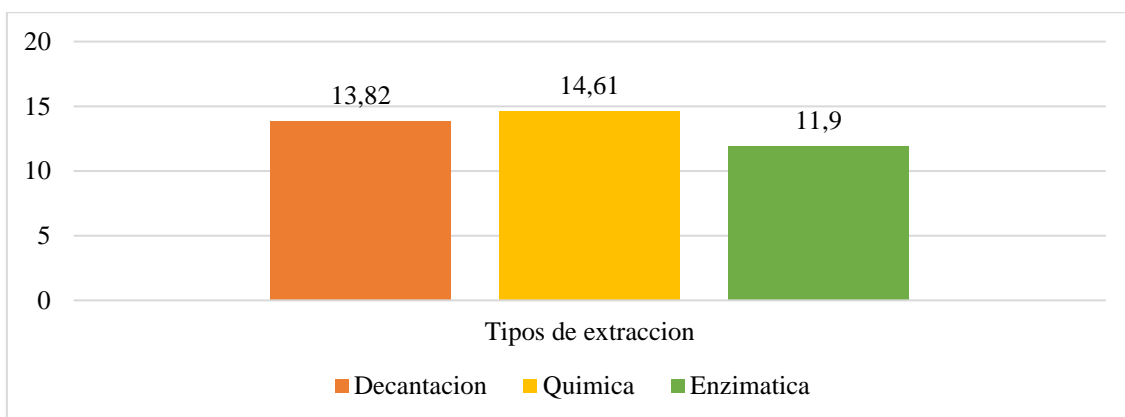


Gráfico 3-3: Porcentaje de Humedad en los tres tratamientos de extracción.

Realizado por: RENTERÍA Alejandra, 2020.

3.1.5 Minerales calcio y fósforo

3.1.5.1 Calcio

Se reportaron diferencias altamente significativas con un nivel de significancia del $p \leq 0,05$, los valores en cuanto al porcentaje de calcio, el valor inicial fue de 4,82 por ciento para el método de

decantación, 2,2 por ciento para el método químico y 5,48 por ciento para el método enzimático; con un valor similar que el almidón de papa tradicional con un 4 por ciento y papa criolla con un 7 por ciento como reporta (Universidad nacional de Heredia de Costa Rica, 2016, p.55). En comparación con almidón de maíz con un 0,88 por ciento; 0,82 en almidón de yuca; 0,94 en almidón de sorgo y 0,88 en almidón de arroz según (Fernandes y Belda, 1997, p.34). Se puede afirmar que el mejor tratamiento fue el enzimático según el gráfico 5-3 ya que presenta una mayor cantidad de calcio ya que este es un mineral importante para varios procesos que el organismo necesita como la formación de huesos, dientes, la contracción muscular, el funcionamiento del sistema nervioso y ayuda en la coagulación de la sangre, etc. Según (Fernandez et al., 2011:pp.25-26).

