

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y METALURGIA**

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA EN  
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“EXTRACCION Y CARACTERIZACION DEL ALMIDON  
DE ACHIRA (*Canna edulis.*)”.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**PRESENTADO POR:**

**ZOYA LEISHIN QUICANA AVILES**

**AYACUCHO - PERÚ**

**2014**

**ACTA DE CONFORMIDAD:**

Los que suscribimos miembros del Jurado designado para el Acto Público de Sustentación de Informe Profesional cuyo Título es EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ALIMIDÓN DE ACHIRA (*canna edulis*), presentado por la Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias ZOYA LEISHIN QUICANA AVILÉS el cual fue expuesto el día VIERNES 19 DE JULIO DEL 2013, en merito a la Resolución Decanal N° 058 – 2013 – FIQM – D, damos nuestra conformidad al informe Profesional mencionado y declaramos al recurrente apto para que pueda iniciar las gestiones administrativas con docentes al expedición y entrega del Título Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

**MIEMBROS DEL JURADO:**

Ing. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI

Ing. Jesús Javier PANIAGUA SEGOVIA

Ing. Wuelde César DÍAZ MALDONADO

**DNI**

06161943

28295100

28227229

**FIRMA**



Ayacucho, 11 de Diciembre del 2013.

A mis padres Germán Quicaña Aronés y Zoya Lulia Avilés Bonilla a quienes les debo lo que soy, por su apoyo y amor incondicional, por sus valiosos consejos y por formarme en una familia maravillosa, colmada de valores y de buenos principios.

## **AGRADECIMIENTOS**

- A mi asesor el Ing. Fernando Pérez Sáez, por guiarme en el camino de la investigación y por ser un extraordinario catedrático.
- Al Instituto Nacional de Innovación Agraria, INIA, por facilitarme las muestras en estudio.
- A mi esposo, amigo y confidente Guillermo Robles Kajatt, por mostrarme su apoyo y amor incondicional.
- A los profesores de la facultad de Ingeniería Química y Metalurgia y escuela de formación profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias.
- A mis amigos y compañeros de estudio por su desinteresada amistad.

## INDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS.

INDICE DE FIGURAS.

RESUMEN

I: INTRODUCCIÓN.

OBJETIVO GENERAL.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	1
2.1.- Achira.	1
2.1.1.- Clasificación Botánica	1
2.1.2.- Características Botánicas	2
2.1.3.-Usos.	2
2.1.4. – Importancia de la Achira	3

2.1.5.- Importancia Ambiental	4
2.1.6.- Importancia Económica	6
2.2.- Almidón	6
2.2.1.- Definición	6
2.2.2.- Estructura Química	7
2.2.3.- Relación amilosa – amilopectina	10
2.2.4.- Contenido en proteínas y fibras	11
2.2.5.- Forma de los gránulos de almidón	12
2.2.6.- Gelificación	13
2.2.7.- Tipo de tratamiento técnico y térmico que se la da a los alimentos	14
2.2.8.- Retrogradación	15
2.2.9.- La retrogradación – El proceso inverso a la gelatinización	17
2.2.10.- Poder de hinchamiento y solubilidad	19
2.2.11.- Usos y Propiedades del Almidón de Achira	20
2.3.- Almidón de Achira	21
2.3.1.- Calidad del almidón de Achira	21
2.3.2.- Factores de calidad del Almidón de Achira	23
2.4.- Propiedades del Almidón de Achira	24

2.5.- Usos	27
2.6.- Descripción del proceso de la producción del almidón de Achira	31
2.7.- Rendimiento	36
2.8.- Manejo del agua y los subproductos del proceso	36
2.9.- Calidad del agua	37
2.10.- Sub – productos del proceso	37
III.: MATERIALES Y MÉTODOS.	39
3.1.- Lugar de Ejecución	39
3.2.- Materiales, Equipos, Reactivos e Insumos utilizados.	39
3.2.1- Materia prima	39
3.2.2.-Materiales	39
3.2.3.- Equipos	40
3.2.4.- Reactivos	41
3.3.- Metodología	42
3.3.1.- Extracción del almidón	42
1. Recepción	42
2. Pesado de los rizomas limpios	42
3. Rallado de los rizomas.	42

4. Colado o tamizado	42
5. Decante o desmanche.	42
6. Lavado del almidón	43
7. Secado	43
3.3.2.- Análisis químico, físico y físico – químico	44
3.3.3.- Determinación de las propiedades del almidón de achira	44
3.3.3.1. Relación Amilosa y amilopectina	44
3.3.3.2. Evaluación microscópica	45
3.3.3.3. Retrogradación	45
3.3.3.4. Temperatura de gelatinización	45
3.3.3.5. Poder de hinchamiento	45
IV: RESULTADOS.	47
4.1.- Extracción del almidón.	47
4.2.- Análisis físico y físico – químico.	47
4.3.- Determinación de las propiedades del almidón de achira.	48
4.3.1.- Relación amilosa y amilopectina.	48
4.3.2.- Evaluación microscópica.	49
4.3.3.- Retrogradación.	50



4.3.4.- Temperatura de gelatinización.	51
4.3.5.- Evaluación del poder de hinchamiento, solubilidad y absorción de agua.	51
V: DISCUSIONES.	53
5.1.- Rendimiento del almidón.	53
5.2.- Análisis físico y físico – químico.	53
5.3.- Determinación de las propiedades del almidón de achira.	54
5.3.1.- Relación amilosa y amilopectina.	54
5.3.2.- Evaluación microscópica.	55
5.3.3.- Retrogradación.	55
5.3.4.- Temperatura de gelatinización.	56
5.3.5.- Evaluación del poder de hinchamiento, solubilidad y absorción de agua.	56
CONCLUSIONES.	58
RECOMENDACIONES.	59
BIBLIOGRAFÍA	60
ANEXOS	65

## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 01. Porcentaje de Amilosa y Amilopectina de almidones de diferente origen	9
Tabla N° 2: Propiedades de dos variedades de almidón.	14
Tabla N 3: Características físicas y químicas de distintos almidones	19
Tabla N°4: Características físicas y composición del almidón de Achira.	22
Tabla N°5: Parámetros indicadores de la pureza y calidad del almidón de Achira	22
Tabla N°6. Velocidad de sedimentación de mezclas de diferentes almidones	24
Tabla N° 7: Rendimiento del proceso de extracción	47
Tabla N° 8: Características del almidón de achira	47
Tabla N° 9: Absorbancia y concentración en % de amilosa	49
Tabla N°10: % de sinéresis de los almidones de achira	51
Tabla N° 11: Temperatura de gelatinización	51
Tabla N° 12: Poder de hinchamiento, solubilidad y absorción de agua.	52

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Protección del suelo por la cobertura de la achira	5
Figura 2. Residuos de cosecha incorporados al suelo	5
Figura 3. Estructura de la Amilosa	7
Figura 4. Estructura de la amilo pectina	8

Figura 5: Granos de almidón en células de patata visto con escáner de barrido. 12

Figura 6: Recta de calibración para la determinación de amilosa en el almidón 48

de Achira.

## INDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1: Diagrama de flujo de la obtención de almidón de achira 32

Diagrama 2: Obtención de almidón de achira 43

## **RESUMEN**

El desarrollo de este trabajo se realizó en el laboratorio de Análisis de Alimentos de La Universidad Nacional de “San Cristóbal de Huamanga”, desde mayo del 2012 a diciembre 2013, con los objetivos de efectuar la caracterización físico química de los gránulos del almidón, obtenidos a partir de dos ecotipos de achira (blanca y morada), establecer el tamaño y forma de gránulos, evaluar la composición en cuanto al contenido de amilosa y amilopectina, establecer las principales propiedades funcionales del almidón y proponer los usos principales del almidón obtenido en la industria alimentaria.

Se presenta una revisión bibliográfica sobre los aspectos más importantes de la achira, el almidón, sus propiedades fisicoquímicas y reológicas, particularizando lo referente al almidón de achira.

La metodología experimental comprendió el Análisis químico, físico y físico – químico, Humedad, Proteína, Lípidos, Fibra, Acidez, pH, Determinación de las propiedades del almidón de achira, Relación Amilosa y amilopectina, Evaluación microscópica, Retrogradación, Temperatura de gelatinización y Poder de hinchamiento.

De acuerdo a los resultados obtenidos el almidón de achira blanca y morada no difieren mucho en sus características físico químicas, hay un rendimiento algo mayor de la achira morada respecto a la achira blanca, las propiedades reológicas son similares a las características que señalan Arias R. S. L. & García Bernal, H.R. 1.998, Montaldo, 1.967 y Morales, R. R. 1969, destacando la relación amilosa amilopectina que fue de 28,9/71,1 para la achira morada y 26,6/73,4 para la achira blanca, la temperatura de gelatinización 59°C y 60°C para la achira morada y blanca respectivamente, tasa de sinéresis elevada por consiguiente alta retrogradación.

Sin embargo, el almidón de achira puede soportar altas temperaturas de tratamiento térmico por su alta cristalinidad lo que lo haría apto para soportar condiciones mayores de procesamiento.

Se presentan las conclusiones y las recomendaciones.

## I. INTRODUCCION

Las raíces andinas han cobrado una importancia relevante en los últimos años, debido a que su uso en la alimentación humana va ganando espacio con el pasar del tiempo, y la Achira no podía ser la excepción. Históricamente está comprobado que se trata de una especie cuyo origen se encuentra en los países del ande de Sudamérica (Ecuador, Colombia y Perú). Esta planta se cultiva principalmente como especie ornamental por sus grandes flores y por la utilidad de sus hojas como envoltura de tamales. Sin embargo, se está perdiendo su utilidad para la alimentación humana y la agroindustria, ya que sus rizomas han sido utilizados desde tiempos inmemoriales como alimento, por su contenido de almidón y azúcares, y se les consumía cocidas o asadas a fuego directo. En los andes se reconocen dos formas hortícolas, verdes y moradas. Hay muchas variaciones en la coloración del follaje, tamaño de tallo y rizoma, floración. Por no utilizarse insecticidas para el manejo de plagas en el cultivo, se considera un producto orgánico.

Es necesario conocer que la achira produce los gránulos de almidón mas grandes (30-100 micras de diámetro) de todas las especies vegetales conocidas (Maíz, trigo, yuca y papa entre 10-30 micras de diámetro) Por esta razón los rizomas son digeridos fácilmente por el organismo y poseen un alto contenido de proteína; además de esto, son resistentes a tratamientos térmicos. El almidón de achira tiene mejores propiedades fisicoquímicas y resiste mas a los procesos estresantes (propios de los procesos industriales) que los almidones provenientes de fuentes cereales tales como el maíz y el trigo. Todo esto hace que el almidón de achira pueda ser utilizado como alimento para personas con problemas digestivos, como recubrimiento de medicamentos, como recubrimiento de frutas y

hortalizas en tratamiento post cosecha y otros procesos industriales no alimentarios como textilería.

Por estas razones, la presente investigación se ha propuesto los siguientes objetivos:

**OBJETIVO GENERAL:**

- Efectuar la extracción y caracterización físico química de los gránulos del almidón, obtenidos a partir de dos ecotipos de achira (blanca y morada)

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Extraer y determinar la composición del almidón obtenido a partir de dos ecotipos de achira
- Efectuar la caracterización físico química de los almidones obtenidos
- Evaluar las principales propiedades funcionales del almidón.

## II. REVISION BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. LA ACHIRA

#### 2.1.1. Clasificación botánica

Según: García Bernal, H. la achira se clasifica en:

- Reino : Vegetal.
- Subreino : Fanerógamas.
- División : Angiospermae.
- Clase : Monocotiledónea.
- Orden : Scitamidales.
- Familia : Cannaceae.
- Género : Canna.
- Especie : Canna edulis, Ker.



### 2.1.2. Características botánicas

La achira es una planta perenne de múltiples rizomas, grandes y subterráneos, tuberiformes, pseudotallo carnoso de 2 a 3 metros, inflorescencia terminal simple o ramificado en forma de racimo laxo, es hermafrodita, de hojas largas y completas con una vena central gruesa, provistas de una vaina envolvente. Los rizomas de color blanco pálido cubiertos por escamas. La achira *Canna edulis* Ker, tiene 2N - 18 cromosomas. (Caicedo Díaz, Rozo Wilches, Bonilla, 2000).

Se considera que la planta utilizada para la extracción de almidón en el ámbito nacional e internacional es la especie *Canna edulis* Ker. Las especies *Canna indica*, *Canna glauca* y *Canna liliflora* agrupan los principales genotipos ornamentales, y la achirilla que se encuentra como arvense o maleza, se identifica como *Canna coccinea*, la cual produce abundantes semillas que por su dureza y consistencia los indígenas las utilizaban como munición en las cerbatanas, razón del nombre “Munición de Indio” en algunas regiones. (Yacovieff, y Herrera , 1934).

### 2.1.3.- Usos

Se cultiva principalmente por sus cormos o rizomas, que son de importancia para la alimentación humana y la agroindustria. El almidón es de fácil digestión y la harina se usa para fabricar panes, bizcochos, galletas, tortas tallarines y fideos. Los cormos de la achira se comen también asados o cocidos. En decocción las raíces se usan como diurético y las hojas como cicatrizante; el jugo de estas como antiséptico. Las hojas recién cortadas se usaban, y probablemente todavía se usan sobre las quemaduras para refrescar y disipar el calor de la piel quemada. Las semillas se utilizan para confeccionar collares y sonajeros o

maracas. Tallos y hojas sirven de forraje para el ganado. Las hojas también se utilizan como un tipo de empaque natural para envolver comidas típicas como los tamales.

Sus raíces constituyen unos de los alimentos nativos más agradables y alimenticios, son ligeramente dulces y se prestan para consumir cocidas, asadas, en puré o buñuelos, por lo que son muy apreciadas además de su reconocido valor alimentario.

Se consumen hervidas o como ingrediente en sopas y guisos, también en puré, asadas y fritas en rodajas.

