



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
Facultad de Ciencia y Tecnología
Escuela de Ingeniería en Alimentos

*“El Almidón modificado de plátano (musa paradisíaca) como una
alternativa en la industria cárnica”*

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniero en
Alimentos

Autor:

David Paúl Castro Jara

Director:

Dra. Rebeca Webster Coello

Cuenca, Ecuador

2008

DEDICATORIA

A mi hijo Martín Alejandro por ser la luz de mi vida, a mis padres Anita y Wilson por brindarme su apoyo incondicional y que con sus sabios consejos me guiaron en este proceso de crecer como profesional.

AGRADECIMIENTO

Mi infinito agradecimiento a Dios por darme la fuerza para seguir luchando superándome; a la Dra. Rebeca Webster y miembros del tribunal por guiarme con sabiduría en la realización de este trabajo.

A la Ing. Ximena Orellana y a la Ing. María Fernanda Rosales por su colaboración y ayuda, a mis grandes amigos; Ing. Patricia Segarra, Karina Rosales y Leonardo Yaguana por su apoyo incondicional.

A mis Padres, hermanas y a Alicia Jara sin ustedes nada en mi vida hubiera sido igual.

RESUMEN

En el presente trabajo investigativo se realizó la extracción del almidón de plátano verde en su especie *Musa paradisíaca* para esto se determinó el rendimiento de extracción en sus dos variedades dominico y barraganete.

Además se efectuó la modificación del almidón por medio de la acetilación para posteriormente realizar el análisis físico químico del almidón extraído y modificado.

Por último se aplicó el almidón modificado de plátano y el almidón de maíz en la elaboración de productos cárnicos escaldados en donde se valoró la funcionalidad del almidón modificado de plátano. Finalmente la evaluación sensorial con la prueba de preferencia con un control.

ABSTRACT

In the present work, the extraction of starch from green banana was performed. We determined the extraction yield from two varieties: dominico and barraganete.

By means of an acetylation, the starch obtained was modified and this product was evaluated by physical and chemical analysis. Finally, pure starch and acetylated starch were used in the formulation of scalded meat products. This work allowed us to compare the functionality of pure and modified starch. The prepared meat products were evaluated using sensorial analysis compared with a control sample.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Resumen.....	iv
Abstract.....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de cuadros y gráficos.....	vii

Introducción.....	1
-------------------	---

CAPÍTULO I: PLÁTANO VEDE (MUSA PARADISIACA)

Introducción.....	2
1.2 Generalidades.....	2
1.2.1 Musa Paradisiaca.....	2
1.2.1.1 La planta.....	3
1.2.1.2 Las Flores.....	4
1.2.1.3 El Fruto.....	5
1.2.1.4 Origen.....	6
1.2.1.5 Suelos.....	6
1.2.1.6 Temperatura.....	7
1.2.1.7 Plátano verde.....	8
1.3 Lugares de cultivo y propagación de la musa paradisiaca e el Ecuador.....	9
1.3.1 Propagación.....	9
1.3.2 Fertilización.....	10
1.3.3 Cosecha y rendimiento.....	11
1.3.4 Proceso de Cosecha.....	11
1.3.5 Almacenamiento.....	12
1.3.6 Maduración.....	12
1.3.7 Afecciones.....	14
1.4 Evaluación del Índice de madurez.....	14
1.5 Manejo poscosecha y Muestreo adecuado del Plátano.....	17
Conclusiones.....	20

CAPÍTULO II: EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN

Introducción.....	21
2.2 Selección de materia prima previo a la extracción.....	21
2.3 Preparación del fruto antes de la extracción.....	21
2.4 Extracción de almidón de Plátano verde.....	23
2.5 Evaluación de resultados.....	23
2.6 Costos del proceso.....	26
Conclusiones.....	26