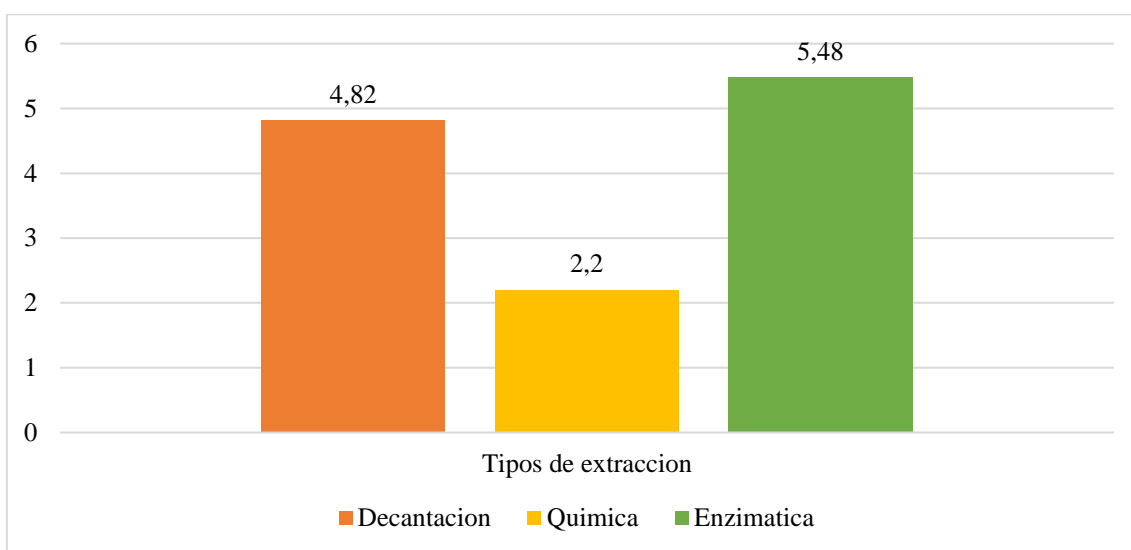


Gráfico 4-3: Porcentaje de Calcio en los tres tratamientos de extracción.

Realizado por: RENTERÍA Alejandra, 2020.

3.1.5.2 Fósforo

Se realizó un diseño completamente al azar en donde se reportaron diferencias significativas con un nivel de significancia del $p \leq 0,05$, los valores en cuanto al porcentaje de fósforo según, los valores reportados para los tres tratamientos fueron de 0,11 según el gráfico 6-3. (Espinoza, 2012, p.41) menciona que el fósforo presente en el almidón, tiene un efecto importante en todos los alimentos que lo tienen, ya que proporciona una mayor estabilidad al descongelamiento, así como mayor claridad en pastas. Según (Díaz y Barrera, 2015, p.21) la presencia de fósforo en los almidones obtienen un efecto aumentando el poder de hinchamiento y la claridad en geles de almidón. En comparación con diferentes tipos de almidones el porcentaje de fósforo varían entre, almidón de maíz con un 0,51 por ciento; 0,56 en almidón de yuca; 0,59 en almidón de sorgo y 0,60 en almidón de arroz según (Espinoza, 2012, p.22).

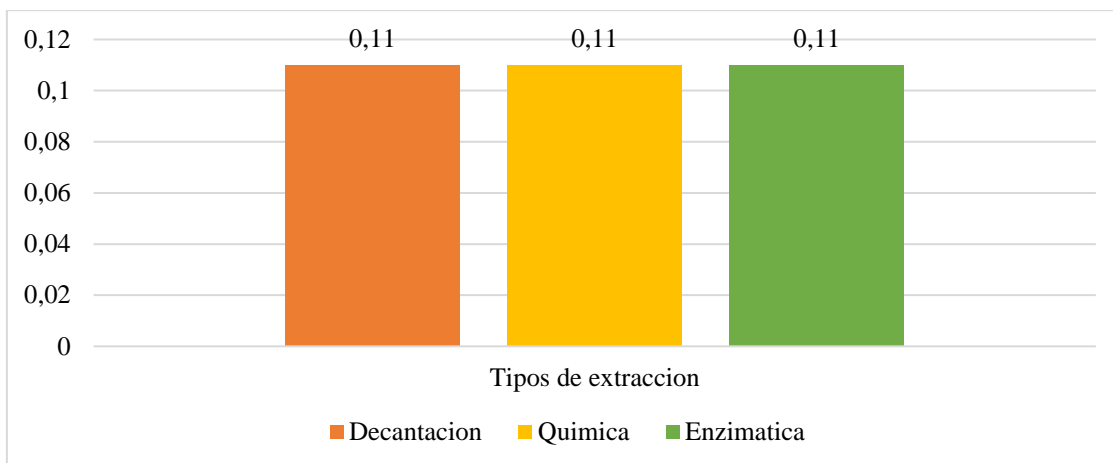


Gráfico 5-3: Porcentaje de fósforo en los tres tratamientos de extracción.

Realizado por: RENTERÍA Alejandra, 2020.

3.1.6 Amilosa y Amilopectina

Se reportaron diferencias altamente significativas con un nivel de significancia del $p \leq 0,05$ los valores en cuanto a la Amilosa y Amilopectina, fueron de 13,49 por ciento en amilosa y 85,95 por ciento en amilopectina para el método de decantación, 13,38 por ciento en amilosa y 86,05 por ciento en amilopectina para el método químico finalmente 13,48 por ciento en amilosa y 85,95 por ciento en amilopectina para el método enzimático según el gráfico 7-3.

