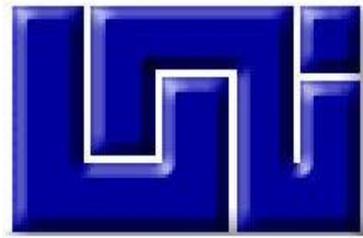


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**



**EXTRACCION DE ALMIDON A PARTIR DE VARIEDADES DE PAPA
CULTIVADAS EN NICARAGUA**

TRABAJO DE DIPLOMA PRESENTADO POR:

Br. Coralía Mercedes Leiva López

Br. Rayza Solange Obando Pérez

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO QUÌMICO

TUTOR

MEng. Néstor Fong

ASESOR:

Esp. T.A. Alejandro Hernández

Managua, Nicaragua, 2014

Dedicatoria

Gracias Dios por concederme la vida, la voluntad y la oportunidad de estudiar, por brindarme esa fortaleza de superar los obstáculos en los momentos difíciles y valorar el día a día de mi existencia.

A mi madre Norma Mercedes López, quien es la mujer que más admiro, gracias por inculcarme esos principios y valores fundamentales de la vida para ser una persona de bien, por tus enseñanzas, comprensión y apoyo en todas mis dediciones, gracias por cada segundo de tu vida que estuviste a mi lado.

A mi padre Miguel Angel Leiva Chabrol, gracias a ti nació en mí el interés del estudio en el campo ingenieril, para mí eres un modelo a seguir. Gracias por tu interminable apoyo en mi formación profesional, por tu cariño incondicional y respaldar todas mis dediciones.

A mi hermano Alvaro, por su apoyo infinito en lo largo de mis estudios y sobre todo por estar juntos en cada momento importante. A mi familia por estar presente en cada logro de mi vida.

A mi tutor MEng. Néstor Fong, por su valioso tiempo y apoyo que transmitió en todo el transcurso de la tesis monográfica.

A mi compañera de tesis y amiga Rayza Obando Pérez, por todo el tiempo compartido a lo largo de la carrera universitaria, por su paciencia y comprensión.

Br. Coralia Mercedes Leiva López

Dedicatoria

Principalmente a Dios le dedico este trabajo con toda la humildad de mi corazón, por haberme dado fortaleza para seguir adelante y cuidar cada paso de mi persona pero sobre todo por haberme dado la vida y darme la oportunidad de culminar una etapa muy importante en mi vida.

Por proporcionarme con mucho sacrificio lo más importante que pueden dejarme en mi vida “mis estudios” además por su sincera compañía durante todo mi vida y trayecto estudiantil ayudándome a crecer con valores y hábitos, enseñándome constantemente lo importante de valorar las cosas en la vida; les dedico este trabajo que se realizó con mucho esfuerzo a las personas más importante en mi vida, mis padres, Olga Marina Pérez Ríos y Santiago Obando Martínez.

Dedico esta monografía a mi compañera y amiga Coralia Mercedes Leiva López porque en el trayecto de nuestros estudios y ahora en este trabajo aprendimos de nuestras diferencias creando un vínculo de respeto y verdadera amistad.

A mi tutor MEng. Néstor Fong por su infinita paciencia y su deseo de ayudar que nos demostró en todo momento durante la realización de este importante trabajo.

A mis familiares, mis amigos y a todas esas personas que fueron formando parte de mi vida para hacerme compañía de una forma incondicional y sincera; por todos esos momentos alegres, gracias.

Br. Rayza Solange Obando Pérez

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por concedernos la oportunidad de culminar nuestra formación profesional, de poner en nuestro camino a personas muy amables y con una gran capacidad de ayudar en el aprendizaje de los demás.

Especialmente agradecemos a nuestro tutor MEng. Néstor Fong por sus orientaciones y consejos en el proceso de culminación de nuestra tesis monográfica. Muchas gracias a nuestro asesor Esp. T.A. Alejandro Hernández, por su apoyo en la investigación.

A MEng. Denis Escorcía, por apoyarnos en esta investigación al poner a nuestra disposición el Laboratorio de Química para la realización de todos los análisis de esta y por su amable trato.

A Ing. Nelly Betanco, por disponernos el tema a investigación que se realizó con éxito. A FAO Nicaragua, por confiar en nuestra capacidad de realizar dicha investigación y por su financiamiento.

A los docentes y Facultad de Ingeniería Química en general por brindarnos las enseñanzas y herramientas en la educación de la Ingeniería Química. De todo corazón agradecemos a quienes contribuyeron de cualquier forma en la culminación de nuestros estudios.

A todos ellos, muchas gracias.

Br. Coralia Mercedes Leiva López
Br. Rayza Solange Obando Pérez

Resumen

En el presente trabajo se caracterizaron siete variedades de papa cultivadas en el norte del país mediante análisis proximales y se efectuaron ensayos de extracción de almidón haciendo uso de dos equipos de reducción de tamaño (procesador y molino de discos), para determinar si existe diferencia en el rendimiento de almidón en función del equipo utilizado. Además, se determinaron algunos parámetros para conocer la calidad del almidón obtenido (pH, % de humedad, cenizas, % de pureza y temperatura de gelatinización).

La caracterización de las variedades de papa mostró que el contenido de materia seca está entre 12.47% y 29.98%, siendo las variedades Ona, Provento y Karú las que presentaron mayor porcentaje de ésta con 29.98%, 29.91% y 28.11% respectivamente, siendo las más adecuadas para su uso en la extracción de almidón.

El rendimiento en los ensayos de extracción se calculó en base húmeda y en base seca. En base húmeda, el rendimiento obtenido estuvo entre 1.47% y 5.78% para ambos equipos y las siete variedades en estudio, mientras que en base seca este rango fue de 9.90% a 33.20%. Los resultados mostraron que al utilizar el molino de disco como equipo de reducción de tamaño se obtuvo rendimientos superiores respecto al procesador (17.40% a 33.20% y 9.90% a 21.40%, base seca, respectivamente). Las variedades Granola (33.20%, base seca) y Sante (32.80%, base seca), presentaron los rendimientos más altos en todos los ensayos realizados.

A las muestras de almidón extraídos se les determinó el pH (6.09 – 8.10), temperatura de gelatinización (64°C – 75°C), porcentaje de humedad (15.48% - 18.56%), porcentaje de cenizas (0.27% - 0.86%) y pureza (74.96% - 86.62%), estos rangos son similares a los encontrados en fichas técnicas y otras referencias bibliográficas sobre la calidad de almidón de papa. Asimismo, los resultados de los análisis no proporcionaron datos que permitieran establecer diferencias respecto a la calidad del almidón entre el uso del molino y procesador como equipo de reducción de tamaño.

Índice

| | |
|--|-----|
| Dedicatoria | i |
| Agradecimiento..... | iii |
| Resumen | iv |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. OBJETIVOS | 3 |
| 2.1. Objetivo general | 3 |
| 2.2. Objetivos específicos..... | 3 |
| III. MARCO TEÓRICO | 4 |
| 3.1. Generalidades del almidón | 4 |
| 3.1.1. Composición..... | 4 |
| 3.1.2. Propiedades | 5 |
| 3.1.3. Fuentes de obtención de almidón..... | 6 |
| 3.1.4. Usos del almidón | 8 |
| 3.2. Características del tubérculo papa | 9 |
| 3.2.1. Generalidades..... | 9 |
| 3.2.2. Rendimiento | 10 |
| 3.2.3. Enfermedades..... | 11 |
| 3.2.4. Composición química | 11 |
| 3.2.5. Variedades | 13 |
| 3.3. Proceso de extracción del almidón de papa | 18 |
| 3.3.1. Recepción..... | 18 |
| 3.3.2. Lavado | 18 |
| 3.3.3. Pesado | 19 |
| 3.3.4. Pelado | 19 |
| 3.3.5. Cortado | 20 |
| 3.3.6. Molienda | 20 |
| 3.3.7. Filtración | 21 |
| 3.3.8. Sedimentación | 22 |
| 3.3.9. Secado..... | 22 |
| 3.4. Calidad del almidón..... | 23 |
| IV. MATERIAL Y MÉTODO | 24 |
| 4.1. Análisis proximal de las variedades de papa..... | 24 |
| 4.2. Procedimiento de extracción del almidón de papa | 24 |
| 4.2.1. Materiales y equipos a utilizar | 26 |
| 4.3. Análisis de almidón | 27 |
| 4.4. Procedimiento experimental | 27 |
| 4.4.1. Variable de respuesta..... | 27 |
| 4.4.2. Ensayos a realizar..... | 27 |
| V. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADO | 28 |
| 5.1. Caracterización de las variedades de papas mediante análisis proximal | 28 |
| 5.2. Etapas del proceso de extracción de almidón a partir de papa | 29 |
| 5.3. Rendimiento del proceso de extracción de almidón | 30 |
| 5.4. Análisis del almidón obtenido..... | 32 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 36 |
| VII. RECOMENDACIONES | 37 |
| VIII. BIBLIOGRAFÍA..... | 38 |
| 8.1. Sitios web | 38 |
| IX. ANEXO..... | 41 |

Lista de tablas

| | |
|---|-----------|
| <i>Tabla 1: Composición química de distintos almidones</i> | <i>8</i> |
| <i>Tabla 2: Principales componentes de la papa</i> | <i>12</i> |
| <i>Tabla 3: Comparación nutricional de la papa respecto a otros alimentos</i> | <i>12</i> |
| <i>Tabla 4: Descripción de algunas variedades de papas que se cultivan en Nicaragua</i> | <i>17</i> |
| <i>Tabla 5: Parámetros fisicoquímicos del almidón de papa</i> | <i>23</i> |
| <i>Tabla 6: Análisis proximal para las variedades de papa.....</i> | <i>24</i> |
| <i>Tabla 7: Materiales y equipos a utilizar</i> | <i>26</i> |
| <i>Tabla 8: Análisis realizados al almidón.....</i> | <i>27</i> |
| <i>Tabla 9: Ensayos de extracción de almidón</i> | <i>27</i> |
| <i>Tabla 10 Resultados del análisis proximal de las variedades utilizadas.....</i> | <i>28</i> |
| <i>Tabla 11 Rendimiento de los ensayos de la extracción de almidón</i> | <i>30</i> |
| <i>Tabla 12: Análisis de varianza de un factor.....</i> | <i>32</i> |
| <i>Tabla 13 Medición de pH de los almidones extraídos</i> | <i>33</i> |
| <i>Tabla 14 Temperatura de gelatinización de los almidones extraídos</i> | <i>33</i> |
| <i>Tabla 15 Porcentaje de humedad de los almidones.....</i> | <i>34</i> |
| <i>Tabla 16 Porcentaje de cenizas de almidones extraídos.....</i> | <i>34</i> |
| <i>Tabla 17 Porcentaje de pureza de almidón de los almidones extraídos.....</i> | <i>35</i> |
| <i>Tabla 18: Características de almidones de distintas fuentes de extracción...</i> | <i>42</i> |
| <i>Tabla 19: Cálculo de porcentaje de humedad</i> | <i>43</i> |
| <i>Tabla 20: Cálculo de porcentaje de ceniza.....</i> | <i>44</i> |
| <i>Tabla 21: Cálculos de porcentaje de grasa</i> | <i>45</i> |
| <i>Tabla 22: Cálculos de porcentaje de fibra</i> | <i>45</i> |
| <i>Tabla 23: Cálculos de porcentaje de proteína</i> | <i>46</i> |
| <i>Tabla 24: Datos de rendimientos de los ensayos de extracción de almidón .</i> | <i>50</i> |
| <i>Tabla 25: Réplicas de ensayos de extracción de almidón.....</i> | <i>50</i> |
| <i>Tabla 26: Datos del método Kolmogorov – Smirnov para molino.....</i> | <i>51</i> |
| <i>Tabla 27: Datos del método Kolmogorov – Smirnov para procesador</i> | <i>51</i> |
| <i>Tabla 28: Prueba Kolmogorov – Smirnov.....</i> | <i>52</i> |
| <i>Tabla 29: Probabilidad acumulada F (Z), $Z \leq 0$</i> | <i>53</i> |
| <i>Tabla 30: Probabilidad acumulada F (Z), $Z \geq 0$</i> | <i>54</i> |
| <i>Tabla 31: Cálculo de porcentaje de humedad</i> | <i>55</i> |
| <i>Tabla 32: Cálculo de porcentaje de ceniza.....</i> | <i>55</i> |
| <i>Tabla 33: Materiales y reactivos</i> | <i>56</i> |
| <i>Tabla 34: Datos de absorbancia para la curva 1</i> | <i>57</i> |
| <i>Tabla 35: Datos de absorbancia para la curva 2</i> | <i>58</i> |
| <i>Tabla 36: Cálculos de pureza de almidón extraídos con molino.....</i> | <i>59</i> |
| <i>Tabla 37: Cálculos de pureza de almidón extraídos con procesador</i> | <i>59</i> |

Lista de figuras

| | |
|--|-----------|
| <i>Figura 1: Estructura de la cadena de amilosa</i> | <i>4</i> |
| <i>Figura 2: Estructura de la molécula de amilopectina</i> | <i>5</i> |
| <i>Figura 3: Partes de la patatera</i> | <i>9</i> |
| <i>Figura 4 : Variedades de papa y sus características</i> | <i>14</i> |
| <i>Figura 5: Otras variedades de papas</i> | <i>41</i> |
| <i>Figura 6: Diagrama de flujo</i> | <i>47</i> |
| <i>Figura 7: Etapa inicial del proceso.....</i> | <i>48</i> |
| <i>Figura 8: Preparación de la materia prima.....</i> | <i>48</i> |
| <i>Figura 9: Reducción de tamaño.....</i> | <i>48</i> |
| <i>Figura 10: Separación del almidón</i> | <i>49</i> |
| <i>Figura 11: Separación del almidón</i> | <i>49</i> |
| <i>Figura 12: Almidones extraído de variedades de papas.....</i> | <i>49</i> |
| <i>Figura 13: Curva de patrón de almidones extraídos con molino.....</i> | <i>57</i> |
| <i>Figura 14: Curva patrón de almidones extraídos con procesador</i> | <i>58</i> |

I. INTRODUCCIÓN

Nicaragua es un país cuya actividad económica está basada principalmente en el sector primario (agricultura, pesca y ganadería); su crecimiento para el año 2012 fue del 17.7%, según el Centro de Trámites para las Exportaciones (CETREX). La exportación de productos es en forma de materia prima, debido al poco interés que se le da al crecimiento de la agroindustria.

Uno de los cultivos que actualmente se está impulsando en el país es el cultivo de papa, considerado uno de los principales cultivos alimenticios del mundo, llegando a ocupar el cuarto lugar a nivel mundial en alimentos de suma importancia nutricional después del arroz, trigo y maíz. Es un alimento versátil, de gran contenido de carbohidratos, poca grasa, abundantes micronutrientes, minerales y antioxidantes. (FAO, 2008). En Nicaragua la producción de papa está dirigida al consumo fresco del tubérculo, mientras que los productos procesados como papa congelada, hojuelas, almidón y harina son productos procedentes de otros países.

El crecimiento que a nivel local ha experimentado la producción de papa, así como la demanda insatisfecha que debe ser cubierta con la importación del tubérculo, muestra que este cultivo está en vías de crecer sostenidamente, tanto en producción como en consumo. Según un estudio realizado sobre el potencial del mercado de la papa en Nicaragua (Torrez, 2008), la importación de papa se podría disminuir paulatinamente ampliando las áreas de siembra hasta el año 2020, de acuerdo a una proyección presentada en el mismo. A esto se agrega la tendencia al aumento del consumo per cápita de papa a nivel nacional dado su aporte nutritivo, de mucha importancia desde el punto de vista de la seguridad alimentaria, tendencia mencionada en el mismo estudio. Estos datos están referidos únicamente al consumo fresco del tubérculo y su uso como semilla, puesto que los productos con valor agregado son aún incipientes y no existe mucha información técnica al respecto.

Con el propósito de incentivar el cultivo de papa, el Gobierno de Nicaragua, con financiamiento del Gobierno de Holanda y la asistencia técnica de la FAO, están llevando a cabo el proyecto “Fortalecimiento de la Seguridad Alimentaria, con énfasis en el incremento de la disponibilidad de alimentos generados en las cadenas agroalimentarias del rubro alimenticio de la papa y del maíz”, proyecto que inició en el año 2010 y tendrá una duración de 4 años. Dentro de este proyecto, la FAO estableció una alianza con la Universidad Nacional de Ingeniería para desarrollar temas de investigación relacionados con la transformación de la papa a escala de laboratorio. Estas investigaciones incluyen el desarrollo de productos como jugos y potajes a base de papa, papa pre cocida y congelada, frituras, harina y espesantes, bajo la responsabilidad del equipo coordinado por la unidad de servicios de la Facultad de Ingeniería Química de la UNI, SERFIQ-CETEAL.

La revisión bibliográfica realizada para desarrollar el presente estudio mostró que hay mucha información sobre aspectos agronómicos tales como el manejo del cultivo, rendimiento, enfermedades y almacenamiento, entre

otros, pero la información sobre aspectos de procesamiento de la papa en general, y de la extracción de almidón en particular, es escasa, a pesar que el cultivo de la misma ha aumentado, esto constituye una evidencia de la falta de procesamiento del tubérculo. Según el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuarias (INTA), existen plantas de extracción de almidón a partir de yuca en la zona Sur de Nicaragua, entre ellas YUCASA, así como PYMES que lo obtienen de forma artesanal.

En el presente estudio se obtuvo datos particulares de siete variedades de papa cultivadas en el país que pueden ser de utilidad para su procesamiento y explorando el potencial de cada variedad respecto a la obtención de almidón, determinando algunas características fisicoquímicas de importancia de cada almidón extraído para sus diversos y posibles usos en la industria de alimentos. Los ensayos de extracción de almidón se efectuaron a escala de laboratorio así como su caracterización estos pueden utilizarse como base para estudios posteriores sobre la viabilidad de la obtención de este producto a pequeña escala.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Realizar ensayos de extracción de almidón a partir de diferentes variedades de papa cultivadas en Nicaragua.

2.2. Objetivos específicos

Caracterizar mediante un análisis proximal, siete diferentes variedades de papas cultivadas por los productores nacionales en la zona norte del país.

Establecer las etapas de extracción de almidón a partir de papa a escala de laboratorio.

Comparar el rendimiento del almidón extraído de las siete variedades de papa al utilizar dos diferentes equipos en la etapa de reducción de tamaño.

Determinar la calidad del almidón obtenido mediante análisis de pH, humedad, pureza, porcentaje de cenizas y temperatura de gelatinización.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Generalidades del almidón

El almidón es una de las sustancias de reserva dominantes en la naturaleza, puede hallarse como pequeños gránulos depositados en semillas, tubérculos y raíces de distintas plantas y se obtiene exclusivamente de los vegetales que lo sintetizan a partir del dióxido de carbono que toman de la atmósfera y del agua que toman del suelo. En el proceso se absorbe la energía del sol y se almacena en forma de glucosa y dan uniones entre estas moléculas para formar las largas cadenas del almidón, que pueden llegar a tener hasta 2 000 o 3 000 unidades de glucosa.

3.1.1. Composición

El almidón está formado por una mezcla de dos sustancias que solo difieren en su estructura; cuando las moléculas se arreglan en forma lineal dan origen a la amilosa, o en forma ramificada, la amilopectina; tales compuestos se encuentran en la relación 3:1 (Montaldo, 1984).

- **Amilosa**

Polímero lineal formado por unidades de α -D-anhidro glucosa unidas en la posición (1,4). Presenta una disposición espacial helicoidal mediante uniones de puente de hidrogeno que pueden debilitarse y romperse fácilmente por acción del pH y temperatura. Este hecho provoca una mayor movilidad de la molécula y una reordenación de la amilosa con nuevos enlaces intermoleculares que se conoce con el nombre de retrogradación (Cubero, Moferre, & Villalta, 2002).

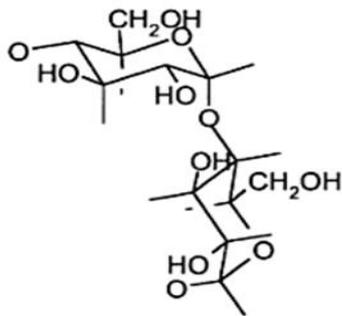


Figura 1: Estructura de la cadena de amilosa

Fuente: (Bello, Mendez, & Agama, 2002)

La amilosa tiene una masa molecular aproximadamente $1 \times 10^5 - 1 \times 10^6$ Dalton (Da) con un promedio de 500 a 6 000 unidades de D-glucosa, repartidas en un número de cadenas que va de 1 a 20 (Bello, Mendez, & Agama, 2002).