CAPITULO III: MODIFICACIÓN DEL ALMIDÓN EXTRAÍDO Y ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Introducción.....	28
3.2 Modificación de Almidón por medio de acetilación.....	28
3.2.1 Almidón Estructura.....	28
3.2.2 Los Almidones modificados.....	30
3.2.2.1 Rendimiento de acetilación de Almidón.....	34
3.2.2.2 Grado de sustitución.....	34
3.2.2.3 Pruebas físico químicas en almidones modificados.....	36
3.2.2.4 Solubilidad en Agua fría.....	38
3.2.2.5 Estabilidad y claridad en pastas de almidón.....	39
3.2.2.6 Estabilidad al congelamiento y al deshielo de los almidones nativos y modificados.....	48
3.2.2.7 Capacidad de retención de agua de almidones nativos y Modificados.....	50
3.3 Análisis Microbiológicos del almidón modificado de plátano.....	55
Conclusiones.....	56

CAPÍTULO IV: APLICACIÓN TECNOLÓGICA DEL ALMIDÓN MODIFICADO DE PLÁTANO EN PRODUCTOS CÁRNICOS

Introducción.....	59
4.2 Aplicación tecnológica del almidón extraído y modificado en alimentos en productos cárnicos escaldados.....	59
4.2.1 Propiedades de almidones modificados en cárnicos escaldados.....	60
4.2.2 Problemas asociados con los almidones nativos en la producción de cárnicos escaldados.....	60
4.3 Elaboración y desarrollo de productos cárnicos escaldados.....	60
4.3.1 Clasificación de los embutidos.....	61
4.3.1.1 Constitución básica de los embutidos.....	61
4.3.2 Salchicha tipo Frankfurt.....	61
4.3.2.1 Diagrama de proceso de la salchicha tipo Frankfurt.....	62
4.3.2.2 Formulación.....	63
4.3.3 Mortadela.....	63
4.3.3.1 Diagrama de Proceso de Mortadela.....	64
4.3.3.2 Formulación.....	65
4.3.4 Salchicha Frankfurt de carne de ave (pollo).....	65
4.3.4.1 Diagrama de Proceso Salchicha tipo Frankfurt de pollo.....	66
4.3.4.2 Formulación.....	67
4.4 Valoración de la funcionalidad del almidón modificado en los productos cárnicos elaborados en comparación con otro almidón de uso comercial (almidón de maíz).....	67
4.4.1 Estabilidad de la emulsión.....	67
4.4.2 Capacidad de ligazón de agua.....	71

4.4.3 Perdidas de humedad (purga).....	71
4.5 Evaluación sensorial de los alimentos elaborados.....	74
4.5.1 Evaluación sensorial utilizando paneles de consumidores.....	75
4.5.2 Composición Físico – química y Características Sensoriales.....	75
4.5.3 Realización de Test para Evaluación Sensorial de Embutidos Elaborados.....	76
4.5.3.1 Resultados del Evaluación Sensorial de Alimentos realizados.....	79
4.5.3.1.1 Resultados de Evaluación Sensorial en Frankfurt.....	79
4.5.3.1.2 Resultados de Evaluación Sensorial en Mortadela.....	84
4.5.3.1.3 Resultados de Evaluación Sensorial Frankfurt de pollo.....	89
4.6 Costos y Rendimiento de Productos Desarrollados.....	93
Conclusiones.....	97
 CONCLUSIONES GENERALES.....	101
Bibliografía.....	103
Referencias Bibliográficas.....	103
Referencias Electrónicas.....	104
 Anexos.....	105

ÍNDICE DE CUADROS, GRÁFICOS E ILUSTRACIONES

Capítulo I

Fotografía N° 1.1.....	3
Fotografía N° 1.2.....	5
Fotografía N° 1.3.....	6
Fotografía N° 1.4.....	9
Fotografía N° 1.5.....	15
Fotografía N° 1.6.....	18
Fotografía N° 1.7.....	18
Fotografía N° 1.8.....	18
Fotografía N° 1.9.....	19
Fotografía N° 1.10.....	19
Fotografía N° 1.11.....	19
Fotografía N° 1.12.....	20