El follaje se utiliza en la preparación de ensaladas crudas o cocidas al estilo del apio, de ahí proviene el nombre de apio criollo en Venezuela.

Después de un período de 2-3 meses de almacenamiento aumenta el contenido de azúcares en las raíces, por la transformación parcial de los almidones.

La cepa o corona de las raíces, con cerca de 9 por ciento de proteína, es utilizada en la alimentación animal. Del follaje desecado se pueden elaborar harinas, igualmente para la alimentación animal.

En Brasil, se industrializa como saborizante y como ingrediente de sopas instantáneas. Su sabor supera a la papa por lo que es muy apreciado. (Montaldo, A. 1972).

#### **2.1.4. Importancia de la achira**

En la actualidad es una especie de importancia estratégica en las áreas de economía campesina, considerando como ventajas comparativas, la generación de empleo rural, el mejoramiento de la dieta alimenticia de la población en general, la oportunidad de generar

valor agregado significativo, el desarrollo sostenible de la agroindustria panificadora y la posible generación de divisas por exportación futura de productos y subproductos.

#### **2.1.5.- Importancia ambiental**

La achira es una planta, que aporta múltiples beneficios para el ambiente y el hombre, proporciona al suelo un promedio de 21 toneladas por hectárea de biomasa al momento de la cosecha, conformada por las hojas, tallos y otras partes vegetales, que contribuye a enriquecer y mejorar la fertilidad, estructura y textura del suelo.

Contribuye a la protección del suelo de la erosión y a la generación de oxígeno y captura del CO<sub>2</sub>. Su alto nivel de ecoeficiencia, permite el desarrollo rápido de sus tallos y follaje que a su vez regula la tasa de evaporación del agua del suelo.

El cultivo favorece la conservación de la biodiversidad, por la multiplicación de ecotipos y especies de uso ornamental, industrial o en su estado silvestre; esta labor heredada de los indígenas, por su amor a la madre naturaleza, es continuada principalmente por la mujer campesina. (Cárdenas, M. 1950.)

El escaso o nulo uso de químicos en el cultivo, mantiene la posibilidad de producir una materia prima para la industria alimenticia sin contaminantes, contribuyendo a la salud humana. En las Figuras 1 y 2 se muestran ejemplos de la utilidad de esta especie como cultivo de protección y su capacidad de uso como mejorador de suelos.

**Figura N° 01.** *Protección del suelo por la cobertura de la achira*



**Figura N° 02.** *Residuos de cosecha incorporados al suelo*



### 2.1.6. Importancia económica

Las características físico-químicas de la harina de achira permiten avizorar también, el crecimiento de la demanda a futuro por su posible aprovechamiento en gran escala en la industria alimenticia, farmacéutica, bebidas, encolantes y otras.

## 2.2 ALMIDON

### 2.2.1.- Definición:

El almidón se conoce hace miles de años, siendo llamado por los romanos *amylum*, palabra derivada del griego *amylón*, que significa “harina que no requiere molienda”. Químicamente, el almidón es un hidrato de carbono que desde el punto de vista de sus múltiples usos en la industria, es después del azúcar, el carbohidrato más importante cuyas fuentes son los cereales y los tubérculos. (García Bernal, Arias , Camacho, 1998).

El **almidón** es un polisacárido de reserva alimenticia predominante en las plantas, constituido por amilosa y amilopectina. Proporciona el 70-80% de las calorías consumidas por los humanos de todo el mundo. Tanto el almidón como los productos de la hidrólisis del almidón constituyen la mayor parte de los carbohidratos digeribles de la dieta habitual. Del mismo modo, la cantidad de almidón utilizado en la preparación de productos alimenticios, sin contar el que se encuentra presente en las harinas usadas para hacer pan y otros productos de panadería. Los almidones comerciales se obtienen de las semillas de cereales, particularmente de maíz (*Zea mays*), trigo (*Triticum* spp.), varios tipos de arroz (*Oryza sativa*), y de algunas raíces y tubérculos, particularmente de patata (*Solanum tuberosum*), camote (*Ipomoea batatas*) y yuca (*Manihot esculenta*) (Caicedo Díaz, G.; Rozo

Wilches, Bonilla, 1 999). El rendimiento en almidón es variable entre las especies y aun dentro de las especies. Un factor importante es el contenido de materia seca de las materias primas, tal como demuestra Melian Subiabre, (2010) en su estudio sobre el contenido de almidón de diez variedades de papa, encontrando un rango de contenidos de 17 a 29%.

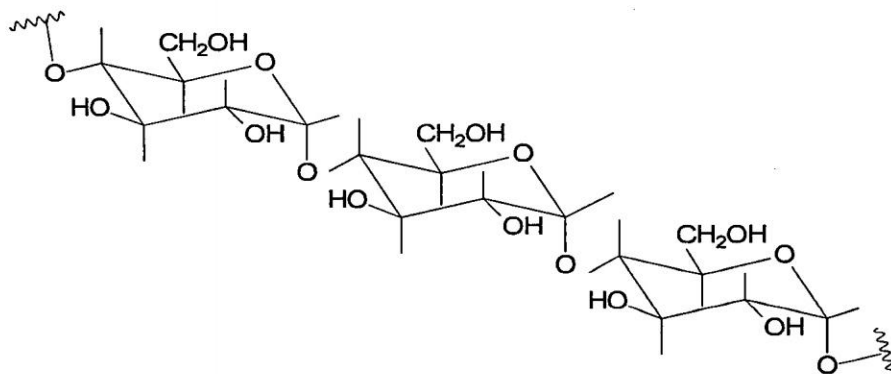
En su trabajo sobre Alternativas de uso sostenible y conservación de raíces y tubérculos andinos, Barrera, et al. (2004) establecen que el rendimiento de almidón en raíces y tubérculos es muy variable. La Mashua tiene el menor contenido, que es de 4,61%, la oca de 14%, el olluco de 7,17% y la papa de 16,13%, todas en base húmeda.

### 2.2.2. Estructura química:

Químicamente el almidón es una mezcla de dos polisacáridos muy similares: las amilosas y amilopectinas.

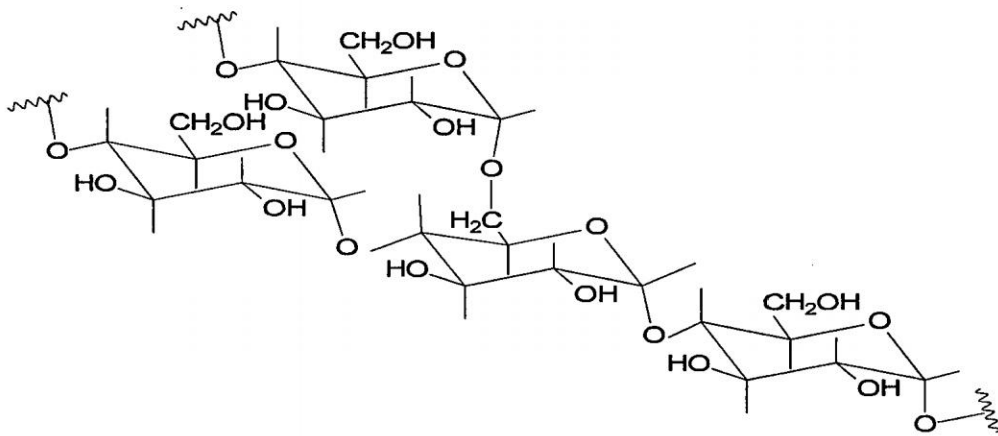
Las **amilosas** son cadenas lineales de glucosas unidas por enlaces  $\alpha$  1-4, abarcando entre 200 a 1 000 unidades de glucosa, tal como se muestra en la Figura 3.

**Figura N° 03.** Estructura de la Amilosa



Las **amilopectinas** son moléculas más complejas pues constan de cadenas lineales de 40 unidades de glucosa en promedio, unidas por enlaces  $\alpha$  1-4, las cuales se ramifican uniéndose a otra cadena similar por enlace  $\alpha$  1-6. La figuras 4 muestra las estructuras de amilo pectina

**Figura N° 04.** Estructura de la amilo pectina



Las moléculas de amilosa y amilopectina, atraídas por puentes de hidrógeno y otras fuerzas electrostáticas forman gránulos en que se pueden observar dos regiones: las zonas no ramificadas de la amilopectina y las amilosas que se atraen formando puentes de hidrógeno entre ellas, forman regiones cristalinas, en tanto que las zonas no ramificadas de la amilopectina conforman regiones amorfas. Estas regiones cristalinas y no cristalinas se ordenan en capas alternadas. Sin embargo, la cristalinidad es producida principalmente por el ordenamiento de las cadenas de amilopectina, por lo que, los gránulos de almidón céreo

(almidón con muy escasa o ninguna amilosa) tienen parecido grado de cristalinidad que los almidones normales, que poseen entre 14 a 27 % de amilosa en el gránulo. (Badui, 1994, Fennema, 2000).

La Tabla N° 1 muestra la composición de almidones de diferente origen en cuanto a su contenido de amilosa y amilopectina.

**Tabla N° 1:** Porcentaje de Amilosa y Amilopectina de almidones de diferente origen

Fuente	% Amilosa	% Amilopectina
Trigo	26	74
Cebada	22	78
Maíz	28	72
Amilomaiz	51 – 65	49 – 35
Maíz céreo	1	99
Avena	27	73
Arroz	18	82
Arroz céreo	1	99
Mijo	25	75
Mijo céreo	1	99
Patata	23	77
Alubia	24	76
Guisante	35	65

Fuente: McGrance, 1998



### **2.2.3.- La relación amilosa-amilopectina**

Cuando se somete a un calentamiento en exceso de agua, la estructura del almidón se modifica. Cuando se hidratan los granos de almidón se hinchan progresivamente y una fracción de amilopectina se desprende en el agua pero si posteriormente el calentamiento se prolonga, una fracción de amilosa también se libera en el agua.

El resultado es una mayor o menor viscosidad en la suspensión. Es el fenómeno de gelatinización del almidón.

Sin embargo, cuanto menor es la proporción de amilosa, mayor es la gelatinización y viceversa.

Se ha podido demostrar que cuanto más se gelatiniza un almidón (por su bajo contenido en amilosa), más fácilmente lo absorben las alfa-amilasas (enzimas digestivas del almidón) y más propensión tiene a transformarse en glucosa, por lo tanto la glucemia tiene evidentemente más tendencia a aumentar.

Dicho de otro modo, cuanta menos amilasa hay en un almidón, más elevado es su índice glucémico. Por el contrario, si la proporción de amilasa es elevada, habrá menos gelatinización y, por lo tanto, el almidón no se transformará tanto en glucosa y su índice glucémico será más bajo.

Esto explica muy bien por qué la patata, cuya tasa de amilosa es muy baja, tiene un índice glucémico elevado. En cambio la lenteja tiene un índice glucémico muy bajo y contiene mucha amilosa.

El ejemplo del maíz también es muy significativo.

El maíz "Waxy" (conocido como maíz ceroso) prácticamente no contiene amilosa, la industria agroalimentaria lo emplea precisamente porque su almidón es muy viscoso. Se suele utilizar para espesar las gelatinas de frutas, para texturizar los alimentos en conserva o congelados. En las etiquetas de los alimentos aparece como almidón de maíz. Su índice glucémico es muy alto (cerca de 100) con lo que contribuye a aumentar la glucemia en todos los preparados culinarios industriales en los que está presente.

#### **2.2.4.- El contenido en proteínas y en fibras**

En algunos glúcidos el contenido natural de proteínas puede ser causante de una menor hidrolización (digestión) de los almidones y, por consiguiente, de una disminución del índice glucémico.

Es el caso concretamente de la familia de los cereales.

El fenómeno es especialmente evidente en el caso de las pastas alimenticias. La presencia de gluten ralentiza la acción de las amilasas digestivas, lo cual limita aún más la absorción de glucosa.

También hay que tener en cuenta que el contenido en fibras alimenticias que hay en un almidón puede suponer una barrera para la acción de las amilasas y, por consiguiente, disminuir aún más la absorción de la glucosa. No obstante, parece ser que principalmente las fibras solubles (que se suelen encontrar en las leguminosas pero también en la avena) pueden cumplir una función directa o indirecta en la disminución de la absorción intestinal de la glucosa y, por lo tanto, hacer que disminuya el índice glucémico del almidón en cuestión.

### 2.2.5.- Forma de los granos de almidón

Los tamaños y las formas de los granos de almidón de las células del endospermo, varían de una especie a otro; en el trigo, centeno, cebada, maíz, sorgo y mijo, los granos son sencillos, mientras que los de arroz son compuestos. La avena tiene granos sencillos y compuestos predominando estos últimos. La Figura 3 muestra gránulos de almidón típicos en fotografía microscópica.

**Figura N° 05:** *Granos de almidón en células de patata visto con escáner de barrido.*



Fuente: Fennema, 2000

### **2.2.6.- Gelificación:**

La gelificación consiste en las modificaciones que se producen cuando los gránulos de almidón son tratados por calor en agua. A temperatura ambiente no se observan modificaciones aparentes en los gránulos nativos de almidón pero cuando se le aplica calor (60 – 70 °C), la energía térmica permite que pase algo de agua a través de la red molecular. Si se continúa aumentando la temperatura los enlaces de hidrógenos se rompen y la entrada de agua se produce más fácilmente cuando continúa el calentamiento, provocando el hinchamiento rápido de los gránulos de almidón (formación de pasta). El rango de temperatura que tiene lugar el hinchamiento de todos los gránulos se conoce como rango de gelatinización y es característico de la variedad particular de almidón que se está investigando. La gelificación es la formación de un gel y no se produce hasta que se enfría una pasta de almidón. Es decir, la gelatinización debe preceder a la gelificación. Al enfriarse una pasta de almidón se forman enlaces intermoleculares entre las moléculas de amilosa. Se forma una red donde queda el agua atrapada, al igual que cualquier otro gel, el de almidón es un líquido con características de sólidos. Los geles formados se hacen progresivamente más fuertes durante las primeras horas de preparación, pero a medida que progresa el tiempo el gel tiende a envejecerse debido a la retrogradación del almidón, perdiendo su fortaleza y permitiendo la salida del agua del gel. (Fennema, 2000)

Existen algunos factores que afectan a la gelatinización y gelificación del almidón, entre estos tenemos:

- Relación de Amilosa/ Amilopectina

- Tipos de Almidón

- Grado de calentamiento

- Sacarosa

- Ácido

La Tabla N° 2 presenta una comparación de las propiedades reseñadas anteriormente en almidones de maíz y trigo.