- **Amilopectina**

Polímero ramificado formado por unidades de α -D-anhidro glucosa unidas mediante enlaces (1,4) en las zonas lineales, y enlace (1,6) en las zonas de ramificación. Su estructura abierta, facilita la hidratación de la molécula e impide o retrasa el fenómeno de retrogradación. Al presentar ramificaciones,

dificulta la movilidad y reorientación de la molécula, disminuyendo así la retrogradación y consiguiendo soluciones más estables (Cubero, Moferre, & Villalta, 2002).

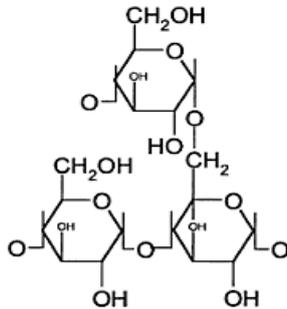


Figura 2: Estructura de la molécula de amilopectina

Fuente: (Bello, Mendez, & Agama, 2002)

La masa molar de la amilopectina varía entre 1×10^6 y 1×10^8 Da, estas variaciones dependen del origen botánico del almidón, de las condiciones de fraccionamiento de las moléculas de amilosa y amilopectina y del método usado para determinar la masa molar (Bello, Mendez, & Agama, 2002).

3.1.2. Propiedades

Las propiedades de las amilosa y amilopectina, extraídas de distintas fuentes de almidón, presentan variaciones. La proporción relativa de amilosa/amilopectina en cualquier almidón determina las propiedades físico-químicas y, por lo tanto, industriales del mismo.

Las principales propiedades físico-químicas de un almidón son: composición proximal, características del grano (tamaño y forma), naturaleza cristalina, peso molecular, poder de hinchamiento, solubilidad, contenido relativo de amilosa y características de pastas que produce.

El material de los tubérculos de almidón es una mezcla de sustancias diferentes con estructuras y propiedades distintas. Cuando el almidón se trata con agua hirviendo, unas partes del tubérculo se solubilizan y sale, quedando otra parte del almidón que permanece insoluble. Esta porción insoluble de los granos, absorbe agua y se hincha para formar una esfera elástica, y toda la masa se convierte en una pasta de almidón. El proceso de gelatinización sucede siempre a una temperatura definida (Vejar, 2005).

El almidón se presenta en forma de polvo o masas angulares irregulares, de color blanco, pero se observan muy ligeras diferencias del tono según su origen (gris pálido en el trigo y un ligero tinte amarillo en la papa). El almidón es insoluble en solventes orgánico y en agua fría pero forma una solución coloidal al hervirse con quince veces su peso en agua, debido a que los granos se hinchan y finalmente se rompen. Esta solución al enfriarse produce un jalea firme transparente (Mohamed, 1994).

Las propiedades funcionales de los almidones dependen directamente de la relación amilosa/amilopectina. En los distintos cultivos amiláceos esta relación es constante, si bien cambia de una variedad a otra dentro de la especie y también entre plantas de la misma variedad.

Las características funcionales de los almidones son: solubilidad, capacidad de retención de agua, poder de hinchamiento, tendencia a retrogradar, propiedades de la pasta (viscosidad, consistencia, estabilidad del gel, claridad y resistencia al corte, formación de película), digestibilidad enzimática y capacidad de emulsificación.

3.1.3. Fuentes de obtención de almidón

El almidón se encuentran frecuentemente en las semillas de cereales (maíz, trigo, arroz, sorgo); en tubérculos (papa), en raíces (yuca, batata), en semillas de leguminosas (frijoles, lentejas, guisantes), frutas (bananas y manzanas), troncos (palma) y hojas (tabaco) (Calvo, 2000)

- **Almidón de maíz**

La variedad de los productos derivados del maíz es mayor que cualquier otro cereal y se pueden obtener, entre otras cosas, harina, almidón, aceite, alcohol, etc. Es una especie que presenta una amplia variabilidad. Su molienda húmeda produce almidón de maíz, este es un polvo blanco con cierta tonalidad amarilla pálida. La blancura de este almidón, que es requerido en industrias de alimentos, es lograda por blanqueamiento.

El principal uso del almidón de maíz en la industria de alimentos es como productos hidrolizados de almidón, particularmente productos edulcorantes líquidos. Otros productos sólidos en forma seca son obtenidos del almidón de maíz, como la D-glucosa o dextrosa en forma de cristales monohidratados o anhidros, malto dextrinas y jarabes de maíz con bajo equivalente de dextrosa.

Una de las ventajas comparativas del maíz frente a otras fuentes de almidón, es su tendencia a la baja de precios a lo largo de la década, lo que genera un margen de utilidad bastante con atractivo para los productos con alto valor agregado generados por este cereal.

- **Almidón de Papa**

Variedades especiales de papa son cultivadas en América y Europa por su alto contenido de almidón. El almidón de papa seco, es de color blanco puro, tiene una humedad aproximada de 17% y contiene trazas de componentes que pueden ser 0.35% de ceniza, 0.1% de almidones solubles, trazas de nitrógeno y azúcares, pero sin grasa. De todos los almidones comerciales, el almidón de papa desarrolla la más alta consistencia en la gelificación. Su viscosidad decae con la agitación y el calentamiento continuado.

- **Almidón de Yuca**

El alto contenido de la yuca y su mayor proporción de amilosa, en comparación con otras fuentes de almidón, hace de este un importante cultivo industrial, además de ser un cultivo alimenticio rico en calorías. El almidón de

yuca es la segunda fuente de almidón en el mundo después del maíz, pero por delante de la papa y el trigo; se usa principalmente sin modificar, es decir como almidón nativo, pero muchas veces se modifica para mejorar sus propiedades de consistencia, viscosidad, estabilidad a los cambios de temperatura, gelificación, etc., y de esta manera poder usarlo en diferentes aplicaciones industriales que requieren estas propiedades.

El contenido de proteínas del almidón de yuca y papa es bajo, cerca del 0.1%, en comparación con el de los almidones de arroz y de maíz. La proteína residual afecta el sabor y olor de los almidones de cereales y tienden a formar espumas. Los gránulos del almidón de papa y yuca contienen un pequeño porcentaje de lípidos, comparado con los almidones de cereales.

- **Almidón de Trigo**

El almidón de trigo es producido en áreas donde es económicamente más rentable o por consideraciones agro-políticas. La producción de almidón de trigo es competitiva con la producción de almidón de maíz por alto valor del subproducto de su elaboración que es el gluten. La mayoría del almidón de trigo, en forma sólida sin modificar, es costoso para el sector industrial y para la industria alimentaria.

Los almidones modificados de trigo pueden tener una propiedad emulsificante superior sobre otros almidones cuando se usan en algunos productos alimenticios, debido probablemente a su alto contenido de lípidos.

- **Almidón de Arroz**

La preparación comercial de almidón a partir de arroz es limitada debido al alto costo de producción del arroz. Las propiedades químicas y moleculares del almidón de arroz son similares a las de otros almidones de cereales usados para consumo humano.

En general el uso del almidón de arroz es actualmente limitado por su alto precio en relación con los almidones de maíz, trigo y papa. Los principales usos del almidón de arroz son en la elaboración de polvos cosméticos, agente de almidonado en frío en lavanderías y para elaboración de natillas, pudines o postres.

- **Almidón de Banano**

El banano en su estado verde contiene una elevada cantidad de almidón en su composición, la cual es comparable con otros almidones provenientes de fuentes como maíz, yuca y papa, según estudios que se han realizado con respecto a este tipo de almidón.

La Tabla 1 muestra la composición química de las distintas fuentes de que se utiliza para la extracción de almidón.

Tabla 1: Composición química de distintos almidones

| Composición química | Fuentes de extracción más comunes | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------|-----------|-----------|
| | Yuca | Papa | Trigo | Maíz |
| % Ceniza | 0.29 | 0.4 | 0.3 | 0.06 |
| % Humedad | 13 | 19 | 13 | 13 |
| % Lípidos | 0.1 | 0.1 | 0.9 | 0.8 |
| % Proteínas | 0.1 | 0.1 | 0.4 | 0.35 |
| % Fosforo | 0.01 | 0.08 | 0.06 | 0.02 |
| % Amilosa | 16 - 19 | 18 - 23 | 17 - 29 | 24 - 36 |
| % Amilopectina | 84 - 81 | 82 - 77 | 83 - 71 | 76 - 64 |
| Temperatura de gelatinización, °C | 54 - 66 | 58 - 75 | 75 - 85 | 70 - 80 |
| Rango de Viscosidad, UB | 800 - 1500 | 1000 - 2500 | 200 - 500 | 300 - 600 |

UB: unidades Brabender

Fuente: (Bello Pérez & Paredes López, 1994) (Thomas & Atwell, 1999)

En Anexo 1 se presenta información adicional sobre las características de almidones extraídos de diferentes fuentes.

3.1.4. Usos del almidón

La facilidad que tiene el almidón para reaccionar no solo está determinada por la fuente botánica a la que pertenezca, sino también por la relación que tenga con respecto a cada componente que lo rodea. Se emplea en alimentos extruidos y en rellenos de pasteles, como espesante en alimentos naturales y alimentos que no son sometidos a procesos rigurosos, en la preparación de polvo para hornear, aderezos para ensaladas, flanes, helados y sopas deshidratadas; el uso de almidones pre-gelatinizados en la manufactura de pudines instantáneos y rellenos de tortas.

De acuerdo al Instituto Centroamericano de Investigación y Técnica Industrial (ICAITI), en general se puede mencionar que los almidones comerciales tienen un sinnúmero de aplicaciones en las diferentes ramas de la industria, se mencionan algunas de ellas como: adhesivos en la industria papelería para el encolado interno del papel mejorando las uniones entre fibras, en telas luego de su procesamiento, en las formulaciones de talcos perfumados para el cuerpo o el cutis, en maquillajes, en el campo de materiales para empaque, el almidón mezclado con polietileno da como resultado un material biodegradable y en la elaboración de baterías de celdas secas, el papel que recubre las paredes de la celda es tratado con almidón y otras sustancias.

La industria alimentaria moderna no se ha limitado a aprovechar los principios activos de este producto natural como es su capacidad para formar geles. El almidón de papa es uno de los más usados en la industria de alimentos; tiene su mayor uso en la fabricación de alimentos para bebés, productos de repostería, pasteles, galletas, entre otros, sin propósitos de cambiar su valor nutricional, a fin de modificar sus caracteres.

3.2. Características del tubérculo papa

3.2.1. Generalidades

La papa es un tubérculo que crece bajo el nivel de la tierra y es la parte comestible de la planta herbácea (patatera) perteneciente al orden *Personatae*, familia *Solanaceae*, tribu *Solaneae*, género *Solanum* y especie *Tuberosum*. El cultivo de la papa se originó en la cordillera Andina, área que coincide aproximadamente con el sur de Perú, evolucionando y creciendo con otras plantas de su mismo género.

De aproximadamente 2000 especies que pertenece al género *Solanum*, entre 150 y 180 especies de este género se conocen como *Solanum Tuberosum*, el cual se divide en dos subespecies: *S.t indígena* que se llegó a cultivar en ciertas regiones de América Central y América del Sur, nativa de los Andes y *S.t tuberosum* cultivada en todo el mundo (Hawkes J. G., 1990)

La patatera posee un tallo que puede llegar a medir hasta 1 metro de altura, sus hojas se componen de 5 a 7 folios. Las flores varían entre blancas, violetas o rosadas con centro de color amarillo. El fruto es una baya verde, cuyo interior llega a contener aproximadamente 400 semillas. El tallo principal desarrolla estolones y a veces varios tallos, según el número de yemas que broten del tubérculo

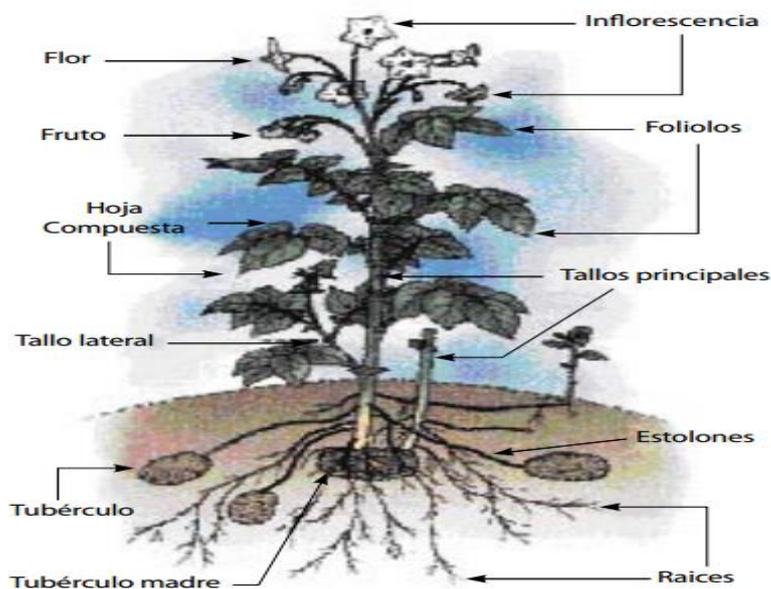


Figura 3: Partes de la patatera

Fuente: (FAO, 2008)

Esta planta está capacitada para producir sus tubérculos a partir de estolones y yemas axilares, siempre y cuando se encuentre en un ambiente apropiado para la inducción y desarrollo de los tubérculos. Cada unidad de papa se encuentra conformada por tres parte principales: piel, corteza y zona medular; esta última se constituye fundamentalmente de tejido parenquimatoso reservorio por excelencia de almidón y energía.

3.2.2. Rendimiento

El ciclo de vida del tubérculo varía de 3 a 5 meses y el crecimiento depende principalmente de factores genéticos y manejo agronómico. Las siguientes condiciones son requeridas para que el cultivo llegue a desarrollar un buen rendimiento: la temperatura para la formación y crecimiento de los tubérculos deberá ser de 15 a 20°C, el agua disponible en el suelo deberá de tener un rango óptimo de humedad entre 60- 80 % de la capacidad del campo, principalmente en la etapa de formación de tubérculos. El suelo deberá ser de textura liviana y con una profundidad efectiva mayor de 0.50 metros para permitir el crecimiento de los estolones y tubérculos. En Nicaragua, la papa se ha cultivado en los departamentos de Matagalpa, Estelí, Jinotega, Madriz y Nueva Segovia porque es favorecida por las condiciones edafoclimáticas necesaria para su producción (INTA, 2004).

El rendimiento o producción total del cultivo se llega a expresar en peso físico por unidad de superficie, pero los productores, comerciantes, procesadores y consumidores muestran interés en el tamaño del tubérculo y la calidad para los distintos usos comerciales. El tamaño de los tubérculos y la cantidad producida por hectárea se determina por el número de tubérculos que produce el tallo y el número de tallos por cada hectárea (densidad de tallo) (Horton, 1992).

Otros factores que influyen en el rendimiento y calidad de los tubérculos son: uso de semilla en condiciones sanas, siembra de variedades adecuadas a cada condición climática, manejo moderado de fertilizantes, semillas resistentes a plagas, método y manipulación de la cosecha y almacenamiento.

La cosecha se realiza mediante dos métodos: el manual, donde se procede a retirar la tierra de los costados de los surcos, de esta manera se retiran los tubérculos fácilmente; y el mecánico, donde se utiliza una excavadora de molinete o de cadena sinfín o mediante tracción animal. Después de haber retirado los tubérculos se deben alejar del sol para evitar el aumento de solanina, sustancia que provoca un sabor amargo en los tubérculos y no es apta para el consumo.

El almacenamiento de los tubérculos debe realizarse considerando los siguientes aspectos: temperaturas de 8 – 9° C, así el almidón no se desdobra en azúcar y no se daña la calidad de la papa; el curado previo a una temperatura de 15 – 18 °C y humedad relativa entre 90 – 95 % para reducir los daños del tubérculo y evitar ataques de microorganismos, el uso de inhibidores de la brotación como complemento de buenas prácticas de manejo en base al control de la humedad, temperatura y la ventilación (Argenpapa, 2005).

3.2.3. Enfermedades

La mayor pérdida en la cosecha y post cosecha se debe a factores físicos, fisiológicos y patológicos como: golpes en la parte exterior de la piel que dañan y estropean el tubérculo, heridas mecánicas, exposición del tubérculo a temperaturas extremas, pudrición por bacterias, plagas y enfermedades que afectan las raíces, hojas, tubérculos y en algunos casos pudriendo toda la patatera. En Nicaragua las plagas, hongos y virus más comunes que afectan el cultivo de la papa son los siguientes: gallina ciega, gusanos cortadores, mosca blanca, polilla de la papa, tizón tardío, tizón temprano, costa negra, pie negro, sarna común, mosaico severo, el virus PVX y el virus del enrollamiento de las hojas de la papa (INTA, 2004).

Las plagas son fáciles de detectar ya que depositan sus huevos en el suelo junto a la planta de la papa, una vez que las larvas llegan a nacer pueden afectar los tallos, hojas, raíces o tubérculos. Entre los métodos más efectivos para la eliminación de las plagas está la remoción de la tierra con los arados, puesto que estas quedan expuestas al sol, lo que les causa la muerte, o mediante insecticidas, siempre y cuando aparezcan en más de cinco plantas por hectáreas recién cortadas.

En el caso de los hongos, los síntomas consisten en lesiones o manchas necróticas grandes, color castaño o negro en las hojas, tallos o tubérculos. Estas enfermedades se pueden prevenir al utilizar semillas sanas, fungicidas, las desinfecciones de los equipos agrícolas y sembrando en suelos drenados a poca profundidad.

Las enfermedades provenientes de virus solo se detectan microscópicamente, ya que se multiplican dentro de las células del huésped. Se pueden prevenir estos virus mediante el uso de los insecticidas sistemáticos y/o de contacto y utilizar semillas sanas y descartar inmediatamente todas las plantas con síntomas en el campo.

3.2.4. Composición química

La composición química de la papa depende de la variedad, grado de madurez, aplicación de químicos, condiciones ambientales, la duración de los ciclos productivos, entre otros factores. Luego de su cosecha, los tubérculos contienen en promedio 80% de agua y 20% de materia seca, cuyo 60% corresponde al almidón respecto a la materia seca (Badui, 1990).

Tabla 2: Principales componentes de la papa

| Componente | Rango % | Media |
|---------------------|-------------|---------|
| Agua | 63.2 - 86.9 | 75 |
| Sólidos totales | 13.1 - 36.8 | 23.7 |
| Proteínas | 0.7 - 4.6 | 2 |
| Grasas | 0.02 - 0.20 | 0.12 |
| Azúcares reductores | 0.1 - 0.5 | 0.3 |
| Carbohidratos | 13.3 - 30.5 | 21.9 |
| Fibra cruda | 0.17 - 3.48 | 0.71 |
| Ácidos orgánicos | 0.4 - 1 | 0.6 |
| Cenizas | 0.4 - 1.9 | 1.1 |
| Vitaminas | 1 - 54 | 10 - 25 |

Fuente: (Woolfe, 1987)

Los tubérculos llegan a cumplir un rol energético en la alimentación por cuanto su componente mayoritario en materia seca corresponde al almidón. A pesar de ello, comparado con otros alimentos como el plátano y la yuca, su aporte calórico es menor y se le considera de baja densidad calórica.

La Tabla 3 muestra la comparación nutricional de la papa con respecto a otros alimentos (por 100 gramos de porción comestible).

Tabla 3: Comparación nutricional de la papa respecto a otros alimentos

| Contenido nutricional | Hortalizas | Frutas | Papa cruda | Papa seca | Arroz |
|-----------------------|------------|-----------|------------|-----------|-------|
| Energía (Kcal) | 14 - 33 | 25 - 83 | 80,4 | 321,8 | 365,5 |
| Humedad | 85 - 95 | 80 - 95 | 78 | 11,7 | 12 |
| Proteína | 0,3 - 0,9 | 0,3 - 1,2 | 2,1 | 8,4 | 6,8 |
| Grasa | 0 - 0,1 | 0 - 0,1 | 0,1 | 0,4 | 0,5 |
| Glúcidos | 1,2 - 7,3 | 6,0 - 20 | 18,5 | 74,3 | 80,2 |
| Fibra | 1 - 3,4 | 1 - 3,4 | 2,1 | 8,4 | 2,4 |
| Ceniza | 0 - 0,5 | 0 - 0,5 | 1 | 4 | 0,6 |

Fuente: (Woolfe, 1987)

• Carbohidratos

Los carbohidratos de la papa se clasifican en: almidón, almidón no polisacárido y azúcares. El almidón constituye parte de materia seca y su distribución incrementa desde la piel hasta el interior cerca del anillo vascular; el almidón no polisacárido se encuentra en la celulosa, lignina, hemicelulosas y pectinas, siendo influyentes de la textura final de la cocción de la papa; y los azúcares que son hidratos de carbono más pequeños y simples, que proporcionan energía rápida (Badui, 1990). La fibra es considerada un polisacárido que no es almidón de la pared celular, se encuentra en la piel; los tubérculos tienen pectina en forma de pectatos solubles de calcio que favorecen la adhesión a la médula, celulosa, lignina y hemicelulosas.