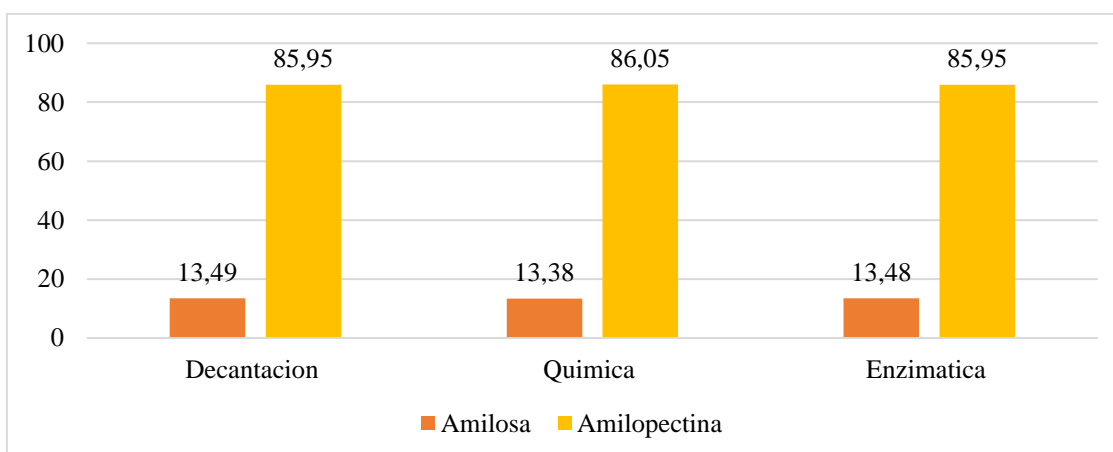


Gráfico 6-3: Porcentaje de Amilosa y Amilopectina en los tres tratamientos de extracción.

Realizado por: RENTERÍA Alejandra, 2020.

Según (Hernández y Medina et al., 2008:pp.32-33) un grano o tubérculo con mayor contenido de amilosa son más bien secos y al tener una baja absorción, se creará un bulo alimenticio seco como para la

elaboración de pastas y por el contrario, si tiene más amilopeptina serán mayormente húmedos y estarán más pegados entre sí como para la elaboración de espesantes; en este caso el mejor tratamiento dependerá de las características deseadas, para escoger un tipo u otro. En comparación con diferentes tipos de almidón tenemos el maíz con un 28 por ciento de amilosa y 72 por ciento de amilopeptina; papa tradicional con un 21 por ciento y 79 por ciento de amilopeptina; trigo con un 28 por ciento de amilosa y 72 por ciento de amilopeptina; yuca con un 17 por ciento de amilosa y 83 por ciento de amilopeptina; sorgo con un 28 por ciento de amilosa y un 72 por ciento de amilopeptina; finalmente en arroz con un 17 % de amilosa y 83 % de amilopeptina.

3.1.7 pH

Se reportaron diferencias altamente significativas con un nivel de significancia del $p \leq 0,05$ los valores en cuanto al pH, fueron de 6,8 para el método de decantación, 6,85 por ciento para el método químico y 6,80 para el método enzimático según el gráfico 8-3. Según (Aristizábal Autorasy& Lorío, 2007, p.49) el valor del pH es una buena medida para estandarizar el grado de fermentación de un almidón ya que señala el grado de acidez o basicidad de un almidón. El pH baja a 4,0 cuando ocurre una fermentación ácida pero cuando el pH aumenta existe un crecimiento de hongos que libera amoníaco según la (Casañas, 2009, p.32) el rango permitido es de 5 – 7 por lo que los valores de los tratamientos de extracción están dentro de las especificaciones de la norma.