**Tabla N° 2:** Propiedades de dos variedades de almidón.

<b>Tipo de almidón</b>	<b>Maíz</b>	<b>Trigo</b>
<b>Amilosa</b>	27 %	24 %
<b>Forma del gránulo</b>	Angular poligonal, esférico	Esférico o lenticular
<b>Tamaño</b>	5-25 micras	11-41 micras
<b>Temperatura de gelatinización</b>	88-90 °C	58-64 °C
<b>Características del gel</b>	Tiene una viscosidad media, es opaco y tiene una tendencia muy alta a gelificar.	Viscosidad baja, es opaco y tiene una alta tendencia a gelificar

Fuente: Arias & García Bernal, 1998.

### **2.2.7.- El tipo de tratamiento técnico y térmico que se le da a los alimentos**

La hidratación y el calor tienen como efecto el aumento del índice glucémico de un alimento. La zanahoria, por ejemplo, tiene un índice glucémico de 20 cuando está cruda.

Pero en cuanto se hierva en agua su índice asciende a 50 por efecto de la gelatinización de su almidón.

Determinados procesos industriales conllevan un aumento de la gelatinización. Es el caso de la fabricación de copos (para el puré de patatas instantáneo) o incluso de cornflakes, pero también de los aglutinantes como los almidones modificados y los almidones dextrinados.

Dichos procesos tienen como efecto ampliar considerablemente el índice glucémico (85 en el caso de los cornflakes, 95 el puré en copos y 100 los almidones modificados).

Del mismo modo, cuando el grano de maíz explota para convertirse en palomitas de maíz o el grano de arroz para hacer arroz inflado, el índice glucémico inicial aumenta entre un 15 y un 20%.

La "pastificación" disminuye el índice glucémico

Existe un proceso técnico natural que tiende a frenar la hidratación del almidón. Es el caso de la "pastificación" del trigo duro. La extrusión de la masa conlleva un efecto de calentamiento que se traduce en la formación de una capa protectora que ayudará a ralentizar la gelatinización de los almidones en el momento de la cocción.

#### **2.2.8.-Retrogradación:**

Se define como la insolubilización y la precipitación espontánea, principalmente de las moléculas de amilosa, debido a que sus cadenas lineales se orientan paralelamente y reaccionan entre sí por puentes de hidrógeno a través de sus múltiples hidroxilos; se puede

efectuar por diversas rutas que dependen de la concentración y de la temperatura del sistema. Si se calienta una solución concentrada de amilosa y se enfría rápidamente hasta alcanzar la temperatura ambiente se forma un gel rígido y reversible, pero si las soluciones son diluidas, se vuelven opacas y precipitan cuando se dejan reposar y enfriar lentamente. La retrogradación está directamente relacionada con el envejecimiento del pan, las fracciones de amilosa o las secciones lineales de amilopectina que retrogradan, forman zonas con una organización cristalina muy rígida, que requiere de una alta energía para que se rompan y el almidón gelatinice.

Las moléculas de amilosa y amilopectina están dispersas en la solución acuosa (gelatinizada) de almidón. Después del enfriamiento, las porciones lineales de varias moléculas se colocan paralelamente debido a la formación de enlaces H. Esto obliga a las moléculas de agua a apartarse y a permitir que las moléculas cristalicen juntas.

Cuando se disuelve el almidón en agua, la estructura cristalina de las moléculas de amilosa y amilopectina se pierde y éstas se hidratan, formando un gel, es decir, se gelatiniza. Si se enfría este gel, e inclusive si se deja a temperatura ambiente por suficiente tiempo, las moléculas se reordenan, colocándose las cadenas lineales de forma paralela y formando puentes de hidrógeno. Cuando ocurre este reordenamiento, el agua retenida es expulsada fuera de la red (proceso conocido como sinéresis), es decir, se separan la fase sólida (cristales de amilosa y de amilopectina) y la fase acuosa (agua líquida).

El fenómeno de sinéresis puede observarse en la vida cotidiana en las cremas de pastelería, yogures, salsas y purés. (Bello, y Paredes, 1999).

### **2.2.9.- La retrogradación: el proceso inverso a la gelatinización**

Una vez que el almidón se ha cocido y gelatinizado, al enfriarse se vuelve a modificar.

Progresivamente, el gel evoluciona hacia una nueva reorganización de las macromoléculas de amilosa y de amilopectina. Es el fenómeno de la retrogradación, es decir un retorno (en mayor o menor medida) a la estructura molecular anterior. De hecho, el fenómeno de retrogradación aumenta con el tiempo y con la disminución de la temperatura.

La conservación prolongada a baja temperatura (5°) de alimentos amiláceos (platos cocinados al vacío) favorece, por lo tanto, la retrogradación. Se consigue lo mismo dejando secar determinados alimentos. Por ejemplo, cuanto más duro está el pan más se favorece la retrogradación porque se deja que la humedad salga hacia el exterior. Pasa lo mismo cuando el pan se tuesta.

Pero aunque la retrogradación no implique una reversibilidad total de la gelatinización esto no impide que permita una disminución del índice glucémico. Por este motivo, unos espaguetis (aunque sean blancos) cocidos al dente y enfriados posteriormente para consumirlos en ensalada tendrán un índice glucémico de 35.

De esto se deduce que si fabricamos pan con una misma harina su índice glucémico variará en función de si está acabado de cocer (y todavía caliente), si está duro o si está tostado.

Por el mismo motivo, podemos pensar que el hecho de congelar un pan fresco y luego descongelarlo a temperatura ambiente supone una notable reducción de su índice glucémico inicial.



Por otra parte, es interesante saber que las lentejas verdes frías (sobre todo si han estado 24 horas en la nevera) tienen un índice glucémico aún más bajo que si están recién cocidas (entre 10 y 15). Esto sucede porque cuanto más rico en amilosa es el almidón inicial, más eficaz es el fenómeno de la retrogradación.

Sin embargo, se ha demostrado que el hecho de añadir lípidos a un almidón que ha sido gelatinizado implica que la retrogradación se ralentice.

Por otro lado, es un buen saber que un almidón retrogradado que se recalienta pierde una parte de su poder de gelatinización. Una fracción (aproximadamente el 10%) del almidón retrogradado se vuelve termorresistente, lo cual podría demostrar que el calentamiento de un glúcido después de su almacenamiento en frío contribuye a bajar su índice glucémico.

También es importante mencionar que el almidón en su estado puro (en bruto y natural) no sólo está presente en alimentos crudos. En algunos casos puede mantenerse bajo esa forma tras la cocción cuando la cantidad de agua del producto ha sido localmente insuficiente para permitir su gelatinización. Suele ser el caso de la corteza de pan y las galletas dulces; la estructura granular del almidón se mantiene a pesar de la cocción y por ello su índice glucémico disminuye con respecto a los almidones que se habrán gelatinizado (los de la miga del pan, por ejemplo).

Es por este motivo por el que la cocción al vapor, que implica poca hidratación con respecto a la cocción por inmersión, provoca menor gelatinización.

### 2.2.10. Solubilidad y Poder de hinchamiento

En presencia de agua los gránulos de almidón empiezan a hincharse y a embeber el agua, cuando se aplica energía, las moléculas de agua rompen los puentes de hidrógeno intermoleculares en la región amorfa y penetran al gránulo causando hinchamiento del mismo. Si se continúa incrementando el calor, la dispersión de almidón perderá la conformación micelar provocada por la absorción de agua y el incremento de tamaño del gránulo con un probable incremento en la cantidad de sólidos solubles.

La solubilidad y el poder de hinchamiento presentan evidencia de uniones no covalentes entre las moléculas de amilosa y amilopectina que integran el almidón, estos parámetros están influenciados por factores tales como la relación amilosa/amilopectina, la longitud y distribución del peso molecular de las cadenas, el grado y longitud de la ramificación así como la conformación (Hoover, 2001, Moorthy, 2,002).

Tanto el poder de hinchamiento como la solubilidad proveen información acerca de la magnitud de la interacción entre las regiones amorfas y cristalinas de las estructuras del gránulo.

**Tabla N 3:** *Características físicas y químicas de distintos almidones*

Fuente botánica	Tamaño	Amilosa (%)	Poder de hinchamiento	Solubilidad 95°C (%)	Gelatinización	Forma
Cebada	2-35	22	.....	.....	56-62	Redondo
Maíz regular	5-25	26	24	5	62-80	Redondo
Maíz céreo	5-15	~1	64	23	63-74	Redondo
Amilomaiz	2-30	80	6	12	85-87	Redondo

Papa	5-100	22	100	82	56-69	Almeja
Arroz	3-8	17	19	18	61-80	Poligonal
Sagú	20-60	27	97	.....	60-74	Huevo
Sorgo	5-25	28	22	22	68-78	Redondo
Tapioca	5-35	17	48	48	52-64	Redondo
Trigo	2-35	25	41	41	53-72	Redondo
Camote	5-35	22	85	85	58-70	Almeja

Fuente: Pomeranz, 1991.

En el anexo N° 8 se especifica las propiedades funcionales de diferentes almidones.

### 2.2.11. Usos y propiedades

Los almidones tienen un número enorme de posibles aplicaciones en los alimentos, que incluyen las siguientes: adhesivo, ligante, enturbiantes, formador de películas, estabilizante de espumas, agente anti-envejecimiento de pan, gelificante, glaseante, humectante, estabilizante, texturizante y espesante.

El almidón se diferencia de todos los demás carbohidratos en que, en la naturaleza se presenta como complejas partículas discretas (gránulos). Los gránulos de almidón son relativamente densos, insolubles y se hidratan muy mal en agua fría. Pueden ser dispersados en agua, dando lugar a la formación de suspensiones de baja viscosidad que pueden ser fácilmente mezcladas y bombeadas, incluso a concentraciones mayores del 35% (Bello, y Paredes, 1,999).

### **2.3.- ALMIDON DE ACHIRA**

Morales, R. R.1969. Desarrolló una investigación sobre la calidad del almidón de achira, sin especificar los ecotipos investigados, señalando que la achira es una de las plantas que tienen mayor rendimiento de almidón por unidad de superficie, el rendimiento varía con la edad de los rizomas.

El almidón de achira es de forma ovoide, de gran tamaño, de apariencia transparente y sin coloración propia. Dentro de la diversidad de almidones, el de achira se identifica con mayor facilidad por su considerable rapidez de sedimentación, proporcionada principalmente, por el mayor diámetro de partícula. (Caicedo Díaz, Rozo Wilches, Bonilla, 1999).

#### **2.3.1.- Calidad del almidón de achira**

Está determinada por sus características generales, tamaño del grano, grosor y ausencia de manchas e impurezas, puede detectarse inspeccionándolo. No obstante, el mejor modo de medir el valor comercial del almidón es el estudio de las propiedades más específicas, como contenido de humedad, acidez, contenido de proteínas, capacidad de absorción de agua, grado de granulación y color.

En las tablas 4 y 5 se muestran las características del almidón de achira.

**Tabla N°4:** *Características físicas y composición del almidón de Achira.*

Color	Blanco grisáceo
Olor y sabor	Neutro
Textura	Polvosa
Humedad	13,6 – 23,4
Proteína	0,18 – 0,71
Grasa	0,048 – 0,09
Cenizas	0,17 – 0,4
Fibra	0,0023 – 0,0053

Fuente: Arias & García Bernal, 1.998.

**Tabla N°5:** *Parámetros indicadores de la pureza y calidad del almidón de Achira*

Tiempo de sedimentación	6,2 – 16,5 minutos
Tamaño de partícula por granulometría	38 $\mu\text{m}$ – 75 $\mu\text{m}$
Tamaño de partícula por microscopia	33,9 $\mu\text{m}$ – 97,6 $\mu\text{m}$
Densidad	0,63 – 0,71 $\text{g/cm}^3$
Ph	5,5 – 6,2

Fuente: Arias & García Bernal. 1.998

Las impurezas que contiene el almidón de achira se clasifican en:

- Impurezas de origen físico: Conformadas por tierra y arena provenientes del cultivo del rizoma. Por conteo al microscopio éstas no deben sobrepasar el 10 % del total del almidón.
- Impurezas de origen químico: Pigmentación presente en el tejido vegetal.

La calidad del almidón puede determinarse por:

- El contenido de impurezas: Piedritas, tierra, arena, presentes por un deficiente lavado del rizoma o por la mala calidad del agua utilizada.

- Color: Debe ser blanco, un color diferente implica deficiencias en el lavado o mala calidad del agua.
- Contenido de humedad: Almidón debe comercializarse con humedad inferior al 15%, de igual forma que la mayor parte de harinas.
- Mezcla con otros almidones: El almidón de achira se sedimenta instantáneamente, mientras que otros tipos de almidón permanecen en solución por más tiempo. La mezcla de almidón de achira con otros almidones se detecta mediante pruebas de sedimentación.
- El análisis de tiempo y velocidad de sedimentación: Es el método de mayor especificidad entre el almidón de achira y demás almidones, por tanto, puede utilizarse con gran seguridad como prueba de control para identificar posibles mezclas y evitar adulteraciones, factor que además se favorece por su bajo costo y fácil manejo. (García Bernal; Arias; Camacho, 1998, Montaldo, 1.967 Y Morales, 1969.)