- **Proteínas**

El contenido de proteínas de la papa es superior a la mayoría de los cereales, tubérculos y raíces, sobresaliendo el alto contenido de lisina y el bajo contenido de aminoácidos azufrados. Dentro de las proteínas se destacan las albúminas (49 %), globulinas (26 %), prolaminas (4.3 %) y glutelinas (8.3 %).

La papa contiene numerosos sistemas de enzimas que constituyen una considerable proporción del total de proteínas, una de las actividades enzimáticas es el endulzamiento durante el almacenamiento. Las enzimas endógenas que se encuentran en las papas son: fosforilasas, que intervienen en la transformación del azúcar fosfatado en almidón; polifenoloxidasas causantes del efecto de oscurecimiento de la superficie de la papa recién cortada cuando se exponen al aire y lipoxigenasas o lipoxidasas que son un grupo de enzimas que lleva a cabo la oxigenación o peroxidación de compuestos insaturados, ácidos grasos libres, triacilgliceridos y algunas vitaminas (Woolfe, 1987).

- **Vitaminas y minerales**

Las vitaminas que se encuentran en el tubérculo son el ácido ascórbico, B1, B6 y niacina. Se concentran principalmente en la piel y en la cáscara. La vitamina C sobresale por su alta reactividad y por las altas pérdidas por oxidación.

El contenido de minerales depende de la naturaleza del suelo donde es cultivado, lo cual constituyen alrededor del 1% del total de la papa. En los tubérculos se encuentran aportes de potasio como elemento mayoritario, azufre, magnesio y fósforo. Los ácidos orgánicos son de gran importancia biológica ya que estos forman parte de diferentes rutas biológicas, destacándose el ciclo de Krebs.

3.2.5. Variedades

Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), el cultivo de la papa se encuentra en más de 100 países, siendo América del Norte y Europa los mayores productores, aunque en las últimas décadas se ha tenido un crecimiento en América Latina, Asia y África. Perú es el país con mayor diversidad de papas en el mundo, al contar con 8 especies nativas comestibles y más de 3000 variedades de las 5000 que existen en Latinoamérica.

El Centro Internacional de la Papa (CIP) es la institución encargada de la conservación científica de la papa y al mismo tiempo lo hace con otros tubérculos y raíces. Esta institución posee el banco genético de papa más grande del mundo, con 5000 tipos diferentes, entre cultivadas y silvestres; a partir de ellos desarrollan formas mejoradas para un manejo más óptimo del recurso.

La Figura 4 muestra variedades de papa con la descripción algunas de sus características. Así mismo, en la figura 5 del Anexo se presentan otras

variedades de papa que se consumen y procesan en diversas regiones del mundo.

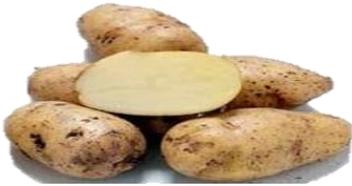
| | |
|--|--|
| <p>Papa amarilla</p>  | <p>Por su textura (es rica en materia seca), este tipo de papa es utilizado para hacer puré, asada, horneada o al vapor, textura densa, color dorado. Tiene un sabor ligeramente a mantequilla.</p> |
| <p>Papa negra</p>  | <p>Conocida también como papa mariva o popularmente como Tomasa negra, el color de la piel va desde color marrón oscuro hasta negro y el color de la pulpa es amarillento. Es una papa harinosa, de sabor dulce y agradable.</p> |
| <p>Papa peruanita</p>  | <p>Es una variedad de papa cuya piel es bicolor, se caracteriza por el sabor y su delgada piel que al ser hervida se puede ingerir.</p> |
| <p>Papa blanca</p>  | <p>Se puede presentar en formas redondas y largas, se caracteriza por su delgada y suave piel oscura con pulpa de color blanca. Se considera que es una papa de todo tipo de uso, ya sea para ensaladas, fritas o asadas, puré, entre otros.</p> |
| <p>Papas rojas</p>  | <p>Conocidas también como papas rosadas, ya que se caracterizan por su piel rosa rojiza, cuya textura es suave y cerosa. El color de la pulpa varía desde blanco, amarillo y rojo. Este tipo de papa se llega a cosechar antes de alcanzar la madurez.</p> |
| <p>Papas azules y moradas</p>  | <p>Son tubérculos poco comunes, el sabor que posee es parecido al de la nuez, el color de la pulpa varía desde azul oscura, lavanda y blanca, mientras que el tono de la cáscara varía entre púrpura y morado.</p> |

Figura 4 : Variedades de papa y sus características

Fuente (Consejo de la Papa de Estados Unidos, 2008)

Dorches (1996) verificó, mediante un levantamiento estadístico, que las diferentes variedades de papa para sus destinos culinarios varía de acuerdo con el color de la pulpa, puesto que la misma está relacionada con el contenido de materia seca, de modo que las variedades cuya pulpa es

colorada poseen bajo contenido de materia seca, contrario a las variedades de pulpa amarilla, siendo éstas recomendadas para el procesamiento, dado que también poseen baja concentración de azúcares reductores.

Las papas, según el tipo de consumo, se clasifican en ceras y harinosas; las papas ceras son aquellas que contiene abundante agua y su contenido de almidón es bajo, siendo excelentes para las ensaladas. Las papas harinosas son las que contienen mucho almidón y su textura es más esponjosa, ideal para la elaboración de puré y de papas horneadas.

En la transformación de materia prima existen factores decisivos como la calidad interna y externa. La calidad interna se determina por la composición química, ya que en la industria de procesamiento influye directamente el contenido de almidón, color de piel y azúcares reductores. La calidad externa incluye las características físicas como (Chamorro, Giraldo, & Soto, 2008):

- **Textura**

Define la calidad del tubérculo, siendo un estándar relacionado con el contenido de materia seca (del tubérculo crudo y cocido). El contenido de materia seca varía entre 15 – 25 %, esto depende del grado de maduración del tubérculo, el tipo de crecimiento, aprovechamiento del agua y minerales por parte del cultivo, así como la característica varietal, condiciones ambientales y disponibilidad del nutriente en el suelo.

La materia seca es medida a través de la gravedad específica del tubérculo, la cual varía entre 1040 a 1120, la gravedad específica consiste en pesar muestras de papa en agua y al aire, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Gravedad Especifica} = \frac{\text{Peso en aire de los tuberculos}}{\text{Peso en aire} - \text{Peso en agua}}$$

También, la materia seca se puede determinar mediante el secado del tubérculo en una mufla:

$$\% \text{ Materia Seca} = \frac{\text{Peso final del tuberculo}}{\text{Peso inicial del tuberculo}} * 100$$

La papa con mayor contenido de materia seca mantiene una apariencia muy harinosa después de cocerla; cuanto mayor sea el contenido de materia seca mayor será el rendimiento de la papa en el procesamiento. Por tanto, para obtención de fécula o harina se utilizan variedades cuyo contenido de materia seca es alrededor del 25 %, para la elaboración de papa frita y chip de 20 a 25 % y para papa congelada y al vapor de 17 a 20 %.

- **Forma y tamaño**

Las formas del tubérculo dependen de la variedad de la papa. También es otro factor que está en dependencia de las condiciones agroclimáticas. Dentro de las formas se llegan a destacar: redonda, redonda- oval, alargada, alargada- oval, aperada y cilíndrica. El tamaño del tubérculo depende de las características genéticas de cada variedad. El tamaño y la forma son dos

propiedades importantes al momento de la producción, definiendo su comportamiento como materia prima antes de ser sometidas en una operación unitaria: por ejemplo para el procesamiento de hojuelas, el tubérculo tiene que ser de 4 a 6 centímetros de largo, medición que corresponde al eje intermedio y papas fritas tipo francesas se prefieren tubérculos alargados de 6 centímetro o más.

- **Color**

El color de la pulpa es una característica varietal relacionándose con el contenido de caroteno. Los colores de la piel se llegan a distinguir por dos tipos: las de color amarillo y las coloradas. El color amarillo se debe a que la pulpa es incolora o transparente, varía desde el color crema, pardo claro y amarillo. Las papas cuya pulpa es colorada deben su color al alto grado de concentración de pigmentos rojos, azul púrpura, rosa pálido, púrpura intenso y otras tonalidades internas.

Según el INTA, en el año 2004 Nicaragua cultivó al menos 60 variedades de papa, entre las que están: Sante, Provento, Arnuva, Roko provenientes de Holanda; Granola proveniente de Alemania; Calwhite, Jaquelin Lee provenientes de los Estados Unidos y otras como Serrana, Lila T, India, Desiré, Floresta, Armada, Agria, Bellinni, La Jinotegana, Karú, Diamante, Cardenal, Kondor, Lomar, Tollocan provenientes de Costa Rica y Picasso, Amorosa, Fontane, Consul, Sinora provenientes de Guatemala.

En el año 2009, en Octubre, el área sembrada de papa alcanzó 1 200 manzanas, cosechándose 350 000 quintales que abastecieron el mercado nacional durante el primer semestre del 2010. En el 2012 se produjeron 682 000 quintales, aportando un 61 % los departamentos de Jinotega, Estelí y Matagalpa, según la Comisión Nacional de la Papa.

En la Tabla 4 se describen algunas variedades de papas que se cultivan en la zona norte de Nicaragua.

Tabla 4: Descripción de algunas variedades de papas que se cultivan en Nicaragua

| Descripción | Variedades | | | | | |
|--------------------------|---|--|---|--|---|--|
| | Arnuva | Desiré | Granola | Karú | Provento | Sante |
| Planta | Alta, de tallo semi-erguido, hojas de grandes a medianas, de color verde a verde claro. | De alta a mediana, tallos de semi-erguidos a erguidos, hojas grandes, de color verde oscuro a verde. | De alta a mediana, tallos de extendidos a semi-erguidos, hojas grandes, de color verde a verde claro. | Es una planta semi erguida, hojas de color oscuro. | De alta a mediana, tallos de semi-erguidos a erguidos, hojas grandes de color verde a verde claro. | De mediana a corta, tallos de extendidos a semi-erguidos, hojas de grandes a medianas, de verde a verde claro. |
| Maduración | Semi temprana. | De semi temprana a tardía. | Semi temprana. | Semi temprana. | De semi temprana a semi tardía. | De semi temprana a semi tardía. |
| Tubérculo | Muy grande, de forma oval, piel amarilla, pulpa amarilla clara, ojos superficiales. | Grande, de forma oval alargada, piel roja y lisa, pulpa amarilla clara, ojos superficiales. | De forma oval redondeada, piel amarilla clara, pulpa amarilla clara, ojos bastante superficiales. | De medianos a grandes, de forma oval alargado, piel roja, pulpa amarilla clara, ojos superficiales. | De forma oval redondeada, piel amarilla, pulpa amarilla, ojos superficiales. | De forma oval a oval redondeada, piel amarilla y pulpa amarilla clara, ojos bastantes superficiales. |
| Rendimiento | Muy alto | Bueno | Alto a bueno | Bueno | Muy alto | Alto |
| Materia seca | Muy baja | Buena | Mediana a baja | Mediana | Mediana | De buena a mediana |
| Calidad culinaria | Firmes al cocer, aptas para el consumo fresco. | De bastante firme a harinosa al cocerse, aptas para el consumo fresco y papas fritas. | Bastante firme, apta para el consumo fresco. | Excelente sabor y textura, después de cocida no se desintegra, apta para frituras. | Firmes al cocer, apto para el consumo fresco. | Bastante firma al cocer, apta para el consumo fresco. |
| Enfermedades | Resistente al virus del enrollamiento de la hoja, mediamente resistente a sarna común y al virus Y. | Bastante resistente al virus X, buena resistencia al virus Y, resistente a sarna verruga, sarna común. | Resistente al virus del enrollamiento de la hoja, resistente al virus Y, sensible a la sarna común. | Resistente al virus de enrollamiento de la hija, al virus PVX, resistente a la pudrición seca de los tubérculos. | Resistente al virus del enrollamiento de la hoja, virus Y, a sarna verrugosa, bastante sensible a la sarna común. | Resistente al virus del enrollamiento de la hoja, resistente al virus Y, resistente a sarna verruga. |

Fuente: (HOLLAND, 2007)

3.3. Proceso de extracción del almidón de papa

El almidón puede obtenerse utilizando diferentes metodologías, su extracción puede efectuarse a escala artesanal, mediana o grande al igual que el tipo de tecnología que se ocupa en el proceso; esto de acuerdo a la materia prima, el contenido de sólidos en la papa es una de las características más importante para el procesamiento industrial, ya que en la mayoría de procesos, contenidos altos son sinónimo de alto rendimiento.

3.3.1. Recepción

La recepción de los tubérculos es la primera etapa en el proceso de obtención de almidón, este es un paso fundamental para observar características de color, textura, olor para obtener un producto de calidad. En la mayoría de las industrias de alimentos se realiza una inspección breve pero muy completa. Suele existir una gran correlación entre la calidad de la materia prima y la calidad del producto a elaborar, por lo que es una etapa fundamental para obtener productos con una excelente calidad, esta etapa se realiza para conocer las condiciones en las cuales llega la materia prima.

3.3.2. Lavado

El proceso de obtención de almidón se inicia con el lavado de los tubérculos; esto se realiza en tanques o recipientes de diferentes tamaños, dependiendo de la escala del proceso. La importancia del lavado de los tubérculos antes de los procesos posteriores, se encuentra en evitar las impurezas físicas que estos traen adheridas, eliminando así su presencia durante los demás etapas del proceso. Si el lavado no se realiza de manera eficiente, no se eliminan todas las impurezas que son difíciles de separar en las otras operaciones y llegan al producto final siendo precursores de colores no deseados.

En la mayoría de las industrias y productores artesanales el lavado de los tubérculos se realiza utilizando diversos métodos y equipos de operación manual o mecánica.

- **Lavado manual por inmersión**

En el caso de productores con muy baja capacidad de producción y de inversión de capital, la mayoría construye tanques con paredes en ladrillo cubiertos con cemento. Sobre el fondo del tanque se coloca una estiba de madera que permiten que los tubérculos no pasen al fondo del tanque, permitiendo la sedimentación de las impurezas; son agitados fuertemente por medio de una pala para el desprendimiento de la tierra, luego se dejan en reposo para la sedimentación de la impurezas pesadas y luego de forma manual se retiran las impurezas livianas que flotan el superficie del agua. Esta operación se realiza dos veces hasta que el agua presente un color claro o limpio (Brennan, 2004).

- **Pre-lavado mecánico**

Este proceso tiene dos etapas fundamentales: la primera etapa deposita los tubérculos en un tanque con dimensiones específicas donde son cubiertos

con agua. En ese tanque se encuentra una bomba de recirculación que genera turbulencia, ayudando al desprendimiento de residuos físicos. Luego, los tubérculos son retirados del tanque y llevados al tanque de lavado por aspersion en donde son limpiados mediante aspersion de agua a presión y masaje con los cepillos cilíndricos giratorios. Al tratarse de un lavado por inmersión y otro por aspersion, las impurezas que se encuentran en los tubérculos son eliminadas con facilidad. (Brennan, 2004)

3.3.3. Pesado

El pesado se realiza utilizando diversos tipos de balanzas que se diferencian en la precisión y capacidad de las pesadas. Generalmente se utilizan dos tipos de básculas: mecánicas o electrónicas. Las básculas mecánicas actúan por medio de relación de palancas. Las básculas electrónicas utilizan un sensor mejor conocido como celda de carga. En las grandes industrias productoras de almidón, las básculas están diseñadas específicamente para cumplir las exigentes demandas de la industria; entre éstas se podría mencionar las básculas de plataforma, el ámbito de uso de estas básculas está muy extendido y casi siempre se utilizan como básculas industriales (PCE Instruments, 2012).

3.3.4. Pelado

El pelado de los tubérculos se realiza utilizando un mecanismo, el de abrasión. Los tubérculos son depositados dentro de un tambor cilíndrico que gira sobre su eje de rotación, cuyo fondo y paredes laterales tienen un revestimiento de material abrasivo. El contacto de las papas con el fondo y las paredes revestidas de material abrasivo en combinación de chorros o corrientes de agua dentro del tambor, provoca el pelado de los tubérculos.

Un pelado incorrecto puede dar lugar a pérdidas excesivas de peso en el producto. Otros tipos de pelado se describen a continuación (Alvares, 1999):

- **Pelado químico**

Los tubérculos son sumergidos por poco tiempo en una solución caliente de Hidróxido de Sodio (NaOH), continuándose con un frotado o lavado a presión con rociado de agua u otra acción mecánica. Este método combina los efectos del ataque químico y el shock térmico permitiendo el ablandamiento y la soltura de la piel, lo que minimiza las pérdidas por el pelado. Las concentraciones de la soda cáustica pueden variar entre 5 a 20% con temperatura de 76.6 a 96.8 °C por un tiempo de 1 a 6 minutos. La desventaja de este método es que se necesita grandes cantidades de agua para eliminar el producto químico.

- **Pelado mecánico**

Este pelado se realiza con una especie de cuchillos cortantes que actúan en frutas, vegetales y tubérculos. Las cuchillas son rotatorias y operadas en forma hidráulica. Se requiere una excelente etapa previa de clasificación por tamaño, debido a que el producto debe adaptarse razonablemente a la

geometría de los cuchillos. A nivel industrial, el tipo de pelado más utilizado es el pelado mecánico.

- **Pelado manual**

Es todavía ampliamente usado en la industria alimentaria, presenta algunas ventajas en relación con otros métodos de pelado, tales como la economía en equipos, no se introduce agentes de estimulación como álcalis y calor que aumenta el pardeamiento. Sin embargo estas ventajas se ven minimizadas por altos costos de mano de obra, grandes pérdidas de material y rendimiento en peso.

3.3.5. Cortado

El cortado se puede realizar en forma manual, pero esto resulta en formas irregulares y en excesiva mano de obra, razón por la cual siempre es preferible el cortado a máquina. Las máquinas de corte están provistas de cuchillas rotatorias y cabezales de corte que dan forma y tamaño requerido para el proceso siguiente.

También es conocido que existen varios aparatos de dispositivos y accesorios de máquinas que sirven para cortar los tubérculos; pero estos dispositivos llevan varios elementos móviles accionados y el montaje de los elementos cortantes así como su sustitución son complicados y costosos. Ésta etapa se realiza usando este tipo de aparatos para reducir el tiempo de molienda y procesado (Whistler, BeMiller, & Paschall, 1984).

3.3.6. Molienda

La molienda es una operación unitaria de carácter físico que consiste en la reducción de tamaño de la materia prima. En esta etapa se liberan los gránulos de almidón contenidos en las células de los tubérculos. La eficiencia de esta operación dependerá en gran parte el rendimiento total del almidón en el proceso de extracción. Si la molienda no es eficiente, no se logran separar totalmente los gránulos de almidón de las fibras; el rendimiento del proceso es bajo y se pierde mucho almidón en la lechada. Por otra parte, si la molienda es muy fina, los gránulos muy pequeños de almidón sufren daño físico; la sedimentación será más lenta ya que el granulo fino pierde densidad y además se formaría mayor cantidad de mancha. Para obtener almidón la molienda de este tubérculo se realiza mediante molienda mecánica en las industrias o molienda manual para productores artesanales.

Las grandes industrias productoras de almidón de papa, hacen uso de la siguiente tecnología, en la que los tubérculos limpios sin presencia de agentes extraños se machacan por medio de una escofina hoja de sierra giratoria (para trabajar materiales blandos). En estas escofinas de hojas de sierra están estrechamente dispuestas en un tambor que es accionado por alta velocidad de rotación. Afilados dientes de sierra convierten las papas en un fino puré. Este proceso da como resultado una molienda casi completa de las células del tubérculo, que por lo tanto liberan el almidón. Al mismo tiempo los tubérculos son parcialmente rotos, esto es para evitar que los fragmentos

finos de los residuos pertenecientes a este, pasen a través de los tamices durante la siguiente etapa de extracción y permanezcan en el almidón, lo que conduciría a una mala calidad del almidón (Whistler, BeMiller, & Paschall, 1984).