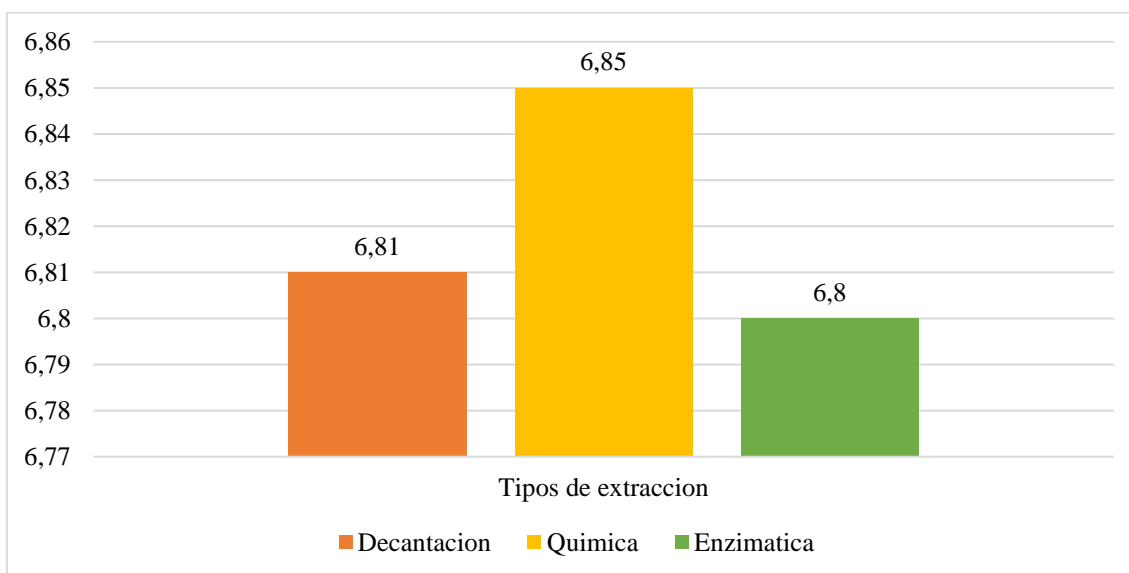


Gráfico 7-3: pH en los tres tratamientos de extracción.

Realizado por: RENTERÍA Alejandra, 2020.

3.1.8 Acidez titulable

Se reportaron diferencias altamente significativas entre tratamientos con un nivel de significancia del $p \leq 0,05$, los valores en cuanto acidez titulable, fueron de 2,26 para el método de decantación, 1,78 para el método químico y 2,40 para el método enzimático como se muestra en el gráfico 9-3. Según (Robles y Oñate, 2012, p.44) la acidez es una medida de la cantidad de ácidos orgánicos presentes en la muestra. Según la acidez titulable del almidón de ñame o papa china obtuvo un valor de 1,60 – 1,90 indicando que el tratamiento químico se obtuvo un valor similar según lo reportado en esta cita (Dávila, 2014, p.93).