### **2.3.2. Factores de calidad del almidón de achira**

Con el fin de reducir al máximo la concentración de materias contaminantes en el almidón de achira, durante su extracción es necesario hacer énfasis en el tamizado y posterior purificación de la lechada, de lo contrario, su calidad se verá limitada por la presencia de impurezas de pequeño tamaño que no logran removerse durante estas operaciones. A simple vista el almidón obtenido en el proceso tradicional presenta una pigmentación parda con trazas de tejido vegetal, tierra y arena, que además de dañar la calidad aparente y el precio del almidón, deterioran la calidad de los productos obtenidos con esta materia prima. (García Bernal; Arias; Camacho. 1998)

En la Tabla N° 4 se muestra la velocidad de sedimentación de diferentes almidones colocados en medio acuoso y en diferentes relaciones de concentración de la mezcla con almidón de achira. Como se observa, la adulteración con cualquier otro tipo de almidón, modifica sensiblemente la velocidad de sedimentación haciendo mucho más lenta la precipitación de la mezcla. Este método es rápido en su determinación, barato y aplica en el momento de compra del almidón, permitiendo identificar las adulteraciones y contribuyendo a mejorar la calidad del almidón. (García Bernal; Arias; Camacho. 1998, Yacovieff. y Herrera . 1934).

**Tabla N°6: Velocidad de sedimentación de mezclas de diferentes almidones**

Concentración %	Velocidad de Sedimentación, cm/min		
	Achira – Papa	Achira – Yuca	Achira – Maíz
100 – 0	0,43	0,43	0,43
95 – 5	0,29	0,14	0,06
85 – 15	0,07	0,08	0,04
75 – 25	0,04	0,07	0,04
0 – 100	0,05	0,05	0,03

Fuente: Arias & García Bernal, 1.998.

#### **2.4. PROPIEDADES DEL ALMIDON DE ACHIRA**

La achira produce los gránulos de almidón más grandes (30-100 micras de diámetro) de todas las especies vegetales conocidas (Maíz, trigo, yuca y papa entre 10-30 micras de

(diámetro). El tamaño promedio de los gránulos de almidón de achira es de 64,4 micrones. (Morales, 1969)

El almidón de achira tiene mejores propiedades fisicoquímicas y resiste más a los procesos estresantes (propios de los procesos industriales) que los almidones provenientes de fuentes cereales tales como el de maíz y el de trigo. Por no utilizarse insecticidas para el manejo de plagas en el cultivo, se considera un producto orgánico. El ciclo de vida de este producto es de aproximadamente un año, en buenas condiciones de almacenamiento.

El porcentaje de amilosa está íntimamente relacionado con la resistencia a la esterilización debido a la naturaleza cristalina de la amilosa donde solo hay hinchazón a altas temperaturas. Por esta razón, el almidón de achira y el de maíz al tener alto porcentaje de amilosa resisten a la esterilización. La pérdida de viscosidad en porcentaje nos indica el comportamiento de la pasta del almidón a temperaturas elevadas; si el valor es negativo, nos indica una pérdida de este porcentaje en la viscosidad inicial de la pasta del almidón. Por esta razón si el valor negativo es alto nos indica que la pasta no resiste altas temperaturas. La composición del almidón y particularmente la proporción de amilosa/amilopectina determinan las propiedades funcionales del almidón. Por ejemplo la amilosa favorece la gelificación de sus pastas durante el enfriamiento. (Morales, 1969)

El almidón de achira tiene alto contenido de amilasa, la cual es una proteína importante. Muestra una viscosidad muy alta en las temperaturas que se someten en la elaboración de pastas, lo cual permite manipular con mayor facilidad los geles calientes en comparación con otros almidones. Es una excelente fuente de nutrientes para niños, ancianos y personas



que sufren problemas digestivos. La panificación demanda el 80% de la producción, los usos domésticos el 15%, las industrias el 1% y el resto en otros usos. En Colombia, por ejemplo, existen 800 hectáreas sembradas de achira con un rendimiento promedio de 1.000 kilogramos de harina por hectárea, el cual es procesado en cientos de panaderías artesanales para producir el famoso "Bizcocho de Achira", que es un símbolo regional en ciertas regiones de Sudamérica. También se producen galletas, panecillos y dulces en empaques higiénicos y excelente preparación y presentación. A diferencia de los países andinos, donde el cultivo ha ido disminuyendo, en Vietnam se han incrementado las siembras en pocos años, hasta la cantidad de 30.000 hectáreas y se está usando la harina para elaborar fideos transparentes ("fideos de gluten"), alimento popular en todo el sudeste asiático, a un menor costo y produciendo pasta de extraordinaria calidad. (Chaparro, & Cortes, 1978).

El almidón de Achira contiene niveles altos de amilosa y fósforo, 34,82 % y 0,0429 g de P/100 g de almidón. El contenido de humedad de los almidones nativos está entre 11,15 – 14,49 % y el contenido de cenizas entre 0,19 y 0,45 %. (Arias & García Bernal, 1.998. Morales, 1969.)

Los difractogramas de rayos-X de los almidones muestran que los almidones de Achira y Arracacha presentan una estructura cristalina del tipo-B, típico de las raíces y tubérculos (Los cereales presentan cristalinidad denominada Tipo A).

El proceso de gelatinización de los almidones inicia a temperaturas bajas, siendo la temperatura de empaste del almidón de Achira a 61,2 °C y la viscosidad máxima de 1113,0

mPa.s, El almidón de Achira muestra un mayor grado de retrogradación. Las curvas de flujo y viscosidad de solución almidón de Achira muestran un comportamiento Pseudoplástico a concentraciones altas. (Arias & García Bernal, 1998. Morales, 1969).

## **2.5. USOS**

### **Industria Alimentaría:**

La diversidad de propiedades funcionales específicas de los almidones necesarias para la industria alimentaría es casi ilimitada. Ningún otro ingrediente proporciona textura a tan gran variedad de alimentos como el almidón. Ya sea que se trate de sopas, cocidos, salsas, relleno para tartas o flanes, jugos, compotas, coladas el almidón proporciona un producto consistente y estable durante el almacenamiento, al gusto del consumidor. Estas características se están obteniendo cada vez más de almidones tropicales, a consecuencia de la demanda creciente de alimentos naturales. Es de vital importancia resaltar su uso para reforzar alimentos en niños menores de 5 años y personas de la tercera edad debido a su fácil digeribilidad. (Coca Cadena, A 1998).

### **.Conservas**

- Ayuda a que permanezca la viscosidad del producto. · Ayuda a que las partículas se mantengan en suspensión.
- Es un agente de la opacidad. · Da cuerpo y textura a las sopas, salsas y pudines.

### **Panadería**

- Empanadas, tortas · Rellenos, cubiertas · Pasteles, Donuts

- En la elaboración de carnes bajas en grasa

### **Concentrado para Animales.**

### **Comida congelada**

- Fruta congelada · pasteles de carne · comida oriental · sopas y salsas · entradas · productos base de cremas Bebidas ·

Encapsulación de los sabores, grasas, vitaminas oleaginosas, especies. · Se utiliza para los sabores que vienen en spray para bebidas secas, · Bebidas emulsionadas ·

En líquidos y polvos para evitar que la crema se licue.

### **Confitería**

- Azúcar pulverizada · Gomas de jalea · Gomas duras · Caramelos · Polvos dulces
- Azúcar pulverizada · Bizcochos de Cuajada

### **Frituras apanadas**

- Comida congelada lista para freír

En vegetales y carnes apanadas

Aderezos · Salsas y sopas

### **En la industria de Embutidos y carnes.**

- En embutidos de carne, pollo etc; para darle consistencia al cocinarlos.

· Para darle forma a la carne antes de fritarla.

**Productos Lácteos** · yogurt · queso, queso americano · postres fríos · pudines UHT · productos bajos en grasa

Según un estudio realizado por el CIAT en Colombia, denominado " Valorización de las amiláceas " no cereales" cultivadas en los países andinos" (Estudio de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de sus almidones y de la resistencia a diferentes tratamientos estresantes), califican al almidón de achira, como un almidón nativo no cereal de gran potencialidad, debido a que presenta altos niveles de productividad, variabilidad en las propiedades funcionales, altos contenidos de amilosa y resistencia a temperaturas de esterilización, comportándose mejor que los almidones cereales. Además el proceso de extracción del almidón de achira al compararlo con los almidones cereales es más sencillo ya que sedimenta rápida y naturalmente debido a su gran tamaño de partícula. Excepto el almidón de maíz ceroso resistente a la acidez, ninguno de los almidones de cereales exhibe los niveles de resistencia a la esterilización, congelación y acidez presentados por los almidones no-cereales.

El hecho de ser considerado un cultivo biológico, permite visualizar una alternativa de producción económicamente viable para los pequeños productores. (Cárdenas, M. 1950, Coca Cadena, A. 1998.)

El consumo directo de los rizomas de achira, después del proceso de cocción u horneado es común en el sur del país. Práctica que también es común en Bolivia, Perú y El Ecuador. (Asomayo. Asociación De Municipios Del Mayo. Corponariño. 1.993, Instituto

De Investigaciones Tecnológicas, 1969, Mejía, 1987, Montaldo, 1972, Yacovieff, Herrera1934).

Para la alimentación animal se utilizan los tallos y hojas, especialmente para vacas de ordeño y terneros lactantes, este uso se reporta en Brasil, algunos países de África y Asia. (Chaparro, & Cortes,1978. Rodríguez Borray, Garcia Bernal, & Otros. 2003. Yacovieff, Y Herrera F. L. 1,934).

El almidón de achira encontraría aplicación industrial no solo como sustituto de almidones convencionales, sino en usos específicos, aprovechando sus características especiales, tales como alta viscosidad del gel, temperatura de gelificación relativamente baja, tamaño del gránulo (el más grande) puede ser empleado en el acabado de papel, producción de derivados fosfatados en la industria de alimentos, elaboración de pegantes especiales, producción industrial de galletas criollas (bizcochos), como relleno y conductor en la elaboración de drogas empatilladas, aditivos en la industria de alimentos y productos dietéticos. (Montaldo, A. 1,967). La panificación demanda el 80% del almidón de achira que se consume en el país, el 15% se utiliza en coladas, espesantes de sopas instantáneas, fabricación de salsas, productos dietéticos, dulces, gomas y otros empleos domésticos, el 5% en otros usos como en la industria farmacéutica como revestimiento de cápsulas, en la industria textil en acabado de telas, cosméticos, maquillajes, cremas faciales, en la industria de adhesivos y papelería para dar consistencia y firmeza al papel. (Cárdenas, M. 1950. García Bernal, Arias, Camacho, 1,998. Herman, M.1992).

El almidón de achira es de fácil digestión por lo que se utiliza en alimentos para niños, ancianos o personas con problemas digestivos. En la industria farmacéutica es muy

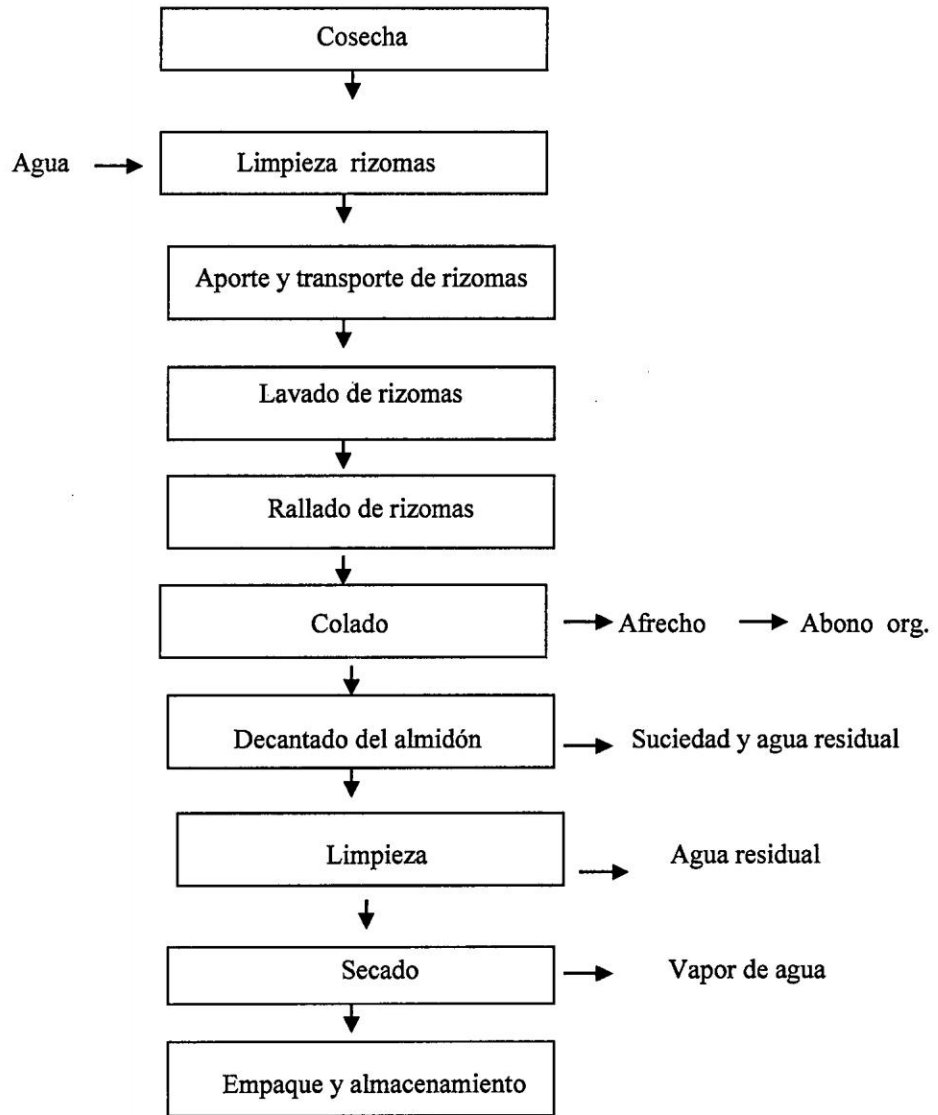
utilizado como rellenos en la elaboración de medicinas en pastillas. En la industria textil, para almidonar prendas y para lograr adhesión de las fibras que constituyen las prendas. En la industria papelera y de adhesivos el almidón de achira no presenta toxicidad y no es obstáculo para el reciclaje de papel.