3.3.7. Filtración

En el proceso de filtración se pasa un fluido a través de agujeros finos. Las partículas suspendidas en el fluido no pasan por estas aberturas siendo retenidas y dando lugar a lo que se conoce como torta de filtración. A veces el producto buscado es el líquido filtrado y otros la torta es el objeto de filtración; es un proceso de flujo en el que se utiliza, para efectuar la separación, la capacidad relativa de las sustancias para pasar a través de agujeros finos; es la separación de las partículas sólidas contenidas en el líquido.

Los pequeños agujeros necesarios para la filtración se consiguen mediante el empleo de tejidos, mallas de plásticos a metales o por lechos de partículas sólidas. En algunos casos puede ser necesario lavar la torta para quitarle trazas de la disolución. En la industria existen distintos tipos de filtros (Earle, R. L., 1979), tal como los descritos a continuación:

- **Filtro prensa**

Es un elemento básico de los aparatos de filtración, en ellos se coloca una tela o malla sobre placas construidas de tal forma que soporten la tela en los bordes y al mismo tiempo dejen debajo de la tela una área libre todo lo grande posible para el flujo del filtrado.

- **Filtros rotatorios**

El flujo pasa a través de una tela cilíndrica de la que se puede quitar la torta de forma continua a medida que procede la filtración. Aunque se pueden utilizar tanto presión como vacío como fuerza motriz, los filtros rotatorios de vacío son los más útiles.

- **Filtros centrifugas**

En algunos filtros se utiliza la fuerza centrífuga como fuerza motriz. Tales aparatos no son sino centrifugas provistas de una cesta perforada que puede tener una tela encima. Se pasa el líquido al interior de la cesta y por medio de las fuerzas centrifugas pasa a través del material filtrado. Este es el más usado en la industria alimentaria dedicada a extraer distintos tipos de almidones.

Esta operación puede hacerse artesanalmente, es decir manualmente, con coladoras continuas o con coladoras mecánicas por tandas. El colado manual se hace a través de una tela que se fija a un marco de madera; el conjunto se instala sobre un depósito o tanque donde se sedimentara la lechada que pasa por la tela; es de esperar que no se obtenga un rendimiento alto. El método mecánico continuo que emplean coladoras continuas de madera, con tornillo sinfín, soportadas en su parte inferior por un lienzo de la misma longitud del sinfín. La coladora se coloca debajo del rallador para facilitar el flujo de la masa rallada.

3.3.8. Sedimentación

La sedimentación utiliza la fuerza de gravedad o centrifuga para separar las partículas contenidas en una corriente fluida. En general las partículas son sólidas, aunque a veces pueden ser pequeñas gotas líquidas y el fluido puede ser bien un líquido o un gas.

Esta separación muchas veces es lenta debido a los pesos específicos de los componentes no son muy diferentes o porque hay otras fuerzas que mantienen asociados los componentes, como ocurre en las emulsiones.

En las industrias para aumentar la velocidad de separación por sedimentación se utiliza fuerzas centrifugas para acentuar las fuerzas diferenciables sobre los componentes (Earle, R. L., 1979).

Los productores artesanales conducen la lechada del tubérculo a tanques o canales, donde se lleva a cabo la sedimentación del almidón. De la lechada que recorre los canales o que se estaciona en los tanques, se separa el componente más denso, es decir, el almidón, cuyos gránulos, de diverso tamaño, se sedimentan en el fondo. Este proceso puede durar de tres horas en los canales y seis a ocho horas en los tanques de sedimentación.

3.3.9. Secado

El secado es la aplicación de calor en condiciones controladas para eliminar el agua de los productos u alimentos. Un propósito de esta operación es aumentar la vida de anaquel de los alimentos mediante la reducción de la actividad del agua, lo que inhibe el crecimiento microbiano y las actividades de las enzimas.

En la industria de alimentos encontramos una gran cantidad de aparatos destinados a la eliminación de humedad de los alimentos. La mayoría de los productos dependen de varios factores, los más importantes son:

- a. Tipo de producto: a mayor contenido de agua mayor tiempo.
- b. Tamaño de los trozos del producto: más grande, mayor tiempo.
- c. Temperatura del aire: más elevada, menor tiempo.
- d. Humedad relativa del aire: más elevada, mayor tiempo.
- e. Velocidad del aire: más elevada, menor tiempo.

Los productores artesanales ocupan métodos tradicionales como el secado al aire libre, el cual es muy inconveniente si se toma en cuenta la elevada humedad que se encuentra en el ambiente, muchas veces el producto se seca mal debido al alto porcentaje de agua. Gran mayoría de estos productores han modificado su método de secado usando secadores solares; que es una superficie metálica oscura, generalmente orientada hacia la dirección del sol, que recibe y absorbe los rayos luminosos. El calor producido de esta manera es transferido al aire, que está en contacto con dicha superficie.

El proceso de secado se produce por la acción de aire cálido y seco, que pasa por los productos a secar, ubicados generalmente en bandejas en el interior del secadero. De esta forma la humedad contenida en los alimentos se evapora a la superficie de los mismos y pasa en forma de vapor al aire, que los rodea (Fundación Celestina Pérez de Almada, 2005) .

La tecnología ocupada en las grandes industrias, es realizada mediante un secador instantáneo, este es un sistema neumático que se usa principalmente para secar productos que requieran eliminar la humedad libre, el secado ocurre instantáneamente. El material húmedo (torta de almidón) se dispersa en una corriente de aire calentado que lo transporta al ducto de secado.

3.4. Calidad del almidón

La mayoría de las industrias de alimentos exigen una serie de características culinarias, morfológicas y fitosanitarias de la materia prima antes de la transformación a producto final. Un requisito primordial es que la papa no posea ni daño fisiológico ni microbiano, ya que esto influye directamente en la calidad del producto terminado.

En Nicaragua, los tubérculos de papa deben de cumplir con los requisitos de NTON 13 002-07 para la producción, empaque y comercialización en el estado fresco para consumo humano.

En la producción de almidón de papa es necesario que la variedad del tubérculo a utilizar posea las siguientes características:

- La pigmentación de la pulpa sea de tono blanca o amarilla.
- Consistencia harinosa.
- Alto contenido de materia seca y bajo contenido de azúcares reductores.

En la extracción de almidón es necesario realizar inspección en cada etapa del proceso para alcanzar los estándares de calidad que exige el mercado sobre el producto final. La Tabla 5 muestra los valores de algunos parámetros especificados en la ficha técnicas de un almidón comercial.

Tabla 5: Parámetros fisicoquímicos del almidón de papa

| Análisis Fisicoquímicos | Rango estándar |
|--------------------------------|-----------------------|
| *Humedad (%) | 20 |
| *Cenizas (%) | 0.35 |
| pH | 5.5 – 7.5 |

*Fuente: Ficha técnica de almidón de papa comercial. *Contenidos máximos*

Si el almidón se llega a almacenar por encima del rango de humedad esto provocara la formación de hongos y levadura, generando una reacción de fermentación, es decir aumentara la acidez y provocara una disminución de pH del almidón. El contenido de ceniza aumentará si el secado se realiza en patio de concreto y no en bandejas.

IV. MATERIAL Y MÉTODO

Los ensayos de extracción de almidón se realizaron en el Laboratorio de Alimentos del Recinto Universitario “Simón Bolívar” (RUSB), de la UNI, utilizando siete variedades de papas facilitadas por los productores de los departamentos de Estelí, Matagalpa y Jinotega. Las variedades fueron: Karú, Ona, Sante, Desiree, Provento, Granola y Arnuva.

4.1. Análisis proximal de las variedades de papa

Las variedades de papa se caracterizaron mediante la realización de análisis proximales, estos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería Química de la UNI. En la Tabla 6 se muestran los análisis que se realizaron a las muestras de papa y los respectivos métodos.

Tabla 6: Análisis proximal para las variedades de papa

| Análisis | Método | No. de muestras |
|-------------------------------------|----------------------------|------------------------|
| % Humedad | AOAC método oficial 925.10 | 7 |
| % Proteínas | AOAC método oficial 928.08 | 7 |
| %Grasa | AOAC método oficial 920.39 | 7 |
| %Fibra | AOAC método oficial 926.09 | 7 |
| %Cenizas | AOAC método oficial 920.03 | 7 |
| Total de análisis a realizar | | 35 |

4.2. Procedimiento de extracción del almidón de papa

La extracción de almidón se realizó de acuerdo a las etapas seleccionadas después de la revisión bibliográfica efectuada para el presente trabajo. Se debe señalar que la etapa de reducción de tamaño de la papa es de suma importancia para la separación del almidón, por tanto se decidió trabajar con dos diferentes equipos que están disponibles en el Laboratorio de Alimentos, un molino de discos y un procesador, con el fin de determinar si hay diferencias en el rendimiento. Las etapas a utilizar se describen a continuación (ver Anexo 3, figura 6: diagrama de flujo):

- **Recepción**

Las papas se recibieron directamente de los productores, las cuales no se sometieron a tratamiento previo, enviándose tal como fueron cosechadas.

- **Selección**

Se procedió a seleccionar las papas en buen estado, descartando aquellas que presentaron daños en la piel; así como tubérculos que presentaban hundimientos irregulares y agrietamientos.

- **Lavado**

El lavado se realizó de forma manual, retirando la tierra y material contaminante adherido a la superficie de las papas. Una vez lavadas, se pesaron muestras entre un rango de 1030 a 2330 gramos (en

función de la disponibilidad de materia prima) y se dividieron en dos fracciones para los ensayos con el molino de discos y el procesador. Llevando a cabo esta etapa nos aseguramos de obtener un producto inocuo.

- **Pelado**

- Se decidió realizar el pelado de forma manual empleando peladores de papa. Después se procedió a pesar las papas sin piel para determinar las pérdidas en peso que ocasiona esta operación; además, el peso de papa pelada se utilizó posteriormente para agregar agua durante la molienda y lavado de la torta.

- **Cortado**

El cortado se realizó de forma manual, utilizando cuchillos y consistió en trocear las papas peladas antes de su introducción a los equipos de reducción de tamaño.

- **Molienda**

- ***Molino de discos***

Se utilizó un molino pequeño de discos marca Victoria, con recubrimiento de estaño, accionado de forma manual, que se instaló en una de las mesas de trabajo del Laboratorio de Alimentos. El molino cuenta con una pequeña tolva de alimentación en la cual se descargó la papa previamente cortada; al momento de accionar el molino, se agregó agua destilada en proporción 1:1 (peso de agua: peso de muestra). El producto de la molienda fue recogido en un recipiente, en el cual se agitó manualmente con el propósito de liberar todo el almidón posible.

- ***Procesador de alimentos***

Se usó un procesador eléctrico marca Black & Decker, modelo HC 3000, cuchilla de acero inoxidable en forma de "S" para obtener una mayor eficiencia al cortar. Las papas que fueron cortadas y se agregó agua en una relación 1:1, (peso de agua: peso de muestra). El tiempo en el procesador fue de 2 minutos con el objetivo de lograr un corte uniforme; el contenido resultante se depositó en un recipiente, agitando manualmente con el propósito de liberar todo el almidón posible.

- **Filtración**

Los contenidos del molino y del procesador, por separado, fueron filtrados utilizando un material filtrante (muselina) colocada sobre un colador. En cada caso, el filtro de muselina retuvo la fibra presente en las muestras, dejando pasar el líquido que contiene el almidón.

La fracción sólida retenida en el filtro de muselina, tanto para la muestra en la que se usó molino y procesador, se depositó en un recipiente (por separado), se agregó agua destilada en la misma cantidad durante la reducción de tamaño, agitándose para lograr remover la cantidad de almidón remanente en dichas fracciones.

- **Sedimentación**

El líquido procedente de la operación de filtración se vertió en recipientes separados para ambos casos, molino y procesador, dejándose en reposo durante 6 horas.

- **Decantación**

El líquido sobrenadante fue decantado manualmente, mediante la inclinación de los recipientes que contienen ambas muestras. El almidón sedimentado se extrajo de los recipientes utilizando espátulas.

- **Secado**

La humedad del almidón obtenido en la etapa anterior se eliminó en un horno termostático modelo 710, a una temperatura de 60°C, durante un tiempo de 12 horas a temperatura constante (Lisinska & Leszezynski, 1989); pasado este tiempo se extrajo del horno, colocándose en un desecador para estabilizar la temperatura determinando el total de almidón extraído.

- **Pulverizado**

El almidón seco se procedió a pulverizar utilizando un molino de muestra, marca Bel-Art, cuchillas de acero inoxidable que gira hasta 12000 revoluciones por minuto.

4.2.1. Materiales y equipos a utilizar

Los materiales y equipos se ajustaron al procedimiento de extracción seleccionado. En la tabla 7 se presenta un listado de los mismos

Tabla 7: Materiales y equipos a utilizar

| Materiales | Equipos |
|------------------------|--|
| Papa Agua destilada | Recipientes plásticos Balanza electrónica (6 kg) Balanza analítica Paste Pelador de papa Cuchillo Bandejas plásticas Molino de disco Procesador de alimentos Colador Muselina Vidrio reloj Espátula Horno Molino de muestras |

4.3. Análisis de almidón

El almidón obtenido de cada variedad de papa fue sometido a análisis para determinar su calidad; estos análisis se realizaron en el Laboratorio de Química de la FIQ. La Tabla 8 muestra los análisis a realizar, así como sus respectivos métodos.

Tabla 8: Análisis realizados al almidón

| Análisis | Métodos | No. de muestras |
|-------------------------------------|--|-----------------|
| Pureza | Determinación de la pureza de almidón por medio de la reacción de la antrona (ver Anexo 5) | 14 |
| pH | AOAC método oficial 943.02 | 14 |
| Ceniza (%) | AOAC método oficial 900.02 A | 14 |
| Humedad (%) | AOAC método oficial 925.10 | 14 |
| Temperatura de gelatinización | Técnica usada por (Grace, 1977) | 14 |
| Total de análisis a realizar | | 70 |

4.4. Procedimiento experimental

La extracción de almidón de papa, tal como se señaló en la descripción del proceso, se realizó utilizando dos diferentes equipos de reducción de tamaño disponibles en el Laboratorio de Alimentos. El uso de dos equipos en la reducción de tamaño se hizo para determinar si existe diferencia en cuanto al rendimiento de almidón proponiendo el uso del más adecuado, desde la perspectiva de extracción a pequeña escala de este producto.

4.4.1. Variable de respuesta

Se utilizó como variable de respuesta el rendimiento de la extracción, el cual se expresó como el porcentaje de almidón obtenido respecto a la cantidad de papa íntegra a utilizar en los ensayos.

4.4.2. Ensayos a realizar

La Tabla 9 muestra los ensayos realizados; determinando la diferencia en cuanto a rendimiento de almidón obtenido entre los equipos utilizados, se analizaron los datos obtenidos para cada equipo sin considerar las diferencias numéricas que las variedades pudieron aportar.

Tabla 9: Ensayos de extracción de almidón

| Equipo | Muestras | | | | | | |
|------------|----------|-----|----------|-------|---------|---------|--------|
| | Karú | Ona | Provento | Sante | Desiree | Granola | Arnuva |
| Molino | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Procesador | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

V. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADO

5.1. Caracterización de las variedades de papas mediante análisis proximal

Los resultados de los análisis proximales que se realizaron en el Laboratorio de Química a las siete variedades de papa recibidas por parte de los productores nacionales se presentan en la Tabla 10. Los datos de estos análisis se presentan en el Anexo 2.

Tabla 10 Resultados del análisis proximal de las variedades utilizadas

| Parámetros | Sante | Ona | Granola | Arnuva | Provento | Karú | Desiree |
|------------|-------|-------|---------|--------|----------|-------|---------|
| % Humedad | 83.57 | 70.02 | 82.52 | 87.53 | 70.09 | 71.89 | 80.22 |
| % *M.S. | 16.43 | 29.98 | 17.48 | 12.47 | 29.91 | 28.11 | 19.78 |
| % Proteína | 1.28 | 2.95 | 1.30 | 4.35 | 0.95 | 1.73 | 2.03 |
| % Grasa | 0.10 | 0.12 | 0.10 | 0.06 | 0.02 | 0.11 | 0.09 |
| % Fibra | 2.40 | 3.13 | 2.37 | 1.62 | 3.53 | 0.96 | 1.64 |
| % Ceniza | 0.67 | 0.79 | 0.98 | 0.72 | 0.96 | 0.84 | 1.64 |
| %** CHO | 14.38 | 26.11 | 15.09 | 7.64 | 27.98 | 25.44 | 14.38 |

**Materia seca; ** Carbohidratos*

Se observó que el contenido de humedad de las variedades de papa varían entre 70.02% y 87.53%; las variedades Karú, Ona y Provento fueron las que presentaron un menor porcentaje con 71.89%, 70.02% y 70.09% respectivamente, indicando que aportan altos contenidos de materia seca (calculados como la diferencia entre el 100% de la muestra y los porcentajes de humedad obtenidos) respecto a las otras cuatro variedades de papa. En general, el mayor contenido de materia seca de estas variedades, desde el punto de vista de procesamiento industrial, las convierte en materia prima potencial para el procesamiento de almidón, fritura y chips.

El contenido de proteína cruda varió entre 0.95 % a 4.25%, observándose que el mayor valor de proteína corresponde a la variedad Arnuva y el menor a la variedad Provento. Las variedades Arnuva, Ona y Desiree tienen un contenido significativo (por encima de la media reportada en la bibliografía) de proteína, lo que representa un valor biológico relativamente alto dentro de los alimentos de origen vegetal, remarcando la variedad Arnuva, cuyo porcentaje es significativamente superior a las demás. Estas variedades son de importancia desde el punto de vista nutritivo.

El porcentaje de grasa varió de 0.02% a 0.12%, esto concuerda con el rango encontrado en la bibliografía consultada (Tabla 2). La determinación de grasa permite estimar el tiempo de almacenamiento del tubérculo, es decir un alto contenido de grasa sufre el proceso de oxidación o rancidez durante el almacenamiento del alimento.

El contenido de fibra entre 0.96% y 3.53%, indica que todas las variedades evaluadas se encuentran dentro del rango sugerido por Woolfe & Poats, (1987). La determinación de fibra es importante porque la disminución o

aumento fuera del rango estipulado llega a afectar las propiedades físicas y sensoriales del tubérculo, adquiriendo un color más oscuro y un sabor amargo fuera del característico.

Los valores del contenido de cenizas están en el rango de 0.67% a 1.64%, valores que se encuentran en el rango que indica la bibliografía consultada (Tabla 2). La variedad Desiree posee el mayor porcentaje de ceniza (1.64 %), indicio de un mayor contenido de minerales, y la variedad Sante el menor porcentaje (0.67%).

El porcentaje de carbohidratos (7.64% – 27.98%) se obtuvo por diferencia y muestra que las variedades Provento (27.98%), Ona (26.11%) y Karú (25.44%) son las que tienen mayores valores y por tanto, las más adecuadas para su uso en la extracción de almidón.

5.2. Etapas del proceso de extracción de almidón a partir de papa

Las etapas utilizadas para la extracción del almidón a partir de las diferentes variedades se seleccionaron tomando en consideración su posible aplicación, por parte de productores locales, como alternativa de procesamiento del tubérculo.

La molienda se consideró una etapa muy importante para el rendimiento de la extracción, por lo que se decidió utilizar dos equipos de reducción de tamaño que se caracterizan por su fácil manejo, por su disponibilidad y por la naturaleza de las fuerzas que actúan en el proceso, con el objetivo de determinar si existe diferencia en el rendimiento al utilizar uno u otro equipo.

La filtración realizada utilizando un filtro de muselina para obtener la lechada de almidón libre de sólidos también es aplicable en un proceso a pequeña escala.

Respecto a la sedimentación, se realizaron ensayos previos con tiempos de sedimentación diferentes, encontrándose que 6 horas es un tiempo de sedimentación adecuado, por lo que se estableció para todos los ensayos.

El secado del almidón estaba previsto efectuarlo al aire libre, mediante la acción del sol y del aire, pero las condiciones ambientales no fueron favorables en el período de ensayos, razón por la que se utilizó un horno eléctrico, con el cual se realizaron pruebas a distintas temperaturas y tiempos de secado, determinando que las condiciones adecuadas fueron una temperatura de 60°C y un tiempo de 12 horas, mismas que fueron utilizadas para todos los ensayos.

En general, la extracción de almidón utilizando las etapas acorde a las revisiones bibliográficas, empleando dos equipos de reducción de tamaño proporcionando resultados satisfactorios en relación a los rendimientos obtenidos de cada variedad.