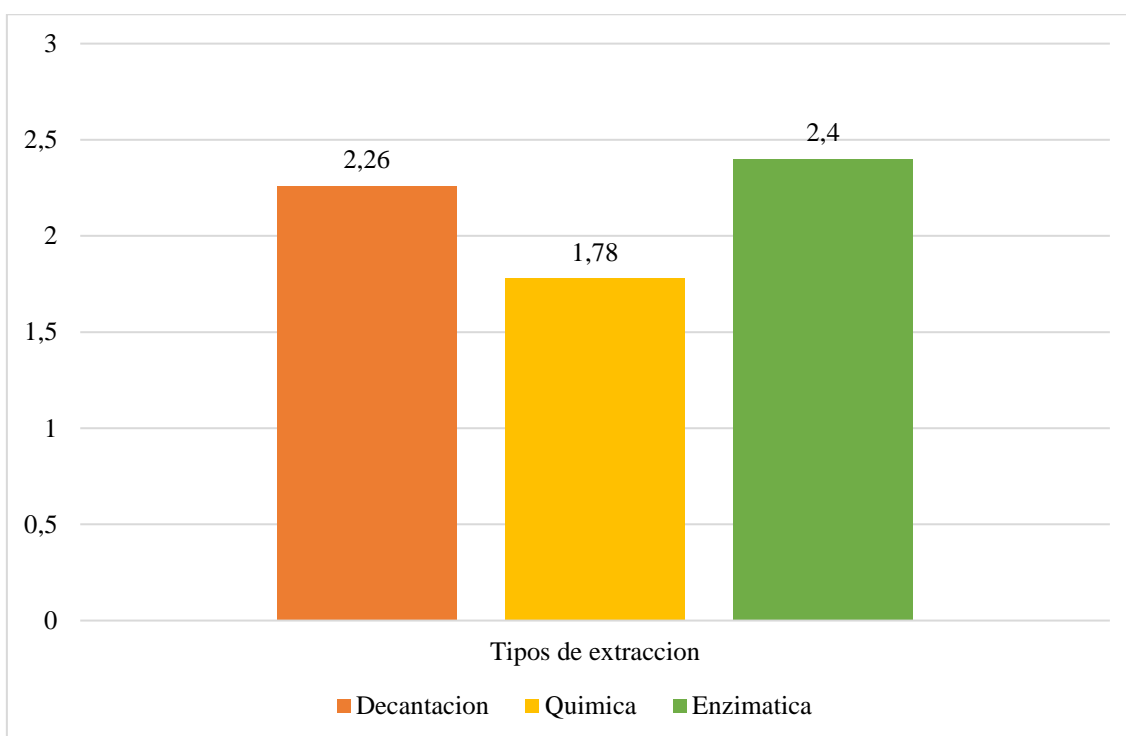


Gráfico 8-3: Acidez Titulable en los tres tratamientos de extracción.

Realizado por: RENTERÍA Alejandra, 2020.

3.2 Análisis microbiológico.

3.2.1 Mohos y Levaduras.

Al valorar el análisis microbiológico de los tres tratamientos (extracción química, enzimática y por decantación) de papa china se pudo manifestar ausencia de mohos y levaduras como se muestra en la tabla 12-3.

Tabla 12-3 Análisis de las variables microbiológicas, mohos y levaduras en la fécula.

| Métodos de extracción | Microorganismos |
|-----------------------|---------------------------|
| | Mohos y levaduras (ufc/g) |
| FÍSICA | Ausencia |
| QUÍMICA | Ausencia |
| ENZIMÁTICA | Ausencia |

Realizado por: RENTERÍA Alejandra, 2020.

3.3 Evaluación económica

3.3.1 Costos de Producción

Los costos de producción para la elaboración de fécula por tres diferentes métodos de extracción se muestran en la tabla 13-3.

Tabla 13-3 Costos de producción para la elaboración de 1 kg fécula.

| | Peso por unidad | Costo por unidad (\$) |
|--|-----------------|-----------------------|
| PAPA CHINA | 1kg | 1,05 |
| NaOH | 1kg | 50,00 |
| ENZIMAS | 50g | 48,99 |
| | Peso utilizado | Costo utilizado (\$) |
| PAPA CHINA | 1 kg | 1,05 |
| NaOH | 0,25 g | 0,0125 |
| ENZIMAS | 0,0025 g | 0,0025 |
| Costos de producción por cada kilogramo producido (\$) | | |
| EXTRACCIÓN FÍSICA | | 1,05 |
| EXTRACCIÓN QUÍMICA | | 1,0625 |
| EXTRACCIÓN ENZIMÁTICA | | 1,0525 |

Realizado por: RENTERÍA Alejandra, 2020.

Los costos de producción por kilogramo de fécula de papa china, con diferentes métodos de extracción se muestran en la Tabla 13-3 la cual indica que el tratamiento menos costoso fue el método físico (decantación) con un costo de producción de \$ 1,05 por kilogramo, seguido del método enzimático con un costo de producción de \$ 1,053 por kilogramo y en tercer lugar el método químico siendo el más costoso que los dos anteriores con un costo de producción de 1,063 esto nos indica que no existen diferencias muy elevadas en cuanto a costos.

3.3.2 Rendimiento

En cuanto al rendimiento se puede observar en la Tabla 14-3 que el mejor valor reportado con el mayor rendimiento fue el tratamiento químico con un 35.10% a diferencia de los demás tratamientos con una diferencia del 0,10% en cuanto al tratamiento enzimático y con un 0,29 % en cuanto al tratamiento físico (decantación).

El porcentaje de rendimiento para la elaboración de fécula por tres diferentes métodos de extracción se muestran en la tabla 14-3.