Uso medicinal varias especies de este género han sido utilizadas en medicina popular debido a las diferentes acciones farmacológicas que presentan los distintos órganos de estas plantas. Así, el rizoma de *Canna coccinea* se utiliza como diurético, antiasmático y emoliente mientras que las hojas se usan como antirreumáticas. El rizoma de *Canna glauca* se utiliza como diurético y diaforético. (Herman, M. 1992)

## **2.6. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE ACHIRA**

Rodríguez Borray (2003) estableció el flujo de operaciones mostrado en el Diagrama N° 1 para obtener el almidón de achira:

*Diagrama N° 1: Diagrama de flujo de la obtención de almidón de achira*



## 1. Limpieza de Rizomas

Esta actividad se hace en forma manual después de la arrancada de los rizomas, consiste en desprender tierra, raíces y cortar los tallos, para lo cual se utiliza machetes, cuchillos o las herramientas de cosecha. En suelos sueltos y en épocas secas la labor es más fácil y se hace

en menor tiempo, en suelos pesados y húmedos es más dispendiosa la actividad, por la mayor dificultad para limpiar o desprender la tierra. Sin embargo, quedan bastantes residuos en el rizoma y demanda gran cantidad de tiempo y de mano de obra. Se considera una labor de cosecha. (Cárdenas, M. 1950. García Bernal, Arias ; Camacho, 1998).

## **2. Transporte de rizomas**

Esta labor consiste en empacar los rizomas en costales y transportarlos al sitio de proceso o beneficio, según la distancia se realiza en vehículos motorizados o de tracción animal, carretillas, animales de carga o al hombro.

## **2. Lavado de rizomas**

Tiene como propósito obtener el mayor grado de limpieza de los rizomas para llevarlos a la etapa de rallado.

La labor manual del lavado por inmersión, se realiza utilizando baldes con agua, se echan los rizomas y se agita en forma fuerte para remover las impurezas que se incrustan en los intersticios del rizoma, después de 7 cambios de agua, se sacan para continuar el rallado. (García Bernal, Arias R, Camacho, 1998).

## **3. Rallado de rizomas**

Consiste en pasar los rizomas por una ralladora manual de acero inoxidable con una gran cantidad de púas sobresalientes, para liberar el almidón presente en las células que conforman el rizoma, es necesario romperlas. Esto se logra por operaciones de rallado o licuado, principalmente, donde la fibra se corta rompiendo las paredes celulares de tal forma que libere el almidón. (García Bernal; Arias ; Camacho, 1998. Yacovieff, . Y Herrera F. L. 1934).



### **Colado o tamizado**

Es el procedimiento por el cual se separa la lechada de almidón del afrecho o fibra del rizoma. La masa producto del rallado se pasa por un tamiz manual, conformado por una estructura metálica con malla sintética, se agrega agua durante todo el proceso para facilitar la salida del almidón, se estruja fuertemente, (García Bernal; Arias ; Camacho, 1.998. Yacovieff. Y Herrera F. L. 1934. Vietmeyer, N. 1986).

Después de pasar los rizomas por el rallo la masa es recogida en un recipiente, para continuar con la operación de tamizado, donde llega con las siguientes características:

- La masa está constituida principalmente por material vegetal macerado, fibra, raicillas y por el almidón disperso.
- De acuerdo con la calidad de la limpieza durante el lavado del rizoma puede presentar impurezas como arcillas, lodos y arena de diferentes tamaños de partículas.
- Después de permanecer un tiempo en el recipiente, la masa presenta un color más oscuro en su superficie que en el interior de la misma, es decir, esta masa a medida que pasa el tiempo se oscurece cada vez más hasta volverse de color café y en ocasiones casi negro.
- Esta pigmentación es bastante fuerte, y al contacto con otras superficies como ropa, plástico e incluso la piel, produce una mancha muy difícil de eliminar. Cuando esta pigmentación se presenta en el almidón comercial, éste es rechazado o castigado significativamente en su precio.

### **4. Decante o desmanche**

Esta etapa del proceso tiene como objetivo separar el almidón del agua de la lechada resultante en el tamizado, se realiza la labor en baldes u ollas, el peso y tamaño de los

gránulos de almidón de achira facilita esta labor, el tiempo para que el almidón se decante es de 15 a 30 minutos en promedio. Durante el tiempo de sedimentación, se aprovecha para retirar las impurezas.

## **5. Lavado del almidón**

El principal objetivo de esta operación es obtener un almidón de buena calidad, desde el punto de vista de presentación, libre de residuos, impurezas o pardeamiento. El lavado del almidón consiste básicamente en operaciones sucesivas de adición de agua, decantación del almidón y evacuación del agua. Se requiere un promedio de 4 a 7 lavadas dependiendo del cultivar y la calidad del agua.

## **6. Secado**

Cuando el almidón se encuentra limpio continúa la etapa de secado, para eliminar parte de la humedad del almidón, generalmente se realiza a libre exposición con los rayos solares.

El secado dura de 3 a 4 días y mientras más alta la temperatura y más seco el aire, menor será el tiempo requerido para el secado. El almidón normalmente se comercializa con una humedad del 15% al 17%, sin embargo por deficiencias en los sistemas de secado, se está comercializando con contenidos de humedad comprendidos entre 20% y 25%.

(García Bernal; Arias ; Camacho. 1.998).

## **9. Empaque y almacenamiento**

La calidad del almidón, depende del proceso, del número de lavadas, la calidad del agua y del cultivar de donde proviene la materia prima.

El almidón de achira de alta calidad, con una humedad máxima del 14% resiste períodos de almacenamiento en condiciones ideales hasta 12 meses sin pérdida de su calidad; esta característica es importante pues permite manejar la estacionalidad de las cosechas y las condiciones de mercado para obtener mayores ganancias

## **2.7.- RENDIMIENTO.**

El rendimiento en la producción de almidón depende de la variedad, las condiciones del cultivo y de la edad que presente el rizoma al momento de ser procesado.

El rendimiento varía de acuerdo a la duración del periodo de crecimiento y a las condiciones de clima y suelo. La achira es una de las plantas que produce mayor rendimiento de almidón por unidad de superficie, este rendimiento varía con la edad de los rizomas. Rizomas de buen tamaño hasta de 750 gramos de peso, son los más grandes entre todos los ecotipos estudiados, esféricos, cónicos, con raicillas blancas cilíndricas hasta de un metro de longitud según las condiciones de suelo, pocas raicillas comparándolas con el mayor número de otros cultivares. Rizomas con el 16,05% de almidón, al realizarle un corte transversal presenta un color azuloso, lo cual es un indicativo de buen contenido de almidón según su edad fisiológica. Su máximo rendimiento es de 8,930 kilogramos de almidón y se obtuvo entre 8 y 9 meses. (Caicedo Díaz; Rozo Wilches; Bonilla, 1999)

## **2.8.- MANEJO DEL AGUA Y LOS SUB PRODUCTOS DEL PROCESO**

Uno de los principales problemas en la producción de almidón de achira es la calidad y el uso adecuado del agua para el procesamiento. De igual forma, para evitar efectos

indeseables sobre el medio ambiente se debe manejar adecuadamente las aguas residuales y los subproductos resultantes del proceso. En esta sección se dan algunas indicaciones a tener en cuenta para obtener un producto de buena calidad y realizar un procesamiento limpio, de bajo impacto sobre el ambiente. (Rodríguez Borray, 2003).

## **2.9.- CALIDAD DEL AGUA**

El agua utilizada en el procesamiento debe ser potable, es decir que se pueda consumir sin riesgos sobre la salud. Algunas de las características del agua potable son las siguientes:

- No debe presentar olores, ni colores, ni sabores extraños.
- No debe presentar impurezas o sustancias extrañas
- No debe estar contaminada por materias fecales
- No debe estar contaminada por agentes químicos

Antes de utilizar una determinada agua en el procesamiento es preferible realizar análisis fisicoquímicos y microbiológicos para garantizar su calidad. (Rodríguez Borray, 2003).

## **2.10.- SUBPRODUCTOS DEL PROCESO:**

Los principales subproductos del proceso son el afrecho y la “mogolla” o mancha. El afrecho: se obtiene luego de la separación del almidón en la operación de tamizado. De acuerdo con los análisis realizados en el laboratorio, el afrecho presenta un alto contenido de fibra cruda (36%), una digestibilidad de la materia seca del 57%, un contenido de proteína cruda de 3,6% y bajos contenidos de minerales.

Actualmente, el afrecho se utiliza para regarlo sobre la superficie del suelo, sirviendo de sustrato para el siguiente cultivo, este afrecho no sirve como abono dado los bajos contenidos de minerales que contiene, sin embargo sirve como mejorador de las propiedades estructurales del suelo, aumentando su porosidad y aireación, lo cual permite una mejor penetración de raíces y, en el caso del cultivo de la achira, una menor presión del suelo que facilita el crecimiento de los rizomas.

Las características de composición del afrecho lo hacen un medio propicio para la cría de lombrices rojas californianas y la producción de humus.

La mogolla: corresponde al material pardeado que se retira en la operación de lavado del almidón. De acuerdo con las evaluaciones de proceso, el peso de la mogolla equivale al 2% a 4% del peso del almidón producido. (Rodríguez Borray; Garcia Bernal, & Otros. 2003)

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. LUGAR DE EJECUCION**

El desarrollo de este trabajo se realizó en el laboratorio de Análisis de Alimentos de La Universidad Nacional de “San Cristóbal de Huamanga”, desde mayo del 2012 a diciembre 2013.

#### **3.2. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS UTILIZADOS**

##### **3.2.1. Materia prima**

La materia prima utilizada en el presente estudio fueron los ecotipos de la Achira verde y morada procedente del Instituto Nacional de Investigación Agraria. Agencia Ayacucho

##### **3.2.2. Materiales**

- Soporte universal.
- Probeta 10ml y 50 ml.
- Pipeta de 1 y 10ml.
- Matraz erlenmeyer 100 y 500 ml.
- Vaso de precipitado 10, 50 y 100ml.
- Mortero.
- Kitasato con embudo Buchner.

- Espátulas.
- Luna de reloj.
- Embudo.
- Varilla de vidrio.
- Pizetas con agua destilada.
- Cuchillo.
- Matraz Erlenmeyer de 100ml.
- Termômetros.
- Cápsulas de porcelana.
- Tubos de ensayo.
- Baldes.
- Papel filtro.

### **3.2.3.- Equipos**

- pH-metro marca OAKTON modelo PC-510
- Agitador magnético modelo RCT.
- Balanza analítica electrónica, marca OHAUS Capacidad de 200g.
- Balanza electrónica, marca Smartweigh, modelo SWE03-B con capacidad de 300g.
- Friobar, marca Samsung, modelo SRG-118.
- Centrifugador
- Microscopio Poland pzo warszawa
- Espectrofotómetro.

- Estufa
- Equipo de destilación de Kjeldahl.
- Equipo de Titulación.
- Equipo de extracción de Soxhlet.

#### **3.2.4. Reactivos**

- Dimetilsulfóxido.
- Yodo.
- Yoduro de potasio.
- Sulfato de cobre.
- Sulfato de sodio.
- Hidróxido de Sodio al 1,25 y 40%.
- Acido sulfúrico concentrado y 1,25 %
- Acido clorhídrico 0,1 N.
- Acido bórico al 4%.
- Indicador.
- Cloroformo.
- Metanol.
- Acido cítrico.
- Fenolftaleína.



### **3.3. METODOLOGÍA**

**3.3.1.- Extracción del almidón.-** el almidón se extrajo siguiendo el método reseñado por Rodriguez Borray, 2003, que consiste en:

**1. Recepción.-** se recibieron las muestras en el laboratorio de análisis de alimentos y se procedió con la limpieza utilizando agua para eliminar los restos de tierra, luego se separaron las raíces y tallos utilizando cuchillos.

**2. Pesado de los rizomas limpios.-** Se hace para determinar el rendimiento, haciendo uso de la balanza.

**3. Rallado de rizomas.-** se pasó los rizomas por una ralladora manual de acero inoxidable, para liberar el almidón presente en las células que conforman el rizoma. El material rallado se recibió en recipientes con agua.

**4. Colado o tamizado.-** Es el procedimiento por el cual se separa la lechada de almidón del afrecho o fibra del rizoma. Pasamos la masa, producto del rallado, por una coladora de estructura metálica con malla sintética agregando agua durante todo el proceso para facilitar la salida del almidón, estrujando fuertemente. Después de pasar los rizomas por el rallador la masa se recogió en un recipiente, para continuar con la operación de tamizado.

**5. Decante o desmanche.-** Esta etapa del proceso tiene como objetivo separar el almidón del agua de la lechada resultante en el tamizado, se realiza la labor en baldes u ollas, el peso y tamaño de los gránulos de almidón de achira facilita esta labor, el tiempo para que el almidón se decante es de 15 a 30 minutos en promedio. Durante el tiempo de sedimentación, se aprovecha para retirar las impurezas.