5.3. Rendimiento del proceso de extracción de almidón

El rendimiento en la extracción de almidón fue calculado, para las siete variedades de papa y los dos equipos de reducción de tamaño utilizados, en base húmeda y base seca. El rendimiento en base húmeda se calculó dividiendo el peso de almidón seco entre el peso de papa íntegra, mientras que el rendimiento en base seca se calculó como el cociente del peso de almidón obtenido entre el contenido de materia seca (ver resumen de datos en Tabla 11). La bibliografía consultada muestra valores relativamente altos para el rendimiento en base seca, ya que la mayoría (77%) de la materia seca de la papa se compone en gránulos de almidón (BeMiller & Whistler, 2009).

El rendimiento base húmeda es útil para permitir el cálculo, de forma rápida y simple, del rendimiento de almidón en base al peso de papa fresca alimentada al proceso, dato de utilidad para los productores que contemplen como alternativa la obtención de almidón. Los datos de los ensayos de extracción de almidón se muestran detalladamente en el Anexo 4.

Tabla 11 Rendimiento de los ensayos de la extracción de almidón

| Variedades de almidones | Equipos | Rendimiento base húmeda (%) | Rendimiento base seca (%) |
|-------------------------|------------|-----------------------------|---------------------------|
| Desiree | Molino | 4.44 | 22.40 |
| | Procesador | 3.38 | 17.10 |
| Provento | Molino | 5.78 | 19.30 |
| | Procesador | 3.17 | 10.60 |
| Sante | Molino | 5.77 | 32.80 |
| | Procesador | 3.76 | 21.40 |
| Granola | Molino | 4.80 | 33.20 |
| | Procesador | 3.02 | 20.90 |
| Ona | Molino | 5.21 | 17.40 |
| | Procesador | 4.54 | 15.20 |
| Karú | Molino | 5.67 | 20.20 |
| | Procesador | 2.78 | 9.90 |
| Arnuva | Molino | 2.67 | 21.40 |
| | Procesador | 1.47 | 11.80 |

Los datos muestran que la variedad Granola es la que proporciona mayor rendimiento de extracción (33.20%) cuando se utiliza el molino en la reducción de tamaño, mientras que la variedad Karú es la de menor rendimiento (9.90%) utilizando el procesador.

En general, un contenido elevado de materia seca en las variedades de papa es conveniente para su uso como materia prima en la extracción de almidón. En la Tabla 10 se observa que el porcentaje de materia seca de las variedades de papa está entre 12.47% y 29.98%, siendo las variedades Ona (29.98%), Provento (29.91%) y Karú (28.11%) las que muestran los mayores valores. Al comparar estos resultados con el rendimiento en base seca mostrado en la Tabla 11, al utilizar el molino en la reducción de tamaño se

observa que las variedades Granola (33.20%) y Sante (32.80%) presentaron los mayores rendimientos en los ensayos de extracción a pesar de su menor contenido de materia seca; en cambio, las variedades Ona (17.32%), Provento (19.32%) y Karú (20.17%) mostraron un rendimiento más bajo, reflejando que las variedades con mayor contenido de materia seca no necesariamente aportan los rendimientos más altos.

Este comportamiento puede justificarse tomando en cuenta dos factores: la composición de las variedades de papa y la forma en que se encuentran ligados los gránulos de almidón en cada variedad. La composición de las variedades en cuanto al contenido de proteínas, grasas, fibra y cenizas, según se observa en la Tabla 10, no es factor que genere una diferencia apreciable en el contenido de materia seca, y por tanto, en el rendimiento de la extracción para cada variedad. El porcentaje de carbohidratos confirma que las variedades Ona, Provento y Karu son las que pueden aportar mayor cantidad de almidón.

La causa más probable es la forma en que se encuentran ligados los gránulos de almidón en las diferentes variedades, gránulos que fueron más difíciles de separar, bajo las condiciones de los ensayos, en las tres variedades antes mencionadas.

Al comparar los rendimientos obtenidos para todas las variedades con rendimientos encontrados en la bibliografía consultada, se observa que los rendimientos en base húmeda obtenidos en los ensayos (1.47% - 5.78%) son menores que los encontrados en trabajos similares utilizando papa como materia prima (8.1% - 8.6%, Melian, 2010; 13% - 16%, Scott et. al. 2000). Respecto a los rendimientos en base seca, los valores obtenidos (9.90% - 33.20%) son menores que los reportados en la bibliografía (42.02% - 44.20%, Melian, 2010; 67.81%, Ojeda, 2008). Esta diferencia en rendimiento puede deberse a que parte de la fracción del almidón quedó sin extraer al utilizar la metodología seleccionada para los ensayos del presente trabajo, lo que se puede atribuir a la eficiencia de los equipos utilizados en la reducción de tamaño.

Es posible mejorar el rendimiento mediante el uso de equipos de mayor potencia o de diferente mecanismo de reducción de tamaño o adicionando enzimas antes de la etapa de reducción de tamaño para degradar la pared celular y facilitar la liberación de los gránulos de almidón (Chacon & Waliszewski, 2005).

Los datos de la Tabla 11 muestran que, en todos los casos, los rendimientos de almidón en los ensayos en que se utilizó el procesador para efectuar la reducción de tamaño (valores entre 9.90% y 21.40% en base seca), fueron menores que en los ensayos en los que se utilizó el molino (valores entre 17.40% y 33.20%). Esto permite afirmar que el uso del molino en la etapa de reducción de tamaño proporciona un mayor rendimiento que el uso del procesador.

Con el objetivo de proporcionar un soporte estadístico a esta afirmación, se realizó un análisis de varianza de un factor considerando el tipo de equipo utilizado como el factor y los rendimientos en base seca de las diferentes variedades como mediciones individuales de los ensayos realizados con cada equipo (ver Tabla 12).

Las hipótesis para el análisis de varianza son:

H₀: No existe diferencia al usar ambos equipos de reducción de tamaño.

H_a: Existe diferencia al usar los dos equipos de reducción de tamaño.

Tabla 12: Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

| Grupos | Cuenta | Suma | Promedio |
|-------------------|---------------|-------------|-----------------|
| Molino | 7 | 166.650 | 23.807 |
| Procesador | 7 | 106.745 | 15.249 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| Origen de las variaciones | SC | GL | PC | F | P | Fc. |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|------------|
| Entre grupos | 256.331 | 1 | 256.331 | 7.953 | 0.015 | 4.747 |
| Dentro de los grupos | 386.752 | 12 | 32.229 | | | |
| Total | 643.083 | 13 | | | | |

SC: suma de cuadrados; GL: grados de libertad; PC: promedio de los cuadrados; P: probabilidad; Fc: valor crítico para F

El resultado de análisis de varianza de un factor con los datos de rendimiento en base seca muestran que el valor de F es mayor que el valor de Fc, lo que implica que la hipótesis nula se rechaza y se concluye que hay diferencia estadística en el uso del molino y del procesador en la reducción de tamaño para la extracción de almidón.

5.4. Análisis del almidón obtenido

Las muestras de almidón obtenidas fueron sometidas a los siguientes análisis: pH, temperatura de gelatinización, contenido de humedad, contenido de ceniza y pureza. Los datos para los cálculos de porcentaje de humedad, ceniza y pureza de los almidones se presentan en Anexo 5.

Los valores obtenidos de pH varían entre 6.09 y 7.52; a excepción del almidón extraído de la variedad Provento (7.89 y 8.10). La Tabla 13 muestra los valores de este parámetro para las muestras de todos los ensayos realizados.

Tabla 13 Medición de pH de los almidones extraídos

| Variedades de almidones | Mediciones de pH | |
|-------------------------|------------------|------------|
| | Molino | Procesador |
| Sante | 7.30 | 7.28 |
| Ona | 7.07 | 7.10 |
| Granola | 6.48 | 6.53 |
| Arnuva | 6.92 | 7.21 |
| Provento | 8.10 | 7.89 |
| Karú | 6.09 | 6.09 |
| Desiree | 7.52 | 6.70 |

Según AKFP (2014), los valores de pH entre 6 y 8 que presentan ciertos almidones de papas son indicados para obtener productos con mejor textura, sabor y mejorar la vida útil de los productos (salsas, sopas deshidratadas) además se utiliza como agente de unión en productos de panaderías (mezclas de pasteles, rellenos, galletas). Los almidones que presentan valores superiores a 8 no son adecuados como aditivos en los alimentos debido a que causan sabor no agradable y textura no conveniente (Hoover, 2008), por tanto, cuando el almidón de la variedad Provento se utilice con este fin deberá someterse a regulación de pH.

Los valores de temperatura de gelatinización están en el rango de 64 a 75 °C, tal como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14 Temperatura de gelatinización de los almidones extraídos

| Variedades de almidones | Temperaturas de Gelatinización °C | |
|-------------------------|-----------------------------------|------------|
| | Molino | Procesador |
| Sante | 69 | 70 |
| Ona | 71 | 75 |
| Granola | 66 | 68 |
| Arnuva | 74 | 74 |
| Provento | 68 | 71 |
| Karú | 67 | 71 |
| Desiree | 64 | 66 |

Según Imberty & Perez (1988), el rango de temperatura de gelatinización del almidón de papa es de 65 a 75 °C, rango en el que se encuentra incluidos prácticamente todos los valores de las muestras obtenidas en los ensayos. Desde este punto de vista, estos almidones pueden ser utilizados como aditivos en la industria alimentaria como gelificante, espesante y ligante entre otras funciones.

Los porcentajes de humedad de las muestras están comprendidos en el rango de 11.02% a 19%; estos porcentajes están por debajo del porcentaje máximo de humedad establecido en la ficha técnica de un almidón comercial utilizado como referencia (20%, ver Tabla 6), valor requerido para evitar el crecimiento de hongos y levaduras durante el almacenamiento.

Tabla 15 Porcentaje de humedad de los almidones

| Variedades de almidones | % Humedad | |
|-------------------------|-----------|------------|
| | Molino | Procesador |
| Sante | 16.39 | 16.78 |
| Ona | 15.48 | 11.02 |
| Granola | 17.70 | 17.75 |
| Arnuva | 16.26 | 15.86 |
| Provento | 17.70 | 18.04 |
| Karú | 16.70 | 16.96 |
| Desiree | 18.56 | 19.00 |

El secado de las muestras, realizado en un horno a 60 °C y durante 12 horas, fue suficiente para alcanzar el contenido de humedad adecuado. Sin embargo, se debe señalar que es conveniente utilizar secadores con flujo de aire bajo condiciones controladas para simular el secado natural, propósito inicial del presente trabajo. Esto permitiría también ensayos adicionales para determinar las condiciones más adecuadas para realizar el secado.

El porcentaje de cenizas de las muestras de almidón obtenidas en los ensayos con las variedades de papas utilizadas en el presente trabajo se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16 Porcentaje de cenizas de almidones extraídos

| Variedades de papa | %Ceniza | |
|--------------------|---------|------------|
| | Molino | Procesador |
| Sante | 0.65 | 0.35 |
| Ona | 0.47 | 0.84 |
| Granola | 0.82 | 0.42 |
| Arnuva | 0.37 | 0.55 |
| Provento | 0.27 | 0.27 |
| Karú | 0.60 | 0.86 |
| Desiree | 0.66 | 0.84 |

En la Tabla 5 se muestra el valor máximo del porcentaje de cenizas establecido en la ficha técnica de un almidón comercial utilizado como referencia, el cual es de 0.35%. La mayoría de los valores mostrados en la Tabla 16 están por encima de este valor, excepto la variedad Provento; resultados similares a los obtenidos en este estudio se encontraron en bibliografías consultadas que presentan valores de 0.45% (Amritpal et al.,2007) y 0.67% (Melian, 2010).

Pardo & Castañeda (2013), hace referencia a que el contenido de cenizas en almidón de papa está relacionado directamente con el contenido de fósforo, responsable del hinchamiento, de la estabilidad de la pasta y de la resistencia a la hidrólisis enzimática, por tanto, las variedades que muestran contenidos mayores a 0.40% de ceniza son más convenientes de usar en la industria alimentaria.

La determinación del porcentaje de pureza se realizó utilizando el método de determinación por medio de la reacción de antrona, puesto que fue el único cuyos materiales y reactivos se encontraban a disposición en el laboratorio, sin embargo es un método con alto grado de dificultad, unido al hecho que el reactivo antrona limitó el número de análisis realizados. Por tal razón no fue posible obtener valores confiables para algunas de las muestras, tal como se refleja en la Tabla 17, que muestra el resumen de los valores obtenidos mediante dicho método.

Los porcentajes de pureza de los almidones extraídos al utilizar el procesador como equipos de reducción de tamaño varían de 79.41% a 86.62%, mientras que al utilizar el molino es de 74.96% a 85.28%, evidenciando que el uso del procesador proporciona una pureza ligeramente superior. Ojeda (2008) obtuvo porcentajes de pureza entre 88% - 90%, mientras que Quilca (2007) obtuvo valores entre 79% - 87% en estudios que implicaron extracción de almidón de diversas variedades de papa; estos rangos son similares a los rangos obtenidos en las muestras de almidón extraídas de las variedades de papas utilizadas para el presente trabajo.

Tabla 17 Porcentaje de pureza de almidón de los almidones extraídos

| Variedades de almidones | Pureza de almidón (%) | |
|-------------------------|-----------------------|------------|
| | Molino | Procesador |
| Karú | 77.43 | 83.83 |
| Granola | - | 81.54 |
| Arnuva | - | 86.62 |
| Sante | 74.96 | 79.41 |
| Provento | 84.25 | - |
| Ona | 85.28 | - |
| Desiree | 78.47 | 82.20 |

Los cálculos realizados para la determinación de la pureza de almidón que contiene cada variedad de papa se muestran en Anexo 5, cada gráfica representa una curva de glucosa para ambos mecanismos de reducción de tamaño.

VI. CONCLUSIONES

La caracterización de las siete variedades de papas mediante análisis proximales mostró que los parámetros analizados (% de humedad, % de proteína, % de fibra, % de cenizas y % de carbohidratos) están dentro del rango encontrado en la bibliografía; las variedades más apropiadas para la extracción de almidón en función del contenido de materia seca y de carbohidratos son Provento, Ona y Karú.

Los ensayos de extracción de almidón utilizando la metodología propuesta y haciendo uso de dos equipos de reducción de tamaño diferentes (molino de disco y procesador), permitieron la obtención de muestras de almidón que fueron cuantificadas y analizadas para determinar rendimiento y calidad de las mismas.

Los resultados respecto al rendimiento mostraron que la utilización del molino como equipo de reducción de tamaño proporciona un mayor rendimiento en comparación al uso del procesador. Así mismo las variedades de papas estudiadas que presentaron un mayor rendimiento de extracción de almidón son Sante (32.80%) y Granola (33.20%), variedades que no son las de mayor contenido de materia seca. Este hecho se atribuyó a que en las variedades de mayor contenido de materia seca, los gránulos de almidón se encuentran más fuertemente ligados y los equipos utilizados en la reducción de tamaño no fueron efectivos para lograr su completa separación.

En general, los rendimientos obtenidos en base húmeda (1.47% - 5.78%) y base seca (9.90% - 33.20%) fueron bajos al compararlos con rendimientos consultados en la bibliografía (8.1 % - 16%, base húmeda; 42.02% - 67.81% base seca), evidenciando que, aunque la metodología empleada permitió la extracción del almidón, el rendimiento no fue lo suficientemente satisfactorio y es posible mejorar dicho rendimiento con el uso de equipos de reducción de tamaño que logren una mayor separación de los gránulos de almidón, dado que esta es considerada la etapa fundamental.

Los análisis realizados a las muestras de almidón (pH, temperatura de gelatinización, % de humedad, % de ceniza y pureza), en general, proporcionaron valores dentro de los rangos recomendados en hojas técnicas y rangos similares encontrados en las diferentes fuentes bibliográficas consultadas. Sobre esta base, se puede afirmar que el almidón extraído en los ensayos realizados con las siete variedades de papas utilizadas en este estudio posee la calidad requerida para ser utilizadas en la industria alimentaria. De la misma manera, los datos no permiten establecer diferencias significativas respecto a la calidad del almidón, cuando se utiliza el molino de disco o el procesador como equipo de reducción de tamaño.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar ensayos con las variedades de mayor contenido de materia seca, utilizando otros equipos de reducción de tamaño que contribuyan elevar el rendimiento obtenido. En función de los resultados de este trabajo, el mecanismo de reducción de tamaño de dichos equipos debe incluir la acción de fuerza de cizalla, puesto que este es el mecanismo predominante en el molino de disco utilizado para los ensayos de extracción y con el cual se obtuvo mayor eficiencia.
- Realizar ensayos con un secador bajo condiciones controladas que permitan determinar la temperatura y tiempo óptimos de secado del almidón.
- Incorporar una etapa de blanqueamiento en la metodología de extracción del almidón.
- Comprobar las purezas de los almidones extraídos mediante análisis alternativos al análisis de Antrona.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemist* (15 ed.). (A. o. Chemists, Ed.) Washington DC.

Badui, S. (1990). Química de los alimentos. En S. Badui, *Química de los alimentos* (págs. 302-310). Mexico: Alhambra Mexicana S.A.

Brennan, J. (2004). *Operaciones de la Ingeniería de Alimentos*. Zaragoza: Acribia.

Herrera, C. &, & Lutz, G. (2003). *Química de alimentos : Manual de Laboratorio*. San Jose, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

Montaldo, A. (1984). *Cultivo y mejoramiento de la papa*. San Jose, Costa Rica.

Torrez, P. (2008). Potencial del Mercado de la Papa en Nicaragua. *La Calera, Latin American Journals Online*.

8.1. Sitios web

AKFP. (2014). *American Key Food Products*. Recuperado el 27 de 7 de 2014, de <http://akfponline.com/starches-flours/potato-starch/>

Alvares, M. (1999). *Desarrollo de Productos de Papas Nativas*. Recuperado el 21 de Junio de 2013, de Google Book:

http://books.google.com.ni/books?id=9tirSoXkZv4C&pg=PA58&lpg=PA58&dq=Desarrollo+de+Productos+de+Papas+Nativas+Maria+Alvarez&source=bl&ots=C9uMrivKZ1&sig=pLO_QodZ5IH0t9lu6FiZN03BGOo&hl=es&sa=X&ei=wlwSU6m3E9KNkAf4uYCYAw&ved=0CD0Q6AEwAg#v=onepage&q=Desarroll

Amritpal, Kuar; Narpinder, Singh; Rajrathnam, Ezekiel & Harmeet, Singh Guraya. (1 de 2006). *Physicochemical, thermal and pasting properties of starches separated from different potato cultivars grown at different locations*. Recuperado el 10 de 8 de 2014, de Science Direct: <http://naldc.nal.usda.gov/download/28568/PDF>

Argenpapa. (2005). Recuperado el 15 de Febrero de 2013, de Informacion tecnica: El almacenamiento de la papa: <http://www.argenpapa.com.ar/?id=175>

Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (29 de 01 de 2009). *Normas Tecnica Obligatoria Nicaraguense para la Produccion, Empaque y Comercializacion de Papa Fresca para Consumo Humano*. Recuperado el 09 de 2013, de [http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/\(\\$All\)/A96AD6A87C0902E8062576550075A185?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/($All)/A96AD6A87C0902E8062576550075A185?OpenDocument)

Bello, L., Mendez, M., & Agama, E. (2002). *Estructura Molecular de Almidones*. Recuperado el 4 de Junio de 2013, de Google Book:

<http://books.google.com.ni/books?id=JfGTWqkTdRMC&pg=PA17&dq=Bello+Perez+Almidon+Bello+Perez&hl=es&sa=X&ei=NiUSU8PdM83LkQet5YD4Bg&ved=0CFwQ6AEwCQ#v=onepage&q=Bello%20Perez%20Almidon%20Bello%20Perez&f=false>

BeMiller, J., & Whistler, R. (2009). *Starch: Chemistry and Technology*. Recuperado el 15 de 07 de 2014, de <http://dl.foodspot.ir/book/starch.pdf>

Extracción de Almidón a partir de Variedades de Papa Cultivadas en Nicaragua

Calvo, M. (2000). *Bioquímica de los Alimentos*. Recuperado el 5 de Junio de 2013, de Instituto Internacional del Almidón:

<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/programasbio.html>

Chacon, S. O., & Waliszewski, K. (2005). *PREPARATIVOS DE CELULASAS COMERCIALES Y APLICACION EN PROCESO EXTRACTIVOS*. Recuperado el 29 de 07 de 2014, de http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/uciencia/diciembre2005/celulasa_art6.pdf

Chamorro, J., Giraldo, J., & Soto, D. (2008). *La papa y su industrialización*. Recuperado el 5 de 5 de 2013, de <http://es.scribd.com/doc/44168564/2008-Chamorro-Papa>

Consejo de la Papa de Estados Unidos. (2008). *United States Potato Board*. Variedades de Papa. Recuperado el 13 de Abril de 2013 en http://www.potatoesusa-centralamerica.com/papas_variedad.php

Cubero, N., Moferre, A., & Villalta, J. (2002). *Aditivos Alimentarios*. Recuperado el 11 de Junio de 2013, de Google: http://books.google.com.ni/books?id=d_8WL8l-5ooC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false

Earle, R. L. (1979). *Ingeniería de los Alimentos*. Recuperado el 10 de 07 de 2013, de <http://books.google.com.ni/books?id=daoSAQAAQBAJ&pg=PA847&dq=Ingenieria+de+los+Alimentos+Earle&hl=es&sa=X&ei=-18SU-mNLcOqkQe63YcGg&ved=0CDoQ6AEwAw#v=onepage&q=Ingenieria%20de%20los%20Alimentos%20Earle&f=false>

FAO. (2008). *Año internacional de la papa 2008: Nueva luz sobre un tesoro enterrado*. Recuperado el 01 de 04 de 2013, de International Potato Center: <http://cipotato.org/potato/>

Grace, M. (1977). *Elaboración de la yuca*. Recuperado el 15 de 10 de 2013, de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1028s/a1028s02.pdf>

Hawkes, J. G. (1990). *The potato: evolution, biodiversity and genetic resources*. Recuperado el 10 de 4 de 2012, de Advances in Potato Chemistry and Technology: <http://www.barnesandnoble.com/sample/read/9780080921914>

Holland, N. (2007). *Catálogo holandés de variedad de patata*. NIVAP SEE POTATOES. Recuperado el 3 de Mayo de 2013 de: http://electronica.ugr.es/~amroldan/modulos/personal/mis_plantas/patatas/Nivap_catalogo_holandés_de_variedades_de_patata_2007_Espanol.pdf

Horton, D. (1992). *La papa: Producción, comercialización y programas*. Recuperado el 20 de 5 de 2013, de International Potato Center: <http://cipotato.org/resources/publications/book/la-papa-produccion-comercializacion-y-programas>

INTA. (2004). *Guía de Manejo Integral de Plaga en el Cultivo de Papa*. Recuperado el 12 de 4 de 2013, de <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10M722.pdf>

Melian, D. S. (2010). *Ensayo comparativo de dos metodologías de extracción de almidón de papa usando muestras de diez variedades nativas de chiloé y dos variedades comerciales*.