Tabla 14-3 Porcentaje de rendimiento para 1 kg de fécula.

| | Tratamientos | | |
|--------------------------|--------------|---------|------------|
| | Decantación | Química | Enzimática |
| PESO INICIAL (Kg) | 1 | 1 | 1 |
| PESO FINAL (Kg) | 0,349 | 0,051 | 0,350 |
| RENDIMIENTO % | 34,90 | 35,10 | 35,00 |

Realizado por: RENTERÍA Alejandra, 2020.

3.3.3 Costo-Beneficio

El mejor tratamiento en cuanto al costo-beneficio como se muestra en la tabla 15-3 fue el físico (decantación) este reporto un valor de \$ 2,62, seguido del método enzimático con un \$ 2,61 y por último el método químico con un \$ 2,59; a pesar de que todos los valores tienen valores relativamente diferentes se puede apreciar en todos los tratamientos generan muy buenas utilidades convirtiéndose en un producto rentable.

El costo-beneficio para la elaboración de fécula por tres diferentes métodos de extracción se muestran en la Tabla 15-3.

Tabla 15-3 Costos de producción de 1 kilo de fécula de papa china.

| | Tratamientos | | |
|---|---------------------|----------------|-------------------|
| | Decantación | Química | Enzimática |
| CANTIDAD DE FÉCULA kg | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| COSTOS DE PRODUCCIÓN POR CADA kg | 1,05 | 1,0625 | 1,0525 |
| INGRESOS PARA CADA KG 30% | 0,858 | 0,871 | 0,862 |
| INGRESOS DE VENTA POR CADA kg | 2,750 | 2,750 | 2,750 |
| Beneficio/ Costo en dólares | 2,619 | 2,588 | 2,613 |

Realizado por: RENTERÍA Alejandra, 2020.

4. CONCLUSIONES

- Se obtuvo fécula de papa china por tres diferentes métodos, el primero por extracción física (decantación), el segundo por extracción química (hidróxido de sodio) y el tercero por extracción enzimática (enzimas *Celulasas* Sigma C1184).
- En cuanto a los análisis físicos químicos podemos afirmar que el tratamiento por extracción química fue el que mejores características obtuvo en cuanto al índice de solubilidad con un 0,32%, poder de hinchamiento de 12,24% y una temperatura de gelatinización de 66 grados centígrados, así mismo el tratamiento por extracción enzimática fue el mejor en cuanto a humedad con un 11.90%, calcio con un 5,48% y con un pH de 6,8 respectivamente.
- En el análisis microbiológico todos los tratamientos no presentaron microorganismos (mohos y levaduras).
- El mayor rendimiento de fécula fue el tratamiento químico teniendo un valor de 35,10%, en cuanto al análisis costo-beneficio la mejor cifra fue de \$ 2,62 en 1kg de fécula en el tratamiento físico (decantación).

5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda investigar qué tipos de productos la fécula de papa china serían los más óptimos según sus características para la elaboración de diferentes productos como espesantes, aglutinantes, tapiocas, etc.
- Se recomienda examinar la posibilidad de elaborar productos de panificación con la fécula de papa china ya que esta es libre de gluten y serviría en gran medida a personas celiacas añadiendo diferentes metodologías como la determinación del color, densidad aparente, viscosidad BROKFIELD, viscosidad alcalina, consistencia de la pasta y claridad de la pasta.
- Se recomienda investigar la temperatura óptima exclusiva para desecar la fécula de papa china (*Colocasia esculenta*).

BIBLIOGRAFÍA

AIRES B, et al. Procesos de tratamiento de aguas residuales, objetivos y selección de tecnologías en función al tipo de reutilización. *Centro de investigación en ciencia aplicada y tecnología avanzada. Instituto Politécnico Nacional.* (2010), México D.F pp 24.pp. 1-20.

ALVIS A, Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas. *Informacion Tecnologica*, vol. 19, n° 1 (2004), Guadalajara, Mexico pp. 19-28.

AMAT, Marco, et al. Estudio de los factores que influyen en la actividad enzimática de la catalasa. *Revista Iberoamericana de Tecnología*, vol 16 , n° 1 (2014), Hermosillo, México , pp. 1-6.