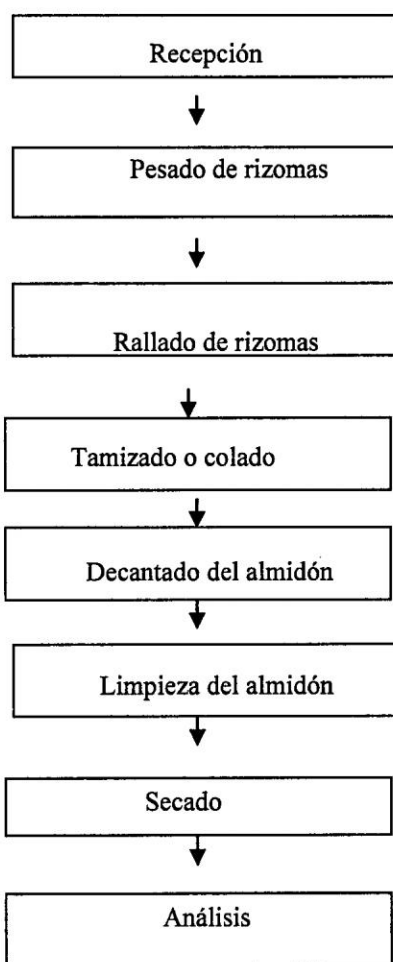
**6. Lavado del almidón.-** Se lavó en operaciones sucesivas de adición de agua, decantación del almidón y evacuación del agua.

**7. Secado.-** Para eliminar parte de la humedad del almidón lo expusimos a los rayos solares. El secado dura de 3 a 4 días.

Terminado el proceso realizamos los análisis determinados.

El proceso se presenta en forma gráfica en el diagrama N° 2

*Diagrama N° 02 : Obtención de almidón de achira*



**3.3.2.- Análisis químico, Físico y Físicoquímico.-** el almidón obtenido fue analizado, para obtener los parámetros necesarios:

**1. Humedad.-** Por el método de la estufa a 102°C hasta peso constante.

**2. Proteína.-** Según el método de Kjeldahl, utilizando el factor 6,25.

**3 Lípidos.-** Según el método de Soxhlet

**4. Fibra.-** Por el método ácido – base.

**5. Acidez.-** Por titulación

**6.- pH.-** Haciendo uso del potenciómetro.

### **3.3.3.- Determinación de las propiedades del almidón de Achira**

**3.3.3.1.- Relación Amilosa y amilopectina.-** Se pesó 0,1 g de muestra en un tubo de ensayo y se añadió 2 ml de dimetilsulfóxido, dejamos disolver durante 15 min en un baño maría a 85°C. Transcurrido el tiempo diluimos con agua destilada a 25 ml en un matraz aforado. Tomamos 1ml de ésta disolución y sobre él añadimos 50 ml de agua destilada y 5ml de disolución I<sub>2</sub> – KI. Mezclamos bien y medimos en espectrofotómetro la absorbancia a 600 nm. Elaboramos la recta patrón haciendo uso de concentraciones conocidas de amilosa, según el método descrito por McGrance y col. 1998 para la determinación de amilosa en almidón.

**3.3.3.2.- Evaluación microscópica.**-La morfología y el tamaño de los gránulos de almidón de achira se determinaron mediante microscopía y de las micrografías se determinó las características de superficie y forma del gránulo.

**3.3.3.3.- Retrogradación.**- Se preparó 4 vasos con 10 g de muestra en 200 ml de agua, se hierve y se deja por 24 horas a temperatura ambiente y en refrigeración, observando si hay presencia de agua en la superficie, midiendo el volumen, si hubiera, de agua separada. Se calcula el % de sinéresis dividiendo el volumen separado entre el peso de la muestra.

**3.3.3.4.- Temperatura de gelatinización.**- Se pesó 1g de almidón y adicionamos 10 ml de agua destilada mezclamos con 2 gotas de solución de iodo y se calentó hasta que desaparezca el color azul y anotamos la temperatura.

**3.3.3.5.- Poder de hinchamiento.**-Se pesó 4 g de almidón y se trasvasaron con 200 ml de agua a un matraz de 500 ml, se colocó sobre un agitador magnético, incorporando un termómetro, agitando a una velocidad constante que permitiera mantener el almidón en suspensión durante el calentamiento. A intervalos de 5 min entre 60 y 95 °C tomamos alícuotas de 10ml de suspensión colocándolas en tubos de centrifuga previamente pesados. Los tubos de centrifuga con la alícuota a temperatura ambiente son nuevamente pesados (A). Se centrifugo durante 15 min. El líquido sobrenadante se decanto en cápsulas de porcelana previamente taradas, evaporando mediante baño María hasta que no presentar humedad visible. Las cápsulas fueron secadas en estufa (b). Los tubos de centrifuga con el residuo también fueron pesados (a). Se realizaron los siguientes cálculos:

W1 = ((peso del almidon en base seca / peso del almidon en base humeda)+ 200) x 100

W2 = almidón en cada alícuota.

W3 = almidón residual en el sedimento de cada alícuota.

W3 = w2 - b

%ss/% sólidos solubles (g/g almidón) = (b/w2)x100

AA = (agua absorbida/g almidón) = a - w3/ w3

PH (poder de hinchamiento) = a x 100/ w2 x (100 - %ss)

## IV: RESULTADOS

### 4.1. Extracción de almidón.-

Luego de concluido el procedimiento de extracción se obtuvo los resultados que se muestran en la Tabla 1:

**Tabla N° 7: Rendimiento del proceso de extracción**

ACHIRA MORADA	ACHIRA BLANCA
Peso de los rizomas limpios y libres: 1700 g de achira.	Peso de los rizomas limpios y libres: 1750 g de achira
Peso final: 131,86 g de almidón de Achira	Peso final: 137,93 g de almidón de Achira
Rendimiento: 9,35g/100g de materia seca.	Rendimiento: 9,54g/100g de materia seca.

### 4.2.- Análisis físico y físico – químico.-

Los resultados de los análisis mencionados muestran en la siguiente tabla:

**Tabla N° 8: Características del almidón de achira**

Componente (%)	ACHIRA MORADA	ACHIRA BLANCA
Color	Blanco	Blanco
Olor	Inodoro	Inodoro
Sabor	Neutro	Neutro
Textura	Polvosa	Polvosa
Humedad (%)	17	17,7
Proteína (%)	0,571	0,43
Lípidos (%)	0,075	0,073

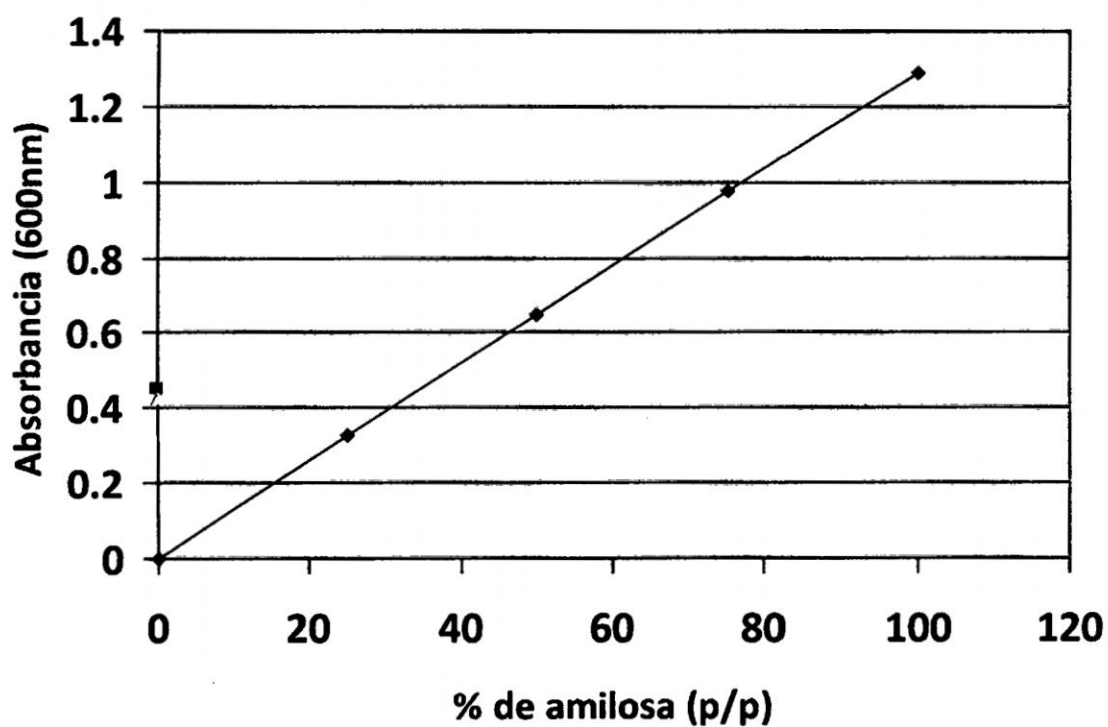
Fibra (%)	0,004099	0,0039
Acidez (como % de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	0,0392	0,0294
Ph	6,37	6,67

### 4.3.-Determinación de las propiedades del almidón de Achira

#### 4.3.1. Relación de amilosa y amilopectina.

Se procedió a leer la absorbancia de las muestras de almidón, y se extrapolo en la recta patrón que se muestra en la Figura N° 6, para obtener la concentración de amilosa en las muestras.

Figura N° 6: *Recta ajustada para la determinación de amilosa en el almidón de Achira*



En la Tabla N° 9 se muestran las absorbancias de las muestras y el resultado de la extrapolación en función a la concentración de amilosa (p/p):

**Tabla N° 9:** *Absorbancia y concentración en % de amilosa*

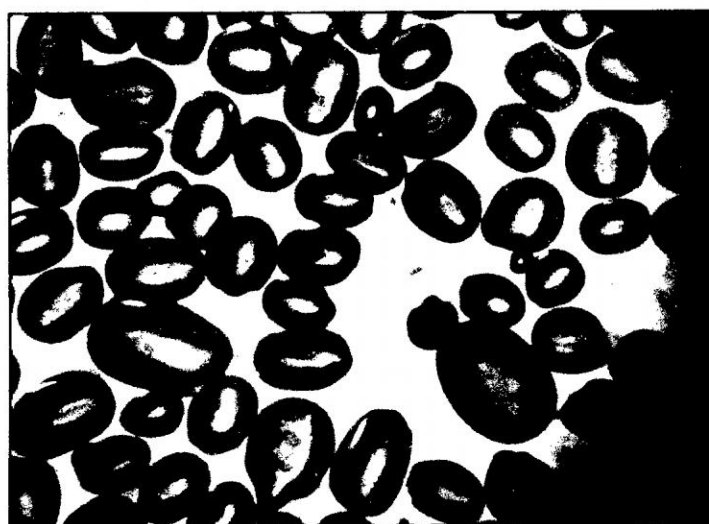
MUESTRA	ABSORBANCIA	Concentración de amilosa (%)
Achira morada	0,45	32,9%
Achira blanca	0,43	30,6%

#### **4.3.2. Evaluación microscópica.**

La evaluación microscópica se efectuó haciendo uso del microscopio eléctrico del laboratorio de biotecnología de la Facultad de Ciencias Biológicas, con objetivo de 40x.

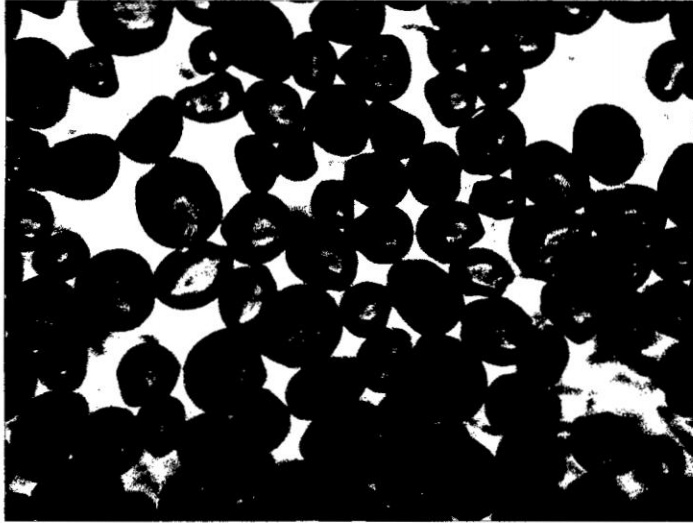
Las micrografías se muestran a continuación.

MICROGRAFÍA N° 1. Gránulos de almidón de achira morada





MICROGRAFÍA N° 2. Gránulos de almidón de achira blanca



El dispositivo de medición del microscopio estableció los siguientes rangos de tamaño longitudinal de los gránulos para ambos ecotipos:

Achira morada : 35,3 – 96,9  $\mu\text{m}$

Achira blanca : 30,2 – 95,3  $\mu\text{m}$

**4.3.3. Retrogradación.-**

La capacidad de retrogradación se mide por el volumen exudado por sinéresis a temperatura ambiente y en refrigeración (4°C). El volumen de agua que se separa de los geles de almidón a las temperaturas de ensayo se presenta en la Tabla N° 10:

**Tabla N°10: % de sinéresis de los almidones de achira.**

MUESTRA	VOLUMEN EXUDADO			
	TEMPERATURA AMBIENTE		REFRIGERACIÓN (4°C)	
	mL	%	mL	%
ACHIRA BLANCA	6,0	3,0	14,0	7,0
ACHIRA MORADA	4,0	2,0	12,0	6,0

#### 4.3.4.- Temperatura de gelatinización

Se midió la temperatura de inicio de desaparición del color azul y la temperatura de desaparición total del color, con los siguientes resultados:

**TABLA N° 11: Temperatura de gelatinización**

MUESTRA	TEMPERATURA DE INICIO DE DESAPARICIÓN DE COLOR AZUL	TEMPERATURA DE DESAPARICIÓN TOTAL DE COLOR AZUL
ACHIRA MORADA	59°C	71°C
ACHORA BLANCA	60°C	72°C

**4.3.5.-Evaluación del poder de hinchamiento, Solubilidad y Absorción de agua.-** Los resultados de ésta evaluación se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla N° 12:** *Poder de hinchamiento, solubilidad y absorción de agua.*

<b>ACHIRA MORADA</b>	<b>65°C</b>	<b>70°C</b>	<b>75°C</b>	<b>80°C</b>	<b>85°C</b>	<b>90°C</b>
• <b>Poder de hin.</b>	13,82	15,88	18,36	20,24	21,6	24,35
• <b>Solubilidad</b>	4,7	6,65	9,95	9,17	15,50	14,67
• <b>Absorción de agua.</b>	12,82	15,09	17,37	17,2	14,6	23,4
<b>ACHIRA BLANCA</b>						
• <b>Poder de hin.</b>	12,11	14,0	14,4	18,6	18,95	20,10
• <b>Solubilidad</b>	3,9	6,2	6,8	9,9	10,5	9,57
• <b>Absorción de agua.</b>	10,9	13,0	13,0	18,6	16,9	19,1

## V: DISCUSIONES

### 5.1 Rendimiento de almidón

Hallamos un rendimiento de 9,35 y 9,54 g/100g de materia seca para la Achira morada y blanca respectivamente. El rendimiento varía de acuerdo a la duración del periodo de crecimiento y a las condiciones de clima y suelo. La achira es una de las plantas que produce mayor rendimiento de almidón por unidad de superficie, este rendimiento varía con la edad de los rizomas siendo de 16,05% de almidón en relación al peso de los rizomas según Caicedo Díaz, G.; Rozo Wilches, L.; Bonilla, U. (1999). Estos autores no mencionan la edad de los rizomas con los que alcanzaron sus resultados. Otro factor que define el rendimiento es el contenido de humedad, lo que se demuestra en el estudio desarrollado Melian Subiabre, (2010) quien encuentra una gran variabilidad (de 17 a 29% de almidón) al estudiar 10 variedades de papa, demostrando que el mayor rendimiento se obtiene en papas con mayor contenido de materia seca. La pequeña diferencia de humedades de la achira blanca y la morada explicaría también La diferencia en el rendimiento de almidón entre ambos ecotipos.