Extracción de Almidón a partir de Variedades de Papa Cultivadas en Nicaragua

Recuperado el 20 de 7 de 2014, de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/faa473o/doc/faa473o.pdf>

Mohamed, A. S. (1994). *Análisis Microscópicos y Fotoquímico, y usos de plantas medicinales*. Recuperado el 4 de Junio de 2013, de Google Book: <http://books.google.com.ni/books?id=0sHtR36Dh-EC&printsec=frontcover&dq=Salama,+Ahmed+M.&hl=es&sa=X&ei=jisSU8eyD4HbkQey6IDABA&ved=0CC4Q6AEwAA#v=onepage&q=Salama%2C%20Ahmed%20M.&f=false>

Ojeda, M. (2008). *Comparación de Algunas Propiedades Físicas y Composición Química del Almidón de Piñón (Araucaria araucana (Mol) K. Koch), Papa (Solanum tuberosum L. ssp. tuberosum Hawkes) y Maíz (Zea mays L.)*. Recuperado el 15 de 7 de 2014, de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/fao.39c/doc/fao.39c.pdf>

Pardo, O., & Castañeda, J. C. (17 de 12 de 2013). *Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa*. Recuperado el 10 de 8 de 2014, de Agroindustria: <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v62n4/v62n4a01.pdf>

PCE Instruments. (2012). *PCE Instruments*. Recuperado el 6 de Junio de 2013 en <http://www.pce-iberica.es/contactar.htm>

Quilca, N. E. (9 de 2007). *Caracterización física, morfológica, organoléptica, química y funcional de papas nativas para orientar sus usos futuros*. Recuperado el 10 de 8 de 2014, de <ftp://ftp.cgiar.org/cip/TEMP/CIP-QUITO/Cecilia%20Monteros/Anexos%20Ecuador/Tesis%20Caracterizacion%20nutricional%20papas%20nativas.pdf>

Torres R., Pedro. (2008). *Potencial del Mercado de la Papa en Nicaragua*. La Calera, Latin American Journals Online. Recuperado el 23 de Marzo de 2013 en <http://www.lamjol.info/index.php/CALERA/article/view/15>

Thomas, D. J., & Atwell, A. (1999). *Stärke structure*. Recuperado el 7 de Junio de 2013, de Google Book: http://books.google.com.ni/books/about/Starches.html?id=umxvMAEACAAJ&redir_esc=y

Vejar Rivera, E. I. (2005). *Prácticas de Bioquímica Descriptiva*. Recuperado el 5 de Junio de 2013, de Google Book: http://books.google.com.ni/books?id=xv8LNjwigGQC&printsec=frontcover&dq=Prácticas+de+Bioquímica+Descriptiva&hl=es&sa=X&ei=OSwSU6_gOc6jkQej9YGYDw&ved=0CC4Q6AEwAA#v=onepage&q=Prácticas%20de%20Bioquímica%20Descriptiva&f=false

Whistler, R. B. (1984). *Starch: Chemistry and Technology*. Recuperado el 25 de Junio de 2013, de Google Books: http://books.google.com.ni/books?id=Anbz_whRM2YC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Woolfe, J. A. (1987). *The potato in the human diet*. Recuperado el 15 de 5 de 2013, de: http://books.google.com.ni/books?id=EePNniHaROoC&pg=PA19&lpg=PA19&dq=the+potato+in+the+human+diet&source=bl&ots=bBDYLgXcZ3&sig=y-drbcOYNBjLkTM6NG1_GwNnmzc&hl=es&sa=X&ei=dcESU5ulH8bokQf554CIDg&ved=0CFEQ6AEwBA#v=onepage&q=the%20potato%20in%20the%20human%20

IX. ANEXO

Anexo 1: Variedades de papas y almidones de distintas fuentes

| | | |
|---|---|--|
|  |  |  |
| <p>Atahualpa Producida en el Perú, de gran rendimiento, óptima para el horno y la sartén</p> | <p>Nicola Variedad holandesa muy popular, de las mejores para hervir y en ensaladas</p> | <p>Russet Burbank La clásica papa de los Estados Unidos, excelente al horno y frita a la francesa</p> |
|  |  |  |
| <p>Lapin puikula Centenaria en Finlandia, crece en campos bañados de luz de medianoche</p> | <p>Yukon Gold Tubérculo canadiense de pulpa amarilla, inmejorable frita, al horno, en puré</p> | <p>Tubira Se produce en África occidental, de pulpa blanca, piel rosada. Muy productiva</p> |
|  |  |  |
| <p>Vitelotte Especialidad francesa apreciada por su piel azul oscura y su pulpa violeta</p> | <p>Spunta Otra variedad de gran éxito comercial, buena para hervir o asar</p> | <p>Kipfler Variedad alemana alargada de pulpa color crema, frecuente en la ensalada</p> |
|  |  |  |
| <p>Mondial Papa holandesa de atractivo aspecto suave. Buena para hervir y para puré</p> | <p>Maris Bard Variedad británica blanca de textura suave como la cera, apta para hervirse</p> | <p>Desiré De piel roja, pulpa amarilla y sabor característico</p> |

Figura 5: Otras variedades de papas

Fuente: (FAO, 2008)

Tabla 18: Características de almidones de distintas fuentes de extracción

| Almidón | Tipo | Diámetro (Micrones) | Morfología | Temperatura de Pasta (°C) | Propiedades de Cocción |
|-----------------------------|-------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Maíz | Cereal | 5-30 | Polígono Redondo | 80 | Gel Opaco |
| Maíz Ceroso | Cereal | 5-30 | Polígono Redondo | 74 | Claramente Cohesivo |
| Tapioca | Raíz | 4-35 | Ovalo Truncado | 63 | Claramente Cohesivo tendiendo a gel |
| Papa | Tubérculo | 5-100 | Ovalo Esférico | 64 | Claramente Cohesivo tendiendo a gel |
| Trigo | Cereal | 1-45 | Redondo Lenticular | 77 | Gel Opaco |
| Arroz | Cereal | 3-8 | Polígono Esférico | 81 | Gel Opaco |
| Maíz de Alta Amilosa | Cereal | 5-30 | Polígono Irregular Alargado | >90 | Muy Opaco, gel muy fuerte |

Fuente: (Thomas & Atwell, 1999)

Anexo 2: Datos de análisis proximal de las variedades de papa

Tabla 19: Cálculo de porcentaje de humedad

| Variedades | Capsula (g) | Muestra (g) | Capsula + Masa húmeda (g) | Masa seca (g) | % Humedad |
|-------------------|--------------------|--------------------|----------------------------------|----------------------|------------------|
| Granola | 115.5701 | 10.8203 | 126.3904 | 1.804 | 83.33 |
| | 116.2985 | 11.2782 | 127.5767 | 2.1251 | 81.16 |
| | 116.2923 | 9.8812 | 126.1735 | 1.5019 | 84.80 |
| | 1.8971 | 93.381 | 95.2781 | 17.9227 | 80.81 |
| | Promedio | | | | 82.52 |
| Sante | 113.3226 | 10.9261 | 124.2487 | 1.7172 | 84.28 |
| | 112.1733 | 11.1734 | 123.3467 | 1.9642 | 82.42 |
| | 1.8928 | 63.8593 | 65.7521 | 10.2043 | 84.02 |
| | Promedio | | | | 83.57 |
| Provento | 1.8956 | 10.3677 | 12.2633 | 3.3836 | 67.36 |
| | 1.9028 | 10.1124 | 12.0152 | 3.413 | 66.25 |
| | 1.8997 | 10.5223 | 12.422 | 3.5416 | 66.34 |
| | 1.8997 | 71.8251 | 73.7248 | 14.0702 | 80.41 |
| | Promedio | | | | 70.09 |
| Ona | 113.4629 | 10.2889 | 123.7518 | 3.3836 | 67.11 |
| | 116.303 | 11.0294 | 127.3324 | 3.413 | 69.06 |
| | 116.3012 | 10.7146 | 127.0158 | 3.5416 | 66.95 |
| | 1.9033 | 79.158 | 81.0613 | 18.2333 | 76.97 |
| | Promedio | | | | 70.02 |
| Karú | 114.9824 | 11.4016 | 126.384 | 3.3836 | 70.32 |
| | 116.881 | 11.9144 | 128.7954 | 3.413 | 71.35 |
| | 111.5919 | 11.4156 | 123.0075 | 3.5416 | 68.98 |
| | 1.8923 | 78.904 | 80.7963 | 18.2333 | 76.89 |
| | Promedio | | | | 71.89 |
| Desiree | 114.9473 | 29.3333 | 144.2806 | 5.9162 | 79.83 |
| | 114.9205 | 33.4142 | 148.3347 | 6.9517 | 79.20 |
| | 116.2986 | 23.5202 | 139.8188 | 4.3169 | 81.65 |
| | Promedio | | | | 80.22 |
| Arnuva | 113.3052 | 10.1057 | 123.4109 | 1.1873 | 88.25 |
| | 113.3908 | 10.5291 | 123.9199 | 1.4797 | 85.95 |
| | 114.9061 | 10.5221 | 125.4282 | 1.2201 | 88.40 |
| | Promedio | | | | 87.53 |

Tabla 20: Cálculo de porcentaje de ceniza

| Variedades | Capsula (g) | Muestra (g) | Capsula + Masa húmeda (g) | Después del calentamiento (g) | % Ceniza |
|-------------------|--------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| Granola | 111.5475 | 20.4577 | 132.0052 | 111.7641 | 1.06 |
| | 114.9391 | 20.7783 | 135.7174 | 115.1276 | 0.91 |
| | Promedio | | | | 0.98 |
| Sante | 117.8543 | 20.474 | 138.3283 | 118.0074 | 0.75 |
| | 113.7034 | 20.2706 | 133.974 | 113.8072 | 0.51 |
| | 116.3412 | 21.9997 | 138.3409 | 116.5077 | 0.76 |
| | Promedio | | | | 0.67 |
| Provento | 113.4029 | 21.102 | 134.5049 | 113.4177 | 0.07 |
| | 114.9399 | 21.6317 | 136.5716 | 115.4175 | 2.21 |
| | 113.4757 | 20.5831 | 134.0588 | 113.5987 | 0.60 |
| | Promedio | | | | 0.96 |
| Ona | 114.9753 | 21.0059 | 135.9812 | 115.1302 | 0.74 |
| | 113.5209 | 20.1427 | 133.6636 | 113.7172 | 0.97 |
| | 116.4219 | 21.4758 | 137.8977 | 116.5657 | 0.67 |
| | Promedio | | | | 0.79 |
| Karú | 113.3274 | 21.9022 | 135.2296 | 113.5419 | 0.98 |
| | 116.4727 | 21.8838 | 138.3565 | 116.677 | 0.93 |
| | 112.1746 | 20.6993 | 132.8739 | 112.301 | 0.61 |
| | Promedio | | | | 0.84 |
| Desiree | 112.7276 | 29.8395 | 142.5671 | 113.1943 | 1.56 |
| | 116.1905 | 29.6302 | 145.8207 | 116.6539 | 1.56 |
| | 113.4311 | 33.5202 | 146.9513 | 114.0347 | 1.80 |
| | Promedio | | | | 1.64 |
| Arnuva | 116.568 | 20.085 | 136.653 | 116.6742 | 0.53 |
| | 113.6742 | 20.113 | 133.7872 | 113.8056 | 0.65 |
| | 113.3993 | 20.1268 | 133.5261 | 113.5948 | 0.97 |
| | Promedio | | | | 0.72 |

Extracción de Almidón a partir de Variedades de Papa Cultivadas en Nicaragua

Tabla 21: Cálculos de porcentaje de grasa

| Variedades | Capsula (g) | Muestra (g) | Capsula + Masa húmeda (g) | Después del calentamiento (g) | % Grasa |
|-------------------|--------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------|
| Granola | 185.5395 | 54.1913 | 239.7308 | 185.5944 | 0.10 |
| Sante | 185.5395 | 64.2891 | 249.8286 | 185.6009 | 0.10 |
| Provento | 185.5395 | 44.6573 | 230.1967 | 185.5485 | 0.02 |
| Ona | 185.5395 | 41.2120 | 185.5906 | 185.5906 | 0.12 |
| Karú | 185.5906 | 40.1323 | 185.5906 | 185.6347 | 0.11 |
| Desiree | 185.5395 | 86.2677 | 271.8072 | 185.6156 | 0.09 |
| Arnuva | 161.4902 | 249.74 | 411.2271 | 161.6379 | 0.06 |

Tabla 22: Cálculos de porcentaje de fibra

| Variedades | Muestra (g) | Peso de fibra cruda | % Fibra |
|-------------------|--------------------|----------------------------|----------------|
| Granola | 11.0337 | 0.2282 | 2.08 |
| | 10.799 | 0.286 | 2.66 |
| | Promedio | | 2.37 |
| Sante | 13.1189 | 0.3151 | 2.40 |
| Provento | 8.5044 | 0.3051 | 3.59 |
| | 8.6600 | 0.2998 | 3.46 |
| | Promedio | | 3.53 |
| Ona | 8.9987 | 0.2598 | 2.90 |
| | 8.8393 | 0.2956 | 3.36 |
| | Promedio | | 3.13 |
| Karú | 8.1214 | 0.0904 | 1.12 |
| | 8.4014 | 0.0676 | 0.81 |
| | Promedio | | 0.96 |
| Desiree | 86.2677 | 1.4150 | 1.64 |
| Arnuva | 31.1569 | 0.5062 | 1.62 |

Extracción de Almidón a partir de Variedades de Papa Cultivadas en Nicaragua

Tabla 23: Cálculos de porcentaje de proteína

| Variedades | Muestra (g) | Volumen gastado HCL ml | % Proteína |
|-------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------|
| Granola | 2.1185 | 5.3 | 1.44 |
| | 2.2945 | 4.4 | 1.16 |
| | Promedio | | 1.30 |
| Sante | 2.4124 | 5.3 | 1.33% |
| | 2.1708 | 4.4 | 1.22% |
| | Promedio | | 1.28% |
| Provento | 2.3262 | 3.5 | 0.88 |
| | 2.6563 | 4.5 | 1.02 |
| | Promedio | | 0.95 |
| Ona | 2.3012 | 15.3 | 4.14 |
| | 2.2605 | 6.5 | 1.76 |
| | Promedio | | 2.95 |
| Karú | 4.6325 | 8.2 | 1.09 |
| | 2.0558 | 7.9 | 2.36 |
| | Promedio | | 1.73 |
| Desiree | 2.1914 | 7.5 | 2.02 |
| | 2.8785 | 9.8 | 2.04 |
| | Promedio | | 2.03 |
| Arnuva | 2.0362 | 4.9 | 4.24 |
| | 2.0602 | 5.2 | 4.46 |
| | Promedio | | 4.35 |