ARISTIZÁBAL J, et al. 2007. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca.* [en línea], 2007 España vol.2(n°2) pp. 50-153.

[Consulta: 05 enero 2020].

www.fao.org/geneticresources/es/produccion-et-al-2007a.pdf

AIRES B, Procesos de. Procesos de tratamiento de aguas residuales, objetivos y selección de tecnologías en función al tipo de reutilización. *Temas Selectos de ingeniería de Alimentos.* Instituto Politecnico. (2010), Buenos Aires, Argentina, pp. 1-20.

CAICEDO W, Tubérculos de papa china (*Colocasia esculente L. Schott*) como una fuente energética tropical para alimentar cerdos. *Una reseña corta sobre las características de la composición química y de los factores nutricionales.* Computarizadora de producción porcina, vol. 20, n° 1 (2013), Tijuana, México pp. 11-12.

CARBALLO, Cuevas, Obtención y caracterización de almidones termoplásticos obtenidos a partir de almidones injertados con poliésteres biodegradables. *Temas Selectos de ingeniería de Alimentos*, vol 12 , n° 1 (2017), Quito, Ecuador pp. 30- 91.

CASAÑAS, C., 2009. Análisis del almidón. *Guía para análisis de almidón*, vol. 140, n° 1 (2009), Cali, Colombia pp. 1-30.

CHAVARRLAGA D, Algunas araceas de uso alimenticio. *Temas Selectos de ingeniería de Alimentos*, vol. 47, n° 1 (2018), Puebla, México pp. 45-50.

DÍAZ, Barrera, et al. Determinación de las propiedades físicas, químicas, tecnofuncionales y la estabilidad en congelación/decongelación del almidón de cuatro variedades de solanum tuberosum ssp. andigenum (papa nativa). *Temas Selectos de ingeniería de Alimentos*, vol 2, n° 3 (2014), Cali, Colombia, pp. 1-39.

DÍAZ Y., et al. Determinación de las propiedades físicas, químicas, tecnofuncionales y la estabilidad en congelación/decongelación del almidón de cuatro variedades de solanum tuberosum ssp. andigenum (papa nativa). *Temas Selectos de ingeniería de Alimentos*, [en línea], 2015, Colombia vol 3 (n° 3) pp. 1-39.

[Consulta: 10 enero 2020].

www.repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/123456789/213/19-2015-EPIA-Diaz Barrera - Determinación de propiedades de variedades de papa nativa.pdf.

DÁVILA F., et al. Determinación de los parámetros para la extracción de almidón del plátano bellaco (*Musa paradisiaca*). *Revista de investigación Universitaria*, Argentina vol. 3, n° 2 (2014), pp. 23-28.

Ecuador. "Instituto Ecuatoriano de Normalización" (INEN). Norma Técnica Ecuatoriana INEN 0777. Humedad. *Determinación de la pérdida por calentamiento*. 1era ed. Quito-Ecuador. INEN. 1985. p. 6

Ecuador. "Instituto Ecuatoriano de Normalización" (INEN). Norma Técnica Ecuatoriana INEN 616. *Análisis para Almidones de trigo*. Análisis. 2da ed. Quito-Ecuador. INEN. 2015. p. 3.

ESPINOZA R., et al. Relación entre el contenido de fósforo y algunas propiedades térmicas y reológicas en almidón de papa nativa de Chiloé. *Temas Selectos de ingeniería de Alimentos*, vol 2, n° 3 (2012), Cali, Colombia, pp. 11-12.

ESTHER M., et al. Metodos fisicos de separacion y purificacion de sustancia organicas. *Univerisad de las palmas de gran canaria*, *Temas Selectos de ingeniería de Alimentos*, vol 3, n° 3 (2005), Cali, Colombia, pp. 52-60.

FAO. Análisis físicoquímico del almidón. *Guía técnica para la producción y análisis de almidón de Yuca*, vol. 140, n° 3 (1999), León, Mexico, pp. 61-134.

FERNANDEZ A., et al. Calcio y Nutrición. Sociedad Argentina de Pediatría. *Temas Selectos de ingeniería de Alimentos*[en línea], 2011, Ecuador vol.2 (n° 2), pp. 19-25

[Consulta: 25 enero 2020].

www.sap.org.ar/docs/calcio.pdf.