El rendimiento alcanzado es un valor bajo en la gama de rendimientos de raíces y tubérculos andinos que presentan Barrera *et al.* (2004),

### 5.2. Análisis físico y fisicoquímico

Las propiedades de color, olor, sabor y textura de los almidones extraídos de ambos ecotipos no muestran diferencias notables y son características de los almidones en general. En cuanto a las propiedades fisicoquímicas, existen algunas diferencias entre ambos

ecotipos, especialmente en proteínas, lípidos, fibra, acidez y pH, siendo la Achira Morada la que tiene los valores más altos. En comparación con los resultados de García Bernal, H. R. 1.998, Montaldo, (1967) y Morales, R. R. (1969), los resultados obtenidos están en el rango que han encontrado dichos autores.

El pH de nuestro producto es menos ácido que el establecido en la teoría por Morales, R. R. (1969), lo que podría deberse a la influencia de los suelos o probablemente a un menor daño de los gránulos en el proceso de extracción. Cuando ocurre daño en la extracción, se inician los procesos hidrolíticos que conducen a la formación de especies ácidas, tal como mencionan Arias R. S. L. y García Bernal, H.R. (1998)

### **5.3.- Determinación de las propiedades del almidón de achira.**

#### **5.3.1.- Relación Amilosa y Amilopectina.**

Se demostró que el almidón de achira tiene un alto contenido de amilosa, que fue de 32,9 y 30,6% para la achira morada y blanca respectivamente y 67,1% y 69.4% de amilopectina para la achira morada y blanca, confirmando lo afirmado por Arias R. S. L. y García Bernal, H.R. (1998). y Morales, R. R. (1969). El almidón de achira de los dos ecotipos estudiados, es más alto en % de amilosa que el trigo, maíz y papa según los datos obtenidos por McGrance, (1998). Esta característica permite inferir que el almidón de achira puede soportar tratamientos térmicos mayores que otros almidones, debido a que la estructura cristalina principalmente de la amilosa hace más resistente la estructura del gránulo, en comparación con otros almidones, tal como mencionan Hernández-Medina, M., J. Torruco-Uco, L. Chel-Guerrero Y D. Betancur-Ancona (2004).

### **5.3.2.- Evaluación microscópica.**

En la evaluación microscópica se confirma lo señalado por Arias R. S. L. & García Bernal, H.R. (1998) y Morales (1969), pues la forma es ovoide y de tamaños que oscilan entre 30 y 97  $\mu\text{m}$ . El promedio aritmético de este rango es de 63,5  $\mu\text{m}$ , que está muy cercano a los 64,4  $\mu\text{m}$  que estableció Morales (1969). No existen diferencias muy grandes entre las formas y tamaños de los almidones de los dos ecotipos estudiados, aunque el rango de tamaños es algo menor en el caso de la achira blanca. En comparación con los almidones de maíz y trigo descritos por Arias R. S. L. y García Bernal, H.R. (1998) y de los tubérculos estudiados por Hernández-Medina; Torruco-Uco; Chel-Guerrero y Betancur-Ancona (2004), el tamaño de los gránulos de almidón de achira es notablemente mayor.

### **5.3.3.- Retrogradación.**

La sinéresis, aunque aparentemente es mínima, porcentualmente puede considerarse elevada, sobre todo al observar los resultados de la muestra en refrigeración. Baduí (1994) y Fennema (2000) señalan que por efecto del enfriamiento, el proceso de reordenamiento, especialmente de las amilosas que se atraen por nuevos puentes de hidrógeno es más fuerte que a temperatura ambiente. En ambos casos (a temperatura ambiente o en frío), el reordenamiento de las amilosas provoca que el agua que se había unido a estas moléculas en la gelificación, sea desplazadas por las nuevas uniones, principalmente puentes de hidrógeno entre amilosas, El % de agua exudada es elevado en comparación con otros almidones como los almidones de tubérculos estudiados por Hernández-Medina; Torruco-

Uco; Chel-Guerrero y Betancur-Ancona (2004) y está en relación directa con el % de amilosa que se ha encontrado en el almidón de achira, pues, tal como señalan Badui (1994) y Fennema (2000), los almidones con alto contenido de amilosa retrogradan más que los almidones de menor contenido de esta molécula.

#### **5.3.4.- Temperatura de gelatinización.**

Se encontró que el inicio de la gelatinización del almidón de la achira morada y de la achira blanca se produce a temperaturas muy cercanas (59°C y 60°C respectivamente). El color azul desaparece a 71 y 72°C respectivamente, con lo que la temperatura de gelatinización del almidón de achira es mayor que los almidones de papa, yuca y maíz reportado por Arias R. S. L. & García Bernal, H.R. 1998. Al respecto, Morales (1969) estableció una temperatura de gelatinización de 65°C para la achira, menor que la del maíz (69°C) pero que contradictoriamente, el almidón de maíz tenía mayor facilidad de cocción. Nuestro resultado si explicaría esos resultados, basándonos en el alto contenido de amilosa del almidón de achira.

#### **5.3.5.- Evaluación del poder de hinchamiento, solubilidad y absorción de agua**

Demostramos que el poder de hinchamiento se incrementa con el aumento de la temperatura, ya que a altas temperaturas se produce una relajación progresiva de las fuerzas de enlace dentro del gránulo. En cuanto a la solubilidad del almidón de Achira, éste aumenta a consecuencia del hinchamiento del gránulo y del incremento de la temperatura. Tanto el poder de hinchamiento como el índice de solubilidad indican el grado de

asociación existente entre los polímeros del almidón (amilosa y amilopectina). La capacidad de absorción de agua del almidón de Achira se ve también incrementada al aumentar la temperatura, como lo dice Arias R. S. L. & García Bernal, H.R. 1998.

Se encontró que el almidón de papa presenta su máximo poder de hinchamiento a una temperatura comprendida entre los 80 y 90 °C lo que concuerda con los resultados de Jiménez et al (2006) y Pomeranz (1991), quienes encontraron que los almidones que tienen alto contenido de amilosa tienen mayor solubilidad y poder de hinchamiento a temperaturas más altas que los almidones de menor contenido de amilosa.



## CONCLUSIONES

1. Hallamos un rendimiento de 9,35 y 9,54 g/100g de materia seca para la Achira morada y blanca respectivamente.
2. El contenido de amilosa del almidón de achira es más alto que el de otras materias primas alcanzado entre 32.9 y 30.6% respecto del peso total del almidón.
3. La alta concentración de amilosa tiene como efecto que el almidón de achira tenga un alto grado de retrogradación y por tanto elevada sinéresis, lo que es una desventaja para su uso industrial en forma nativa.
4. La temperatura de gelatinización del almidón de achira fue de 71°C para la Achira Morada y 72°C para la Achira Blanca, que es mayor que la de papa, maíz y trigo.
5. En el poder de hinchamiento se observó que alcanza su máximo hinchamiento a temperatura de ebullición, lo que demuestra una gran capacidad de absorción de agua de hasta 20 veces su eso inicial, simultáneamente aumenta la solubilidad.
6. Pese a sus desventajas en cuanto a alto grado de retrogradación y alta temperatura de gelatinización, la presencia de amilosa indica que este almidón puede resistir mejor que los otros almidones a tratamientos térmicos más severos.

## RECOMENDACIONES

1. Desarrollar estudios de modificación del almidón de achira para reducir su capacidad de retrogradación y disminuir su temperatura de gelatinización, para adecuarlo a usos similares a los almidones modificados de maíz y de otras fuentes de materia prima
2. Promover el uso del almidón de achira en preparaciones instantáneas, aprovechando que los procesos de instantaneización utilizan altas temperaturas. El almidón de achira soportaría mejor estos tratamientos.
3. Instalar en la Universidad un laboratorio de reología de alimentos que permitiría desarrollar estudios más profundos de las propiedades de las materias primas feculentas para promover su uso en la fabricación de distintos alimentos.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- ARIAS R. S. L. & GARCÍA BERNAL, H.R. Características fisicoquímicas y determinación de los parámetros de calidad del almidón de achira. En: Almidón de Achira, Producción y uso industrial. Santa Fe de Bogotá. 1998.
  
- 2.- ASOMAYO. ASOCIACIÓN DE MUNICIPIOS DEL MAYO. CORPONARIÑO. Plan indicativo de desarrollo del municipio de San Pablo, departamento de Nariño. San Pablo 1993. pp 81, 89, 65.
  
- 3.- BADUI, S. Química de los Alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 1994
  
- 4.- BARRERA, V., C. TAPIA. A. MONTEROS. Raíces y Tubérculos Andinos. Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Quito, Ecuador. 2004
  
- 5.- BELLO, L.A y O. PAREDES “El almidón, lo comemos pero no lo conocemos”, 1999. Pp 29 - 33
  
- 6.- CÁRDENAS, M. Plantas alimenticias nativas de los Andes de Bolivia. Universidad de Cochabamba. Cochabamba, Bolivia. 1950. Pp 18

- 7.- COCA CADENA, A. Utilización de los Almidones en la Industria Panificadora. En: Almidón de Achira y Uso Industrial, Santa fe de Bogotá 1998.
- 8.- CAICEDO DÍAZ, G.; L. ROZO WILCHES, y U. BONILLA. La Achira, su producción y beneficio. Colombia 2.000. pp 48
- 9.- CAICEDO DÍAZ, G Cultivo y beneficio de Achira (*Canna edulis*) Colombia, 1999 pp
- 10.- CHAPARRO, R. & CORTES, H. La Achira (*Canna edulis*) Cultivo, Industrialización, Utilidad Forrajera. En: Temas de Orientación agropecuaria. Bogotá. 1978.
- 11.- FENNEMA, O. Química de los Alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 1994
- 12- GARCÍA BERNAL, H. R; ARIAS R, S.L; CAMACHO, J.H. Almidón de Achira, Producción y uso industrial. Corpoica, Programa Nacional de Maquinaria y Poscosecha. Santa Fé de Bogotá 1998.
- 13.- GARCÍA BERNAL, H. R. Producción y extracción de Almidón de Achira en Colombia. En Almidón de Achira, Producción y uso industrial. Corpoica, Programa Nacional de Maquinaria y Poscosecha. Santa Fe de Bogotá 1998.

- 14.- HERMAN, M.. Raíces y Tubérculos Andinos, Prioridades de investigación para un recurso alimentario pospuesto. Centro Internacional de la Papa. Lima Perú 1992. pp 32
15. HERNÁNDEZ-MEDINA, M., J. TORRUCO-UCO, L. CHEL-GUERRERO Y D. BETANCUR-ANCONA. Caracterización Físicoquímica de Almidones de Tubérculos Cultivados en la Península de Yucatán, México. IX CONGRESO DE CIENCIA DE LOS ALIMENTOS y V FORO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS. Universidad de Nuevo Leon, Guanajuato, México 2004
16. HOOVER, R (2001), Composición, estructura molecular y propiedades físico -químicas de los tubérculos y almidones. 253 – 267.
17. JIMENEZ H.J (2006). Estudio de la compatibilidad funcional y estructural de almidón de tubérculo de chayote (*Sechum edule s*) para la formación de películas comestibles. Tesis. Maestría en ciencias. CINVESTAV – IPN, México DF.
- 18.- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLÓGICAS, BAVARIA S.A., Achira, Posibilidades de su cultivo y Aprovechamiento industria. 1969. Pp 121
- 19.- MEJÍA, M. C. Le gusta el Sagú o la Chisgua. Bogotá, Colombia, 1987

- 20.- MELIAN SUBIABRE, D. E., Ensayo Comparativo de Dos Metodologías de Extracción de Almidón de Papa usando Muestras de Diez Variedades Nativas de Chiloé y dos Variedades Comerciales. Tesis de Licenciatura en Ciencia de los Alimentos. Universidad Austral de Chile. Valdivia – Chile .2010
- 21.- MONTALDO, A. Bibliografía de raíces y tubérculos tropicales. Maracay, facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 1967.
- 22.- MONTALDO, A (Canna edulis) Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. Lima Perú. Editorial IICA, 1972. Pp 201 - 203
- 23.- MORALES, R. R. Características físicas, químicas y organolépticas del almidón de Achira. (Canna edulis) Revista de la academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales, Bogotá, Colombia V 13 , 1969. Pp 357 - 370
24. MOORTHY, S. N (2002).Propiedades funcionales y físico químicas de tubérculos tropicales. 559 – 592.
- 25.- McGRANCE, S.J. Un simple y rápido método colorimétrico para la determinación de amilosa en diferentes productos, 1998, pp 158 – 163.