Anexo 3: Proceso de extracción de almidón de papa

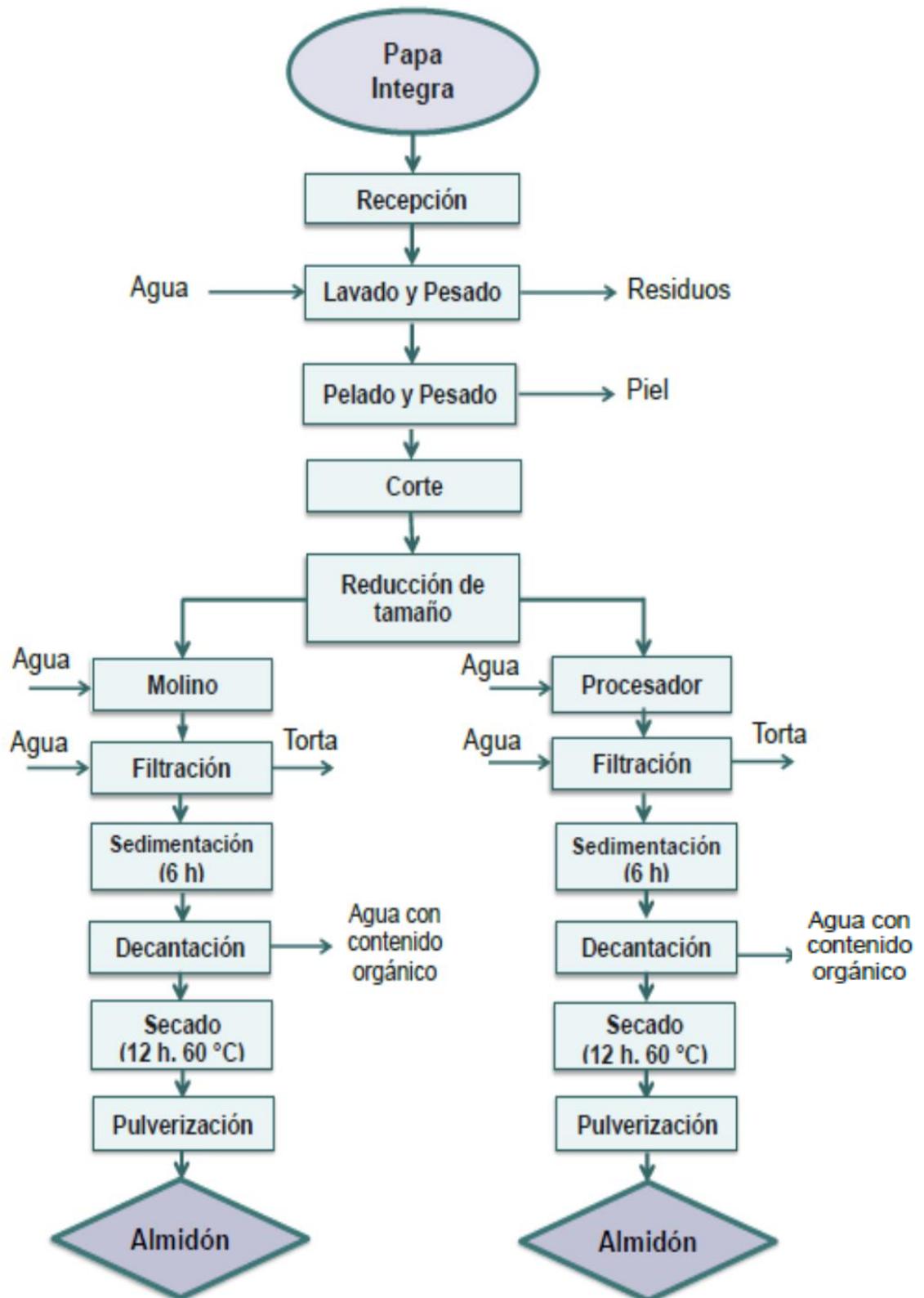


Figura 6: Diagrama de flujo

Extracción de Almidón a partir de Variedades de Papa Cultivadas en Nicaragua



Figura 7: Etapa inicial del proceso



Figura 8: Preparación de la materia prima

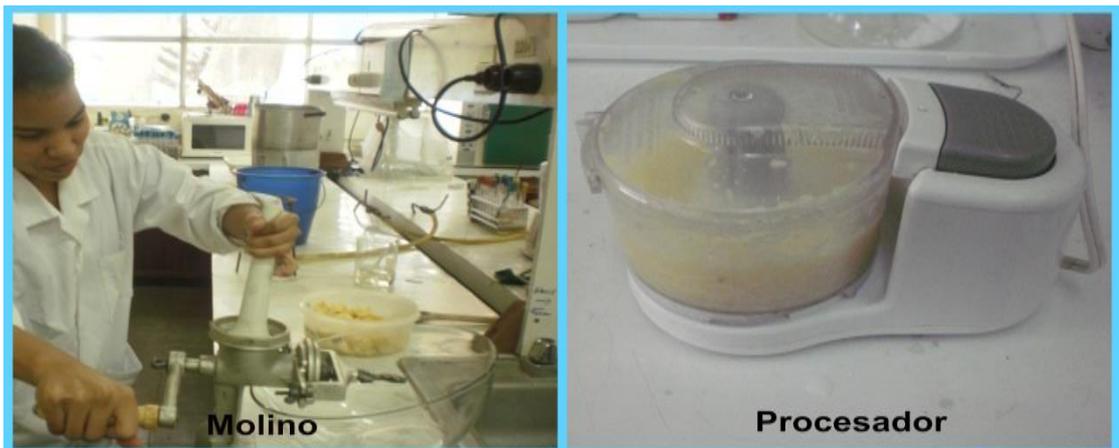


Figura 9: Reducción de tamaño

Extracción de Almidón a partir de Variedades de Papa Cultivadas en Nicaragua



Figura 10: Separación del almidón

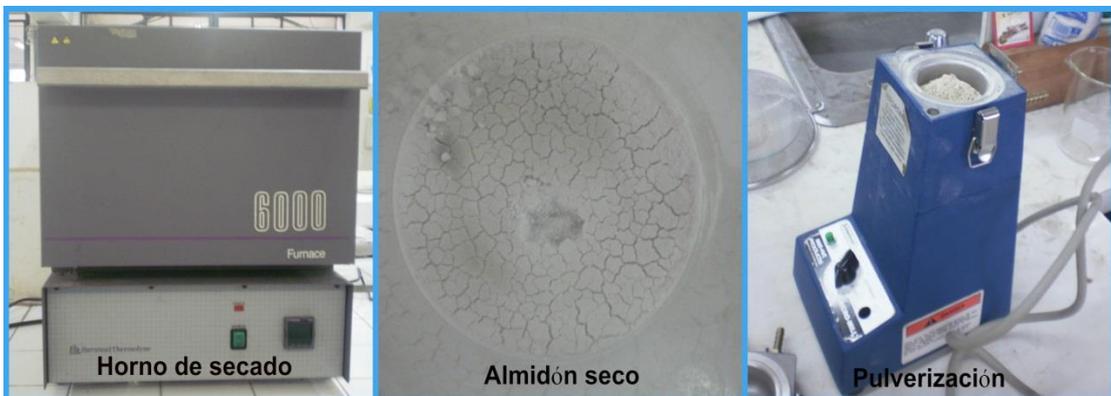


Figura 11: Separación del almidón

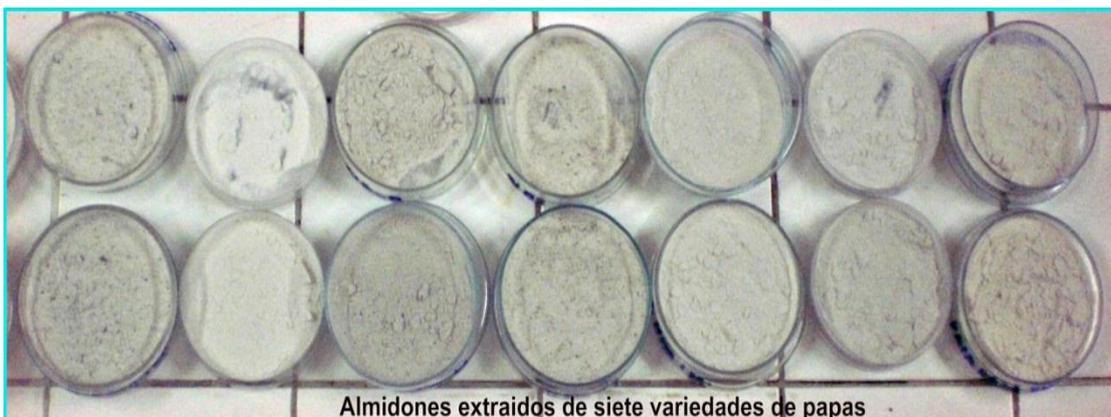


Figura 12: Almidones extraído de variedades de papas

Extracción de Almidón a partir de Variedades de Papa Cultivadas en Nicaragua

Anexo 4: Rendimiento por variedad y datos de análisis estadístico

Tabla 24: Datos de rendimientos de los ensayos de extracción de almidón

| Muestra | Desiree | | Provento | | Sante | | Granola | | Ona | | Karú | | Arnuva | |
|-------------------------------|---------|--------|----------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | Proc. | Mol. | Proc. | Mol. | Proc. | Mol. | Proc. | Mol. | Proc. | Mol. | Proc. | Mol. | Proc. | Mol. |
| Papa íntegra, g | 530 | 536 | 530 | 566 | 551 | 478 | 486 | 558 | 737 | 747 | 656 | 595 | 1133 | 1193 |
| Muestra papa pelada, g | 429.10 | 434.70 | 462.50 | 499.30 | 484.30 | 410.60 | 423.40 | 495.80 | 614.50 | 624.60 | 546.00 | 485.30 | 1014.70 | 1074.20 |
| Materia seca, g | 104.83 | 106.02 | 158.52 | 169.29 | 96.87 | 84.03 | 70.37 | 80.80 | 220.95 | 223.95 | 184.40 | 167.25 | 141.29 | 148.77 |
| Almidón obtenido, g | 17.90 | 23.80 | 16.80 | 32.70 | 20.70 | 27.60 | 14.70 | 26.80 | 33.48 | 38.90 | 18.21 | 33.73 | 16.70 | 31.80 |
| Rendimiento. BH, % | 3.38 | 4.44 | 3.17 | 5.78 | 3.76 | 5.77 | 3.02 | 4.80 | 4.54 | 5.21 | 2.78 | 5.67 | 1.47 | 2.67 |
| Rendimiento. BS, % | 17.10 | 22.40 | 10.60 | 19.30 | 21.40 | 32.80 | 20.90 | 33.20 | 15.20 | 17.40 | 9.90 | 20.78 | 11.80 | 21.40 |

Proc.: Procesador

BH: Base húmeda

Mol.: Molino

BS: Base seca

Tabla 25: Réplicas de ensayos de extracción de almidón

| Muestra | Desiree | | Sante | |
|------------------------------------|------------|--------|------------|--------|
| | Procesador | Molino | Procesador | Molino |
| Papa íntegra, g | 1066.2 | 893.6 | 442.8 | 442.3 |
| Muestra papa pelada, g | 838 | 768.5 | 355.4 | 332.3 |
| Materia seca, g | 211.0 | 176.0 | 77.0 | 77.0 |
| Almidón obtenido, g | 38.5 | 50.1 | 12.9 | 20.5 |
| Rendimiento. Base húmeda, % | 3.61 | 5.61 | 2.91 | 4.63 |
| Rendimiento. Base seca, % | 18.2 | 28.5 | 16.8 | 26.6 |

A.4.1. Prueba de bondad de ajuste (método Kolmogorov – Smirnov)

La prueba de bondad de ajuste se realizó para determinar si los datos obtenidos de rendimiento en base seca para ambos equipos de extracción pertenecen a una población normal mediante el método Kolmogorov – Smirnov.

Las hipótesis para el método K – S:

Ho: datos proviene de una distribución normal

Ha: datos no proviene de una distribución normal

El grado de significancia es del 5% para ambos equipos de reducción de tamaño con $n=7$, entonces $D_{0.05}=0.486$ (figura 13).

Tabla 26: Datos del método Kolmogorov – Smirnov para molino

| i | X_i | $S_n(X_i)$ | $F_o(X_i)$ | $ S_n(X_i) - F_o(X_i) $ |
|---|-------|------------|------------|-------------------------|
| 1 | 17.40 | 0.14 | 0.15 | 0.01 |
| 2 | 19.30 | 0.29 | 0.23 | 0.06 |
| 3 | 20.20 | 0.43 | 0.27 | 0.16 |
| 4 | 21.40 | 0.57 | 0.34 | 0.23 |
| 5 | 22.40 | 0.71 | 0.39 | 0.32 |
| 6 | 32.80 | 0.86 | 0.92 | 0.06 |
| 7 | 33.20 | 1 | 0.93 | 0.07 |

X_i: rendimiento de extracción de almidón base seca

$D_n=0.32 < 0.486$ por lo tanto H_o no se rechaza, lo que indica que los datos provienen de una población normal.

Tabla 27: Datos del método Kolmogorov – Smirnov para procesador

| i | X_i | $S_n(X_i)$ | $F_o(X_i)$ | $ S_n(X_i) - F_o(X_i) $ |
|---|-------|------------|------------|-------------------------|
| 1 | 9.9 | 0.14 | 0.12 | 0.02 |
| 2 | 10.6 | 0.29 | 0.15 | 0.14 |
| 3 | 11.8 | 0.43 | 0.22 | 0.21 |
| 4 | 15.2 | 0.57 | 0.47 | 0.10 |
| 5 | 17.1 | 0.71 | 0.67 | 0.04 |
| 6 | 20.9 | 0.86 | 0.89 | 0.03 |
| 7 | 21.4 | 1 | 0.91 | 0.09 |

X_i: rendimiento de extracción de almidón base seca

$D_n=0.21 < 0.486$ por lo tanto H_o no se rechaza, lo que indica que los datos provienen de una población normal.

Tabla 28: Prueba Kolmogorov – Smirnov

α : Nivel de significancia

n : Tamaño de la muestra

Valores criticos $D_{\alpha, n}$

| n | α | 0.20 | 0.15 | 0.10 | 0.05 | 0.01 |
|------------|----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | | 0.900 | 0.925 | 0.950 | 0.875 | 0.995 |
| 2 | | 0.684 | 0.726 | 0.776 | 0.842 | 0.929 |
| 3 | | 0.565 | 0.597 | 0.642 | 0.708 | 0.828 |
| 4 | | 0.494 | 0.525 | 0.564 | 0.624 | 0.733 |
| 5 | | 0.446 | 0.474 | 0.510 | 0.565 | 0.669 |
| 6 | | 0.410 | 0.436 | 0.470 | 0.521 | 0.618 |
| 7 | | 0.381 | 0.405 | 0.438 | 0.486 | 0.577 |
| 8 | | 0.358 | 0.381 | 0.411 | 0.457 | 0.543 |
| 9 | | 0.339 | 0.360 | 0.388 | 0.432 | 0.514 |
| 10 | | 0.322 | 0.342 | 0.368 | 0.410 | 0.490 |
| 11 | | 0.307 | 0.326 | 0.352 | 0.391 | 0.468 |
| 12 | | 0.295 | 0.313 | 0.338 | 0.375 | 0.450 |
| 13 | | 0.284 | 0.302 | 0.325 | 0.361 | 0.433 |
| 14 | | 0.274 | 0.292 | 0.314 | 0.349 | 0.418 |
| 15 | | 0.266 | 0.283 | 0.304 | 0.338 | 0.404 |
| 16 | | 0.258 | 0.274 | 0.295 | 0.328 | 0.392 |
| 17 | | 0.250 | 0.266 | 0.286 | 0.318 | 0.381 |
| 18 | | 0.244 | 0.259 | 0.278 | 0.309 | 0.371 |
| 19 | | 0.237 | 0.252 | 0.272 | 0.301 | 0.363 |
| 20 | | 0.231 | 0.246 | 0.264 | 0.294 | 0.356 |
| 25 | | 0.210 | 0.220 | 0.240 | 0.270 | 0.320 |
| 30 | | 0.190 | 0.200 | 0.220 | 0.240 | 0.290 |
| 35 | | 0.180 | 0.190 | 0.201 | 0.230 | 0.270 |
| Mayor a 35 | | $\frac{1.07}{\sqrt{n}}$ | $\frac{1.14}{\sqrt{n}}$ | $\frac{1.22}{\sqrt{n}}$ | $\frac{1.36}{\sqrt{n}}$ | $\frac{1.63}{\sqrt{n}}$ |

Tabla 29: Probabilidad acumulada F (Z), $Z \leq 0$

| Z | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.00 |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| -3.5 | 0.000165 | 0.000172 | 0.000179 | 0.000185 | 0.000193 | 0.000200 | 0.000208 | 0.000216 | 0.000224 | 0.000233 |
| -3.4 | 0.000242 | 0.000251 | 0.000260 | 0.000270 | 0.000280 | 0.000291 | 0.000302 | 0.000313 | 0.000325 | 0.000337 |
| -3.3 | 0.000350 | 0.000362 | 0.000376 | 0.000390 | 0.000404 | 0.000419 | 0.000434 | 0.000450 | 0.000467 | 0.000483 |
| -3.2 | 0.000501 | 0.000519 | 0.000538 | 0.000557 | 0.000577 | 0.000598 | 0.000619 | 0.000641 | 0.000664 | 0.000687 |
| -3.1 | 0.000711 | 0.000736 | 0.000762 | 0.000789 | 0.000816 | 0.000845 | 0.000874 | 0.000904 | 0.000935 | 0.000968 |
| -3.0 | 0.001001 | 0.001035 | 0.001070 | 0.001107 | 0.001144 | 0.001183 | 0.001223 | 0.001264 | 0.001306 | 0.001350 |
| -2.9 | 0.001395 | 0.001441 | 0.001489 | 0.001538 | 0.001589 | 0.001641 | 0.001695 | 0.001750 | 0.001807 | 0.001866 |
| -2.8 | 0.001926 | 0.001988 | 0.002052 | 0.002118 | 0.002186 | 0.002256 | 0.002327 | 0.002401 | 0.002477 | 0.002555 |
| -2.7 | 0.002635 | 0.002718 | 0.002803 | 0.002890 | 0.002980 | 0.003072 | 0.003167 | 0.003264 | 0.003364 | 0.003467 |
| -2.6 | 0.003573 | 0.003681 | 0.003793 | 0.003907 | 0.004025 | 0.004145 | 0.004269 | 0.004396 | 0.004527 | 0.004661 |
| -2.5 | 0.004799 | 0.004940 | 0.005085 | 0.005234 | 0.005386 | 0.005543 | 0.005703 | 0.005868 | 0.006037 | 0.006210 |
| -2.4 | 0.006387 | 0.006569 | 0.006756 | 0.006947 | 0.007143 | 0.007344 | 0.007549 | 0.007760 | 0.007976 | 0.008198 |
| -2.3 | 0.008424 | 0.008656 | 0.008894 | 0.009137 | 0.009387 | 0.009642 | 0.009903 | 0.010170 | 0.010444 | 0.010724 |
| -2.2 | 0.011011 | 0.011304 | 0.011604 | 0.011911 | 0.012224 | 0.012545 | 0.012874 | 0.013209 | 0.013553 | 0.013903 |
| -2.1 | 0.014262 | 0.014629 | 0.015003 | 0.015386 | 0.015778 | 0.016177 | 0.016586 | 0.017003 | 0.017429 | 0.017864 |
| -2.0 | 0.018309 | 0.018763 | 0.019226 | 0.019699 | 0.020182 | 0.020675 | 0.021178 | 0.021692 | 0.022216 | 0.022750 |
| -1.9 | 0.023295 | 0.023852 | 0.024419 | 0.024998 | 0.025588 | 0.026190 | 0.026803 | 0.027429 | 0.028067 | 0.028717 |
| -1.8 | 0.029379 | 0.030054 | 0.030742 | 0.031443 | 0.032157 | 0.032884 | 0.033625 | 0.034379 | 0.035148 | 0.035930 |
| -1.7 | 0.036727 | 0.037538 | 0.038364 | 0.039204 | 0.040059 | 0.040929 | 0.041815 | 0.042716 | 0.043633 | 0.044565 |
| -1.6 | 0.045514 | 0.046479 | 0.047460 | 0.048457 | 0.049471 | 0.050503 | 0.051551 | 0.052616 | 0.053699 | 0.054799 |
| -1.5 | 0.055917 | 0.057053 | 0.058208 | 0.059380 | 0.060571 | 0.061780 | 0.063008 | 0.064256 | 0.065522 | 0.066807 |
| -1.4 | 0.068112 | 0.069437 | 0.070781 | 0.072145 | 0.073529 | 0.074934 | 0.076359 | 0.077804 | 0.079270 | 0.080757 |
| -1.3 | 0.082264 | 0.083793 | 0.085343 | 0.086915 | 0.088508 | 0.090123 | 0.091759 | 0.093418 | 0.095098 | 0.096801 |
| -1.2 | 0.098525 | 0.100273 | 0.102042 | 0.103835 | 0.105650 | 0.107488 | 0.109349 | 0.111233 | 0.113140 | 0.115070 |
| -1.1 | 0.117023 | 0.119000 | 0.121001 | 0.123024 | 0.125072 | 0.127143 | 0.129238 | 0.131357 | 0.133500 | 0.135666 |
| -1.0 | 0.137857 | 0.140071 | 0.142310 | 0.144572 | 0.146859 | 0.149170 | 0.151505 | 0.153864 | 0.156248 | 0.158655 |
| -0.9 | 0.161087 | 0.163543 | 0.166023 | 0.168528 | 0.171056 | 0.173609 | 0.176185 | 0.178786 | 0.181411 | 0.184060 |
| -0.8 | 0.186733 | 0.189430 | 0.192150 | 0.194894 | 0.197662 | 0.200454 | 0.203269 | 0.206108 | 0.208970 | 0.211855 |
| -0.7 | 0.214764 | 0.217695 | 0.220650 | 0.223627 | 0.226627 | 0.229650 | 0.232695 | 0.235762 | 0.238852 | 0.241964 |
| -0.6 | 0.245097 | 0.248252 | 0.251429 | 0.254627 | 0.257846 | 0.261086 | 0.264347 | 0.267629 | 0.270931 | 0.274253 |
| -0.5 | 0.277595 | 0.280957 | 0.284339 | 0.287740 | 0.291160 | 0.294599 | 0.298056 | 0.301532 | 0.305026 | 0.308538 |
| -0.4 | 0.312067 | 0.315614 | 0.319178 | 0.322758 | 0.326355 | 0.329969 | 0.333598 | 0.337243 | 0.340903 | 0.344578 |
| -0.3 | 0.348268 | 0.351973 | 0.355691 | 0.359424 | 0.363169 | 0.366928 | 0.370700 | 0.374484 | 0.378281 | 0.382089 |
| -0.2 | 0.385908 | 0.389739 | 0.393580 | 0.397432 | 0.401294 | 0.405165 | 0.409046 | 0.412936 | 0.416834 | 0.420740 |
| -0.1 | 0.424655 | 0.428576 | 0.432505 | 0.436441 | 0.440382 | 0.444330 | 0.448283 | 0.452242 | 0.456205 | 0.460172 |
| -0.0 | 0.464144 | 0.468119 | 0.472097 | 0.476078 | 0.480061 | 0.484047 | 0.488033 | 0.492022 | 0.496011 | 0.500000 |