VERA L., et al. Enzimas: Qué son y para qué sirven. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, vol. 101, n° 2(2013), pp. 399-418. ISSN 1137-2141.

GRANADOS C., et al. Propiedades funcionales del almidón de sagu (maranta arundinacea) funcionales properties sago starch (maranta arundinacea) propiedades funcionais do amido de araruta (maranta arundinacea). *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol. 12, n° 2(2014), Chile, pp. 90-96.

GUERRERO A., et al. Almidón, Gelatinización y Retrogradación. *Almbra Mexicana*, vol. 1, n° 3(2014), Chiguagua, Mexico pp. 1-10.

HERNÁNDEZ M., et al. Caracterización físicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciencia e Tecnología de Alimentos*, vol. 28, n° 3(2008), Yucatán, México pp. 718-726.

INSHT, et al. Hidróxido De Sodio. *Fichas Internacionales de Seguridad Química*, vol 22, n° 2(2010) Quito, Ecuador pp. 2-5.

LARA S., et al. Análisis de mercado para la exportación de papachina-malanga, producida en el Ecuador para el consumo en el mercado estadounidense. [en línea], 2014, España vol. 1 (n° 3), pp 5-8.

[Consulta: 20 febrero 2020].

www.dspace.udla.edu.ec/handle/33000/3063.pdf.

LÓPEZ L., et al. Determinación del porcentaje de humedad, solubles e insolubles en agua de la fibra de Carludovica Palmata (paja toquilla). *Revista colombiana*, vol 16, n° 1 (2013). Argentina pp. 23-27.

OÑATE L., et al. Desarrollo de un recubrimiento comestible para fresa (Fragaria x ananassa Duchesne) en base a almidón de papa china. *Critical Reviews In Food Science & Nutrition*[en línea], 2008, Tijuana, Mexico vol 2 (n° 3) pp. 1-72.

[Consulta: 28 febrero 2020].

www.repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1918/1/BQ_29.pdf.

OSCAR H.P.C., et al. Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa. *Acta Agronomica*, vol. 62, n° 4, 2013, Santiago, Chile pp. 289-295. ISSN 01202812.

PAOLA J., et al. Estudio de la actividad enzimática de poligalacturonasa en la corteza de pitaya amarilla (*acanthocereus pitajaya*) polygalacturonase activity in yellow pitaya peel (*acanthocereus pitajaya*). *Acta Biológica Colombiana*, vol. 11, n° 1, 2006, Puente Alto, Chile pp. 65-74. ISSN 0120-548X.

PLAZO C., et al. This fact sheet has been extracted from TNA Report – Ecuador - Technology needs assessment and technology action plans for climate change mitigation . *You can access the complete report from the TNA project* [en línea], 2014, New York, EEUU vol. 2 (n° 2), pp 9-10.

[Consulta: 05 marzo 2020].

www.tech-action.org/pdf.

POSLIGUA R., et al. Proyecto de inversion para la elaboracion y comercializacion de un snack artesanal a base de papa china organica para el consumo en el mercado guayaquileño. *Revista colombiana de química*. 2016 p.32.

OÑATE M., et al. Relación entre algunas propiedades fisicoquímicas y térmicas de gelatinización y retrogradación en almidón de papa nativa de Chiloé. *Revista química*. 2012. p. 45.

ROBLES O., et al. Propiedades Físico Químicas MSDS. *Revista de investigaciones*. 2016. pp. 1-6.

RODRÍGUEZ S., et al. Influence of the Partial Substitution of Wheat Flour for Quinoa and Potato Flour on the Thermomechanical and Breadmaking Properties of Dough. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, vol. 15, n° 1(2012), Buenos Aires, Argentina pp. 199-207. ISSN 0123-4226.

UNIVERSIDAD NACIONAL HEREDIA COSTA RICA. Hoja de seguridad Sulfato ácido de sodio MSDS. *Revista de investigaciones*. 2016. pp. 1-6.

VALORIZACI P., et al. “ Enzimas de interés para la industria de alimentos y química a partir de desechos de la industria acuícola ” *El Equipo de Emprendedores*. vol 5. n° 4(2016) Madrid, España pp. 1-12.