26. POMERANZ, Y. (1991) Propiedades funcionales y componentes de los alimentos. 2da edición. Estados Unidos. 24 – 78.
27. RODRÍGUEZ BORRAY, G.; H. GARCIA BERNAL. EL almidón de Achira o Sagú (*Canna edulis*) Manual técnico para su elaboración, Colombia, 2003 pp 33
28. VIETMEYER, N. Los cultivos olvidados de los INCAS. Carta gandera V 23 N° 9 Bogotá, 1986 pp 21 - 23
29. YACOVIEFF, E. and HERRERA F. L. El mundo vegetal de los antiguos peruanos. Botánica Entnológica. En: Revista Museo Nacional Alfonso Duarte. Lima Tomo 3 No. Lima, 1934.

# ANEXOS



## 1.- RENDIMIENTO

Rendimiento en base seca (g/g materia seca) = peso de almidón (g)/peso de los rizomas **sin agua (g)**

### Achira Morada

La muestra tiene 17% de agua, la materia seca será el 83 % restante. Por tanto, peso seco de los rizomas es:  $1,700 \times 0,83 = 1,411$  g de materia seca.

$$R_{bs} = \frac{131,86}{1411} = 0,0935 \text{ g de almidón/ g de materia seca}$$

$$R_{bs} = 9,35\text{g}/100\text{g de materia seca.}$$

### Achira Blanca:

$$R_{bs} = \frac{137,43}{1440,25} = 0,0954 \text{ g de almidón/ g de materia seca}$$

$$R_{bs} = 9,54\text{g}/100\text{g de materia seca.}$$

## 2.- HUMEDAD

Se preparó la muestra para el análisis, pesando exactamente entre 2 y 5 gramos de muestra en placas petri limpias y secas (pi). Se llevó a estufa a 102°C pesando a intervalos de 30 minutos hasta peso constante (pf). Se calculo el contenido de humedad en base húmeda y base seca, aplicando la siguiente fórmula:

$$Hbh = \frac{(pi - pf) \times (\%)}{Pi}$$

Pi

$$Hbs = \frac{(pi - pf)}{Pf} \text{ (g de agua/ g de materia seca)}$$

Pf

### CUADRO N°01: HUMEDAD

DATOS	ACHIRA MORADA	ACHIRA BLANCA
P1	5,0001	5,0064
Placa + muestra 1	43,5615	48,9398
Pf 1	43,4905	48,8529
% H 1	16,8	17,8
P2	5,0069	5,0043
Placa + muestra 2	41,3629	46,8993
Pf 2	41,2916	46,8171
% H 2	17,2	17,6
<b>% H promedio</b>	<b>17,0</b>	<b>17,7</b>

### 3.- PROTEINA

Se pesó 0,3g de muestra colocándolo en el balón de Kjeldahl, añadiendo 0,2 g de sulfato de cobre, 1g de sulfato de sodio y 3ml de ác. Sulfúrico. Se colocó en el digestor.

Se preparó el equipo de destilación, colocando agua en cantidad suficiente en el balón y circulando el agua de refrigeración. Colocamos en la salida del destilador un vaso

con 50 – 100 ml de ácido bórico al 4% y unas gotas de indicador de Tashiro, transferimos el líquido del balón de Kjeldahl al equipo de destilación, añadiendo cantidad suficiente de hidróxido de sodio al 40%, se calienta y se recibe entre 100 a 150ml de destilado en el vaso con ácido bórico. Se prepara el equipo de titulación con ácido clorhídrico (0.1N) y titulamos la solución de ácido bórico, anotamos el gasto.

$\% N = \text{Gasto} \times N \text{ \acute{a}c} \times 1,4 / \text{peso de muestra}$

$\% \text{ prote\acute{i}na} = \% N \times \text{factor.}$

#### CUADRO N° 02: DETERMINACION DE PROTEINA

DATOS	ACHIRA MORADA	ACHIRA BLANCA
<b>NITRÓGENO</b>		
<b>Gasto (HCl)</b>	0,2	0,15
<b>N</b>	0,1	0,1
<b>Meq</b>	1,4	1,4
<b>Pm</b>	0,3065	0,3054
<b>% N</b>	0,091	0,069
<b>PROTEINA</b>		
<b>%N x Factor</b>	<b>0,571</b>	<b>0,43</b>

#### 4.- LIPIDOS

Se procedió a pesar los balones de soxhlet, previo lavado, secado en estufa y enfriado en desecadores (p1). Pesamos una muestra de 5 g (pm) colocándolo en los cartuchos de papel filtro y se lleva al cuerpo del extractor, se introduce el solvente preparado y se extrae por destilación bajo reflujo por 2 – 3 horas, se retira el balón y se evapora hasta sequedad. Desecamos el balón a 100°C durante 5 min (p2).

$$\text{Grasa extraíble} = ((p2 - p1)/pm) \times 100 \%$$

**CUADRO N° 03: DETERMINACION DE LIPIDOS**

DATOS	ACHIRA MORADA	ACHIRA BLANCA
<b>P. balón</b>	112,7550	101,7305
<b>P. balón + fibra</b>	112,7588	101,7337
<b>Pm</b>	5,6474	3,4289
<b>% Grasa</b>	<b>0,075</b>	<b>0,093</b>

#### 5.- FIBRA

Se peso 2 g de muestra (pM) y se coloca en el Erlenmeyer de 500 ml, añadimos 200 ml de ácido sulfúrico al 1,25%, se hierve con refrigerante en reflujo por 30 min. Filtramos y colocamos el residuo en un erlenmeyer. Paralelamente hervimos 200 ml de solución de hidróxido al 1,25% y añadimos en pequeñas proporciones al erlenmeyer con la muestra. Se hierve el reflujo por 30 min. Filtramos en papel secado en estufa (pp). Lavamos el residuo

con agua hervida, 25ml de ácido clorhídrico al 1% y 25 ml de alcohol etílico. Secamos el papel más el residuo en estufa a 100°C durante 15 min. Colocamos en crisol de peso conocido (pc) y llevamos a mufla a 550°C por 3 horas.

Se registran los siguientes pesos:

- Peso del papel filtro (pp)
- Peso de crisol + papel filtro + residuo seco (p1)
- Peso de crisol (pc)
- Peso de crisol + ceniza (p2)

$$\% \text{ fibra} = \frac{((p1 - pp - p2))}{pM} \times 100$$

**CUADRO N° 04: DETERMINACION DE FIBRA**

<b>DATOS</b>	<b>ACHIRA MORADA</b>	<b>ACHIRA BLANCA</b>
<b>P.papel filtro</b>	0,8372	0,9076
<b>Pm</b>	5,0012	2,3039
<b>P papel + residuo seco</b>	0,8626	0,9186
<b>P crisol</b>	48,6426	48,2375
<b>P crisol + ceniza</b>	48,6475	48,2395
<b>% Fibra</b>	<b>0,004099</b>	<b>0,0039</b>

## 6. ACIDEZ Y Ph

Se pesó 10 g de muestra diluyendo a 100 ml, filtramos 50 ml de muestra y titulamos con Hidróxido de Sodio 0.1N.

$$\% \text{ acidez} = \frac{G \times N \times \text{Meq} \times 100}{Pm}$$

Pm

**CUADRO N° 05: DETERMINACION DE LA ACIDEZ Y pH**

DATOS	ACHIRA MORADA	ACHIRA BLANCA
Gasto	0,4	0,3
N	0,1	0,1
Meq	0,049	0,049
Pm	5	5
% Acidez	0,0392	0,0294
pH ( T = 20.4°C)	7,37	7,67

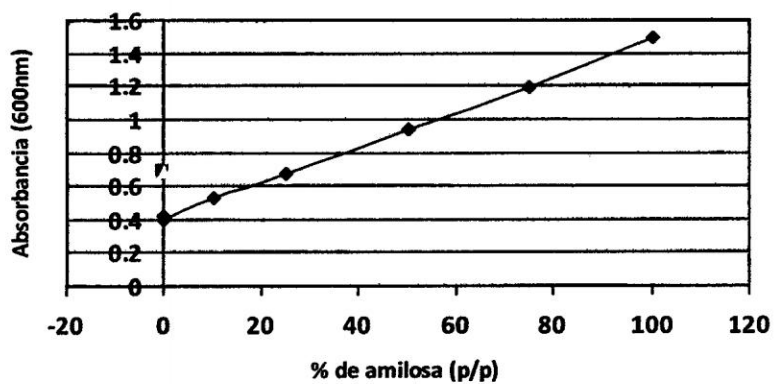
## 7.- RELACIÓN DE AMILOSA Y AMILOPECTINA

*Recta patrón para la determinación del % en peso de amilosa en una muestra de almidón.*

**CUADRO N° 06: AMILOSA Y ABSORBANCIA**

Amilosa (% p/p)	Absorbancia (600 nm)
0	0,418
0	0,396
10	0,535
10	0,535
25	0,668
25	0,668
50	0,935
50	0,935
75	1,185
75	1,18
100	1,462
100	1,495

**FIGURA N°01: RECTA PATRON PARA LA DETERMINACION DE AMILOSA**



AJUSTE DE LA RECTA:

Calculo de la pendiente.

$$m = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}$$

$$m = \frac{307.5 - \frac{(260)(4.8)}{6}}{\frac{18850 - (260)^2}{6}}$$

$$m = 0.013$$

Calculo de la intercepción en  $y$ .

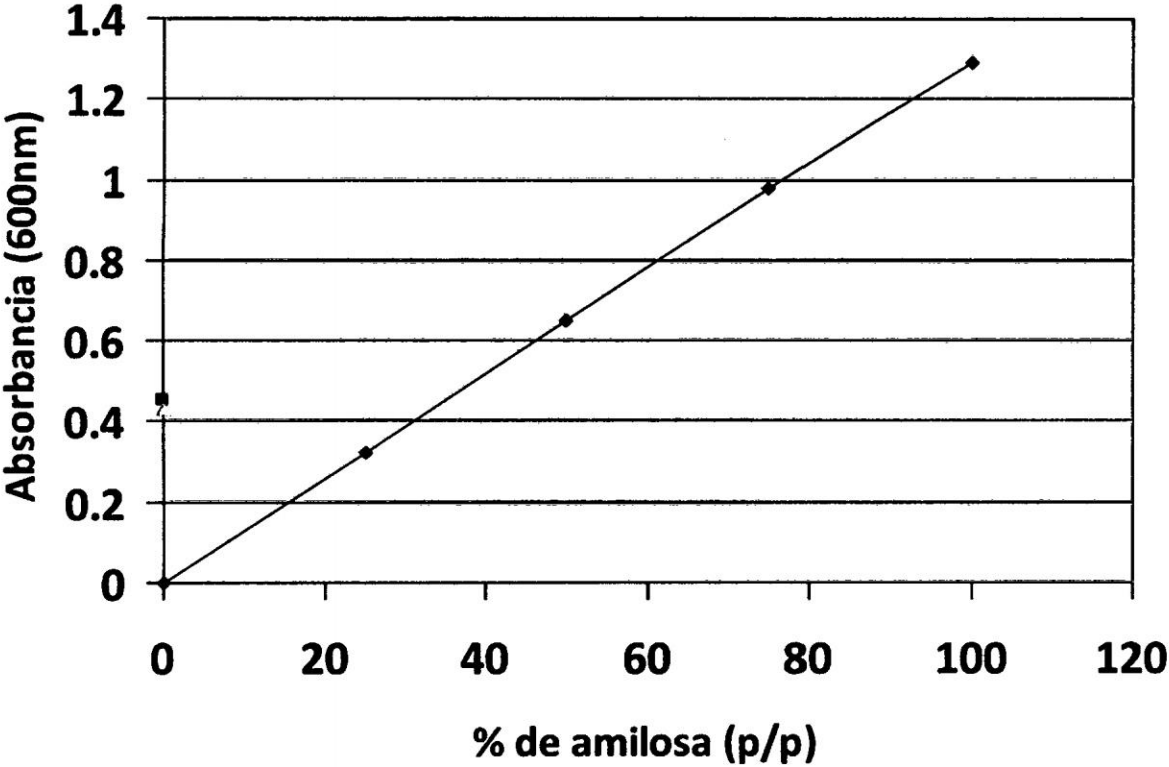
$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad \bar{y} = \frac{\sum y}{n}$$

$$b = \bar{y} - m\bar{x}$$

$$y = 0.013x$$



Ajustando la recta:



## 8.- PROPIEDADES FUNCIONALES DE DIFERENTES ALMIDONES

**CUADRO N° 07: PROPIEDADES FUNCIONALES DE DIFERENTES ALMIDONES**

	Fécula de papa	Almidón de maíz	Almidón de Trigo	Fécula de Tapioca
Color	Blanco	Amarillento	Amarillento	Blanco
Tamaño de partícula $\mu\text{m}$	5 - 100	2 - 30	1 - 46	4 - 35
Humedad (%)	18 - 20	11 - 13	11 - 13	13 - 15
Fósforo (%)	0,08	0,02	0,06	0,01
Proteína (%)	0,1	0,35	0,4	0,1
Grasa (%)	0,05	0,8	0,9	0,1
Amilosa (%)	20	27	28	17
Transparencia	Muy claro	Opaco	Opaco	Claro
Retrogradación	Media	Alta	Alta	Baja
Resistencia Mecánica	Media - Baja	Media	Media	Baja
Textura	Larga	Corta	Corta	Larga
Temperatura °C gelt.	58 - 65	75 - 80	80 - 85	60 - 65
Coeficiente de viscosidad	800 - 2000	200 - 800	100 - 300	300 - 1000