Tabla 30: Probabilidad acumulada F (Z), $Z \geq 0$

| Z | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0.0 | 0.500000 | 0.503989 | 0.507978 | 0.511967 | 0.515953 | 0.519939 | 0.532922 | 0.527903 | 0.531881 | 0.535856 |
| 0.1 | 0.539828 | 0.543795 | 0.547758 | 0.551717 | 0.555676 | 0.559618 | 0.563559 | 0.567495 | 0.571424 | 0.575345 |
| 0.2 | 0.579260 | 0.583166 | 0.587064 | 0.590954 | 0.594835 | 0.598706 | 0.602568 | 0.606420 | 0.610261 | 0.614092 |
| 0.3 | 0.617911 | 0.621719 | 0.625516 | 0.629300 | 0.633072 | 0.636831 | 0.640576 | 0.644309 | 0.648027 | 0.651732 |
| 0.4 | 0.655422 | 0.659097 | 0.662757 | 0.666402 | 0.670031 | 0.673645 | 0.677242 | 0.680822 | 0.684386 | 0.687933 |
| 0.5 | 0.691462 | 0.694974 | 0.698468 | 0.701944 | 0.705401 | 0.708840 | 0.712260 | 0.715661 | 0.719043 | 0.722405 |
| 0.6 | 0.725747 | 0.729069 | 0.732371 | 0.735653 | 0.738914 | 0.742154 | 0.745373 | 0.748571 | 0.751748 | 0.754903 |
| 0.7 | 0.758036 | 0.761148 | 0.764238 | 0.767305 | 0.770350 | 0.773373 | 0.776373 | 0.779350 | 0.782305 | 0.785236 |
| 0.8 | 0.788145 | 0.791030 | 0.793892 | 0.796731 | 0.799546 | 0.802338 | 0.805106 | 0.807850 | 0.810570 | 0.813267 |
| 0.9 | 0.815940 | 0.818589 | 0.821214 | 0.823815 | 0.826391 | 0.828944 | 0.831472 | 0.833977 | 0.836457 | 0.838913 |
| 1.0 | 0.841345 | 0.843752 | 0.846136 | 0.848495 | 0.850830 | 0.853141 | 0.855428 | 0.857690 | 0.859929 | 0.862143 |
| 1.1 | 0.864334 | 0.866500 | 0.868643 | 0.870762 | 0.872857 | 0.874928 | 0.876976 | 0.878999 | 0.881000 | 0.882977 |
| 1.2 | 0.884930 | 0.886860 | 0.888767 | 0.890651 | 0.892512 | 0.894350 | 0.896165 | 0.897958 | 0.899727 | 0.901475 |
| 1.3 | 0.903199 | 0.904902 | 0.906582 | 0.908241 | 0.909877 | 0.911492 | 0.913085 | 0.914657 | 0.916207 | 0.917736 |
| 1.4 | 0.919243 | 0.920730 | 0.922196 | 0.923641 | 0.925066 | 0.926471 | 0.927855 | 0.929219 | 0.930563 | 0.931888 |
| 1.5 | 0.933193 | 0.934478 | 0.935744 | 0.936992 | 0.938220 | 0.939429 | 0.940620 | 0.941792 | 0.942947 | 0.944083 |
| 1.6 | 0.945201 | 0.946301 | 0.947384 | 0.948449 | 0.949497 | 0.950529 | 0.951543 | 0.952540 | 0.953521 | 0.954486 |
| 1.7 | 0.955435 | 0.956367 | 0.957284 | 0.958185 | 0.959071 | 0.959941 | 0.960796 | 0.961636 | 0.962462 | 0.963273 |
| 1.8 | 0.964070 | 0.964852 | 0.965621 | 0.966375 | 0.967116 | 0.967843 | 0.968557 | 0.969258 | 0.969946 | 0.970621 |
| 1.9 | 0.971283 | 0.971933 | 0.972571 | 0.973197 | 0.973810 | 0.974412 | 0.975002 | 0.975581 | 0.976148 | 0.976705 |
| 2.0 | 0.977250 | 0.977784 | 0.978308 | 0.978822 | 0.979325 | 0.979818 | 0.980301 | 0.980774 | 0.981237 | 0.981691 |
| 2.1 | 0.982136 | 0.982571 | 0.982997 | 0.983414 | 0.983823 | 0.984222 | 0.984614 | 0.984997 | 0.985371 | 0.985738 |
| 2.2 | 0.986097 | 0.986447 | 0.986791 | 0.987126 | 0.987455 | 0.987776 | 0.988089 | 0.988396 | 0.988696 | 0.988989 |
| 2.3 | 0.989276 | 0.989556 | 0.989830 | 0.990097 | 0.990358 | 0.990613 | 0.990863 | 0.991106 | 0.991344 | 0.991576 |
| 2.4 | 0.991802 | 0.992024 | 0.992240 | 0.992451 | 0.992656 | 0.992857 | 0.993053 | 0.993244 | 0.993431 | 0.993613 |
| 2.5 | 0.993790 | 0.993963 | 0.994132 | 0.994297 | 0.994457 | 0.994614 | 0.994766 | 0.994915 | 0.995060 | 0.995201 |
| 2.6 | 0.995339 | 0.995473 | 0.995604 | 0.995731 | 0.995855 | 0.995975 | 0.996093 | 0.996207 | 0.996319 | 0.996427 |
| 2.7 | 0.996533 | 0.996636 | 0.996736 | 0.996833 | 0.996928 | 0.997020 | 0.997110 | 0.997197 | 0.997282 | 0.997365 |
| 2.8 | 0.997445 | 0.997523 | 0.997599 | 0.997673 | 0.997744 | 0.997814 | 0.997882 | 0.997948 | 0.998012 | 0.998074 |
| 2.9 | 0.998134 | 0.998193 | 0.998250 | 0.998305 | 0.998359 | 0.998411 | 0.998462 | 0.998511 | 0.998559 | 0.998605 |
| 3.0 | 0.998650 | 0.998694 | 0.998736 | 0.998777 | 0.998817 | 0.998856 | 0.998893 | 0.998930 | 0.998965 | 0.998999 |
| 3.1 | 0.999032 | 0.999065 | 0.999096 | 0.999126 | 0.999155 | 0.999184 | 0.999211 | 0.999238 | 0.999264 | 0.999289 |
| 3.2 | 0.999313 | 0.999336 | 0.999359 | 0.999381 | 0.999402 | 0.999423 | 0.999443 | 0.999462 | 0.999481 | 0.999499 |
| 3.3 | 0.999517 | 0.999533 | 0.999550 | 0.999566 | 0.999581 | 0.999596 | 0.999610 | 0.999624 | 0.999638 | 0.999650 |
| 3.4 | 0.999663 | 0.999675 | 0.999687 | 0.999698 | 0.999709 | 0.999720 | 0.999730 | 0.999740 | 0.999749 | 0.999758 |
| 3.5 | 0.999767 | 0.999776 | 0.999784 | 0.999792 | 0.999800 | 0.999807 | 0.999815 | 0.999821 | 0.999828 | 0.999835 |

Anexo 5: Datos de análisis de almidones extraídos

Tabla 31: Cálculo de porcentaje de humedad

| Variedades | Equipo | Peso de muestra (g) | Peso Capsula (g) | Capsula + muestra (g) | Cap. + muestra seca (g) | % Humedad |
|-----------------|------------|---------------------|------------------|-----------------------|-------------------------|-----------|
| Sante | Molino | 2.0713 | 0.9608 | 3.0321 | 2.6927 | 16.3858 |
| | Procesador | 2.0184 | 0.9546 | 2.9730 | 2.6344 | 16.7757 |
| Ona | Molino | 2.1005 | 0.9588 | 3.0593 | 2.7341 | 15.4820 |
| | Procesador | 2.0015 | 0.9518 | 2.9533 | 2.7328 | 11.0167 |
| Granola | Molino | 2.1083 | 0.9536 | 3.0619 | 2.6888 | 17.6967 |
| | Procesador | 2.0889 | 0.9459 | 3.0348 | 2.664 | 17.7510 |
| Arnuva | Molino | 2.1061 | 0.9483 | 3.0544 | 2.7119 | 16.2623 |
| | Procesador | 2.1139 | 0.9542 | 3.0681 | 2.7328 | 15.8617 |
| Provento | Molino | 2.0322 | 0.9394 | 2.9716 | 2.6118 | 17.7050 |
| | Procesador | 2.0638 | 0.9519 | 3.0157 | 2.6433 | 18.0444 |
| Karú | Molino | 2.0814 | 0.9447 | 3.0261 | 2.6785 | 16.7003 |
| | Procesador | 2.0053 | 0.9552 | 2.9605 | 2.6205 | 16.9551 |
| Desiree | Molino | 2.0131 | 0.9342 | 2.9473 | 2.5736 | 18.5634 |
| | Procesador | 2.2245 | 0.9528 | 3.1773 | 2.7546 | 19.0020 |

Tabla 32: Cálculo de porcentaje de ceniza

| Variedades | Equipo | Peso de Capsula (g) | Peso de muestra (g) | Peso Cap. + muestra (g) | Peso Cap. + ceniza (g) | % Ceniza |
|-----------------|------------|---------------------|---------------------|-------------------------|------------------------|----------|
| Sante | Molino | 36.6763 | 3.015 | 39.6913 | 36.696 | 0.6534 |
| | Procesador | 28.2010 | 3.0085 | 31.2095 | 28.2118 | 0.3590 |
| Ona | Molino | 28.2001 | 3.0001 | 31.2002 | 28.2144 | 0.4767 |
| | Procesador | 90.4948 | 3.0246 | 93.5194 | 90.5202 | 0.8398 |
| Granola | Molino | 114.7537 | 3.0535 | 117.8072 | 114.779 | 0.8286 |
| | Procesador | 60.4285 | 2.0004 | 62.4289 | 60.4369 | 0.4199 |
| Arnuva | Molino | 36.6792 | 1.6449 | 38.3241 | 36.6854 | 0.3769 |
| | Procesador | 108.8228 | 1.7937 | 110.6165 | 108.8327 | 0.5519 |
| Provento | Molino | 110.6680 | 1.6707 | 112.3387 | 110.6726 | 0.2753 |
| | Procesador | 28.2071 | 2.0008 | 30.2079 | 28.2126 | 0.2749 |
| Karú | Molino | 63.7654 | 3.000 | 66.7654 | 63.7835 | 0.6033 |
| | Procesador | 60.4187 | 3.1688 | 63.5875 | 60.446 | 0.8615 |
| Desiree | Molino | 110.6955 | 3.0012 | 113.6967 | 110.7155 | 0.6664 |
| | Procesador | 63.7482 | 2.994 | 66.7422 | 63.7735 | 0.8450 |

A.5.1 Determinación de pureza de almidón

El método utilizado para la determinación de pureza de almidón en la muestras obtenida fue de reacción de antrona.

Tabla 33: Materiales y reactivos

| | |
|---------------------|----------------------------|
| Reactivo de Antrona | Balones aforados de 100 ml |
| Ácido Sulfúrico 96% | Tubos de ensayos de 25 ml |
| Glucosa | Espectrofotómetro |
| Almidón | Recipiente metálico 10L |
| Perla de vidrio | |
| Agua destilada | |
| Hielo | |

Preparación de la Solución de Antrona

1. Disolver 0.2 g de Antrona en 100 mL de Ácido Sulfúrico 96% y agitar constantemente.

Procedimiento para Curva de Calibración de Glucosa

1. Prepara una disolución patrón glucosa (100mg%): Disolver 0.1000 g de glucosa en agua destilada. Transferir cuantitativamente a un balón aforado de 100 mL y aforar.
2. Tomar alícuotas de 5,00; 6,00; 7,00; 8,00; 9,00; y 10,00 mL, y diluir cada una de ellas a 100,0 mL en sendos balones aforados.
3. Preparar sendos tubos de ensayo de 25 mL con tapa, limpios y secos, agregar a cada uno de ellos una perla de vidrio y 1,00 mL de cada una de las disoluciones preparadas anteriormente (por duplicado). Agregar, lentamente, 5 mL de la disolución de antrona. Prepara también un blanco (1,00 mL de agua destilada).
4. Calentar cada tubo en un baño de agua en ebullición durante 10 minutos.
5. Colocar los tubos de ensayo en un baño de hielo a 0°C, para detener la reacción.
6. Sacar los tubos de ensayos del baño de hielo. Secar las paredes exteriores de cada uno de los tubos de ensayo y permitir que todos alcancen la temperatura ambiente.
7. Transferir, con cuidado, el contenido de cada tubo a las cubetas respectivas y medir la absorbancia de cada disolución a una longitud de onda de 620 nm en un espectrofotómetro. Construir una curva de calibración, graficando la absorbancia (A) contra la concentración de glucosa.

Preparación de las muestras

1. Pesar cuantitativamente una muestra de 90.0 mg del almidón extraído en la práctica anterior. Transferir el almidón a un balón aforado de 100 mL. Agregar aproximadamente 50 mL de agua destilada. Calentar y agitar en forma constante la mezcla de almidón y agua, hasta la disolución completa del almidón. Enfriar el balón aforado y su contenido. Adicionar agua destilada hasta la marca de aforo y agitar para obtener una dispersión lo más homogénea posible. Tomar una alícuota de 10,00 mL de esta dispersión y transferir a un balón aforado de 100 mL. Agregar

Extracción de Almidón a partir de Variedades de Papa Cultivadas en Nicaragua

- agua destilada hasta la marca de aforo. Agitar. En esta forma se obtiene una disolución de almidón de 9,0 mg% (m/v).
2. Agregar 5 mL del reactivo de antrona, muy lentamente, a 2 tubos de ensayo que contengan cada uno, 1 mL de la disolución de almidón 9 mg %. Colocar una perla de vidrio en cada tubo y calentar en un baño de agua en ebullición durante 10 minutos.
 3. Proceder de igual forma que en la preparación de los patrones para la curva de calibración.
 4. Medir la absorbancia de las disoluciones de almidón y encontrar la concentración de glucosa en el almidón utilizando la curva de calibración.
 5. Determinar el porcentaje de pureza del almidón, relacionando la cantidad de glucosa (μmol) determinada para la disolución de almidón de 9 mg con el total de glucosa que debería estar presente suponiendo una pureza del 100%. Debe hacerse una corrección por un factor gravimétrico igual a 1.11. Este factor se obtiene de relacionar la masa molecular de la glucosa (180) y la masa molecular de la glucosa en el almidón (162), la formación de una unión glicosídica de α -1,4 o α -1,6, entre dos unidades de α -D-glucopiranosas, provoca la pérdida de una molécula de agua, por lo cual la masa molecular de la glucosa disminuye en 18 u.m.a en este polisacárido.
 6. Calcular la cantidad de glucosa ($\mu\text{mol}/\text{mg}$) por unidad de masa de almidón, a partir de la concentración ($\mu\text{mol}/\text{mL}$), del volumen (mL) de la alícuota de disolución de almidón y de la masa (mg) de almidón utilizada.

Tabla 34: Datos de absorbancia para la curva 1

| Absorbancia (nm) | Concentración (g/ml) |
|------------------|----------------------|
| - | 5 |
| 0.312 | 6 |
| 0.369 | 7 |
| 0.436 | 8 |
| 0.485 | 9 |
| 0.552 | 10 |

Nota: Curva patrón utilizada para la determinación de pureza del almidón obtenido utilizando el molino. El punto 1 de la curva estándar no se tomó en cuenta porque presento una absorbancia desviada.

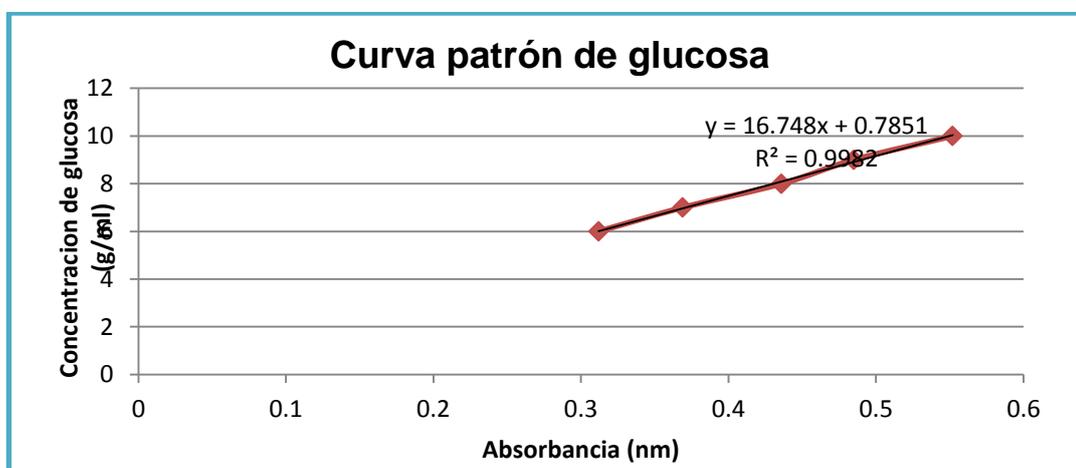


Figura 13: Curva de patrón de almidones extraídos con molino

Tabla 35: Datos de absorbancia para la curva 2

| Absorbancia | Concentración |
|-------------|---------------|
| 0.243 | 5 |
| 0.256 | 6 |
| 0.362 | 7 |
| 0.412 | 8 |
| - | 9 |
| 0.595 | 10 |

Nota: Curva patrón utilizada para la determinación de pureza del almidón obtenido con el procesador. El punto 9 de la curva estándar no se tomó en cuenta porque presento una absorbancia desviada.

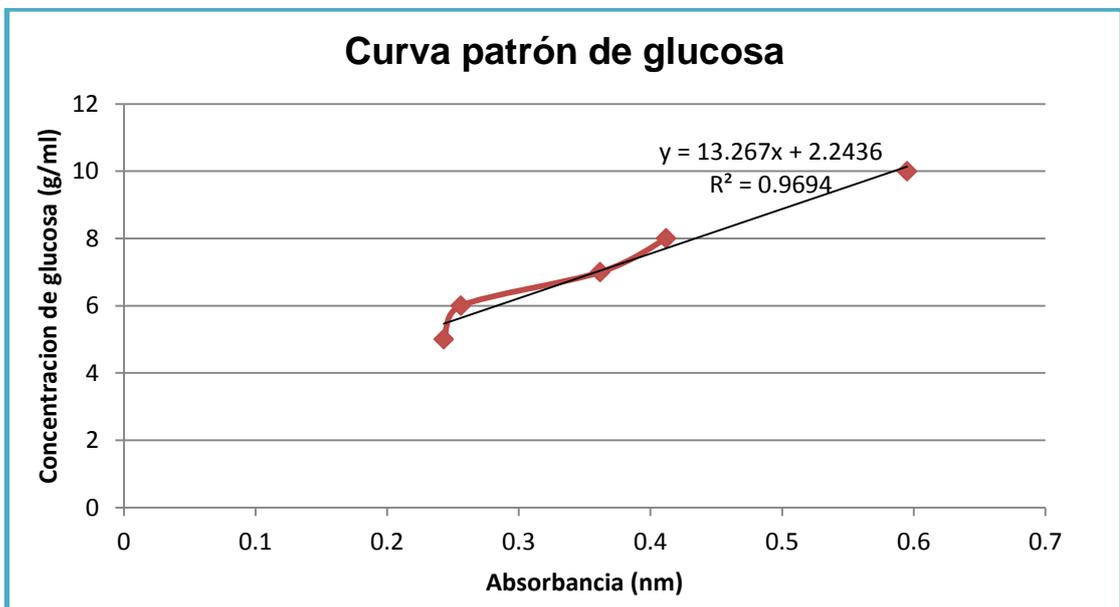


Figura 14: Curva patrón de almidones extraídos con procesador

Tabla 36: Cálculos de pureza de almidón extraídos con molino

| Muestras de almidones | Absorbancia de las muestras | Cálculo de Ecuación de ajuste | Cálculo corregido | % Pureza de almidón |
|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------|---------------------|
| Karú | 0.328 | 6.28 | 6.96 | 77.43 |
| Granola | - | - | - | - |
| Arnuva | - | - | - | - |
| Sante | 0.316 | 6.08 | 6.74 | 74.96 |
| Provento | 0.451 | 8.34 | 7.58 | 84.25 |
| Ona | 0.366 | 6.91 | 7.67 | 85.28 |
| Desiree | 0.333 | 6.36 | 7.06 | 78.47 |

Tabla 37: Cálculos de pureza de almidón extraídos con procesador

| Muestras de almidones | Absorbancia de las muestras | Cálculo de Ecuación de ajuste | Cálculo corregido | % Pureza de almidón |
|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------|---------------------|
| Karú | 0.343 | 6.80 | 7.54 | 83.83 |
| Granola | 0.329 | 6.61 | 7.34 | 81.54 |
| Arnuva | 0.36 | 7.02 | 7.80 | 86.62 |
| Sante | 0.316 | 6.44 | 7.15 | 79.41 |
| Provento | - | - | - | - |
| Ona | - | - | - | - |
| Desiree | 0.333 | 6.66 | 7.40 | 82.20 |