Capítulo II

Cuadro 2.1.....	22
Cuadro 2.2.....	22
Cuadro 2.3.....	24
Cuadro 2.4.....	25
Cuadro 2.5.....	26
Cuadro 2.6.....	26
Grafico 2.1.....	24
Grafico 2.2.....	25

Capítulo III

Cuadro 3.1.....	34
Cuadro 3.2.....	37
Cuadro 3.3.....	38
Cuadro 3.4.....	40
Cuadro 3.5.....	41
Cuadro 3.6.....	42
Cuadro 3.7.....	43
Cuadro 3.8.....	44
Cuadro 3.9.....	45
Cuadro 3.10.....	46
Cuadro 3.11.....	47
Cuadro 3.12.....	49
Cuadro 3.13.....	49
Cuadro 3.14.....	51
Cuadro 3.15.....	52

Cuadro 3.16.....	53
Cuadro 3.17.....	54
Cuadro 3.18.....	55
Cuadro 3.19.....	56
Grafico 3.1.....	29
Grafico 3.2.....	30
Grafico 3.3.....	30
Grafico 3.4.....	40
Grafico 3.5.....	41
Grafico 3.6.....	42
Grafico 3.7.....	43
Grafico 3.8.....	44
Grafico 3.9.....	45
Grafico 3.10.....	46
Grafico 3.11.....	47
Grafico 3.12.....	50
Grafico 3.13.....	51
Grafico 3.14.....	52
Grafico 3.15.....	53
Grafico 3.16.....	54

Capítulo IV

Cuadro 4.1.....	68
Cuadro 4.2.....	69
Cuadro 4.3.....	70
Cuadro 4.4.....	72
Cuadro 4.5.....	73
Cuadro 4.6.....	77
Cuadro 4.7.....	78
Cuadro 4.8.....	79
Cuadro 4.9.....	80
Cuadro 4.10.....	81
Cuadro 4.11.....	82
Cuadro 4.12.....	84
Cuadro 4.13.....	85
Cuadro 4.14.....	86
Cuadro 4.15.....	87
Cuadro 4.16.....	89
Cuadro 4.17.....	90
Cuadro 4.18.....	91
Cuadro 4.19.....	92
Cuadro 4.20.....	93
Cuadro 4.21.....	94
Cuadro 4.22.....	95
Cuadro 4.23.....	96
Grafico 4.1.....	68
Grafico 4.2.....	69

Grafico 4.3.....	70
Grafico 3.4.....	72
Grafico 4.5.....	73
Grafico 4.6.....	79
Grafico 4.7.....	80
Grafico 4.8.....	81
Grafico 4.9.....	82
Grafico 4.10.....	84
Grafico 4.11.....	85
Grafico 4.12.....	86
Grafico 4.13.....	87
Grafico 4.14.....	89
Grafico4.15.....	90
Grafico 4.16.....	91
Grafico 4.17.....	92

Castro Jara David Paúl
Trabajo de Graduación
Dra. Rebeca Webster Coello
Julio 2008

“El almidón modificado de plátano (musa paradisíaca) como una alternativa en la industria cárnica”

INTRODUCCIÓN

Este trabajo investigativo consiste en la extracción del almidón de plátano verde (musa paradisíaca), su modificación y aplicación en alimentos cárnicos escaldados y su posterior valoración funcional y sensorial.

Esta investigación busca dar una alternativa en la industria cárnica en el uso de almidones alternativos a los utilizados en la actualidad.

Para esto se realizó una investigación sobre el plátano verde en su especie Musa paradisíaca en el Ecuador, generalidades sobre la planta, lugares de cultivo su proceso de cosecha y poscosecha y conceptos básicos sobre la evaluación del índice de madurez del fruto.

En el segundo capítulo se realiza la extracción del almidón del plátano verde en sus dos variedades encontradas mayormente en el Ecuador que son barraganete y dominico, en cada especie se evaluó su índice de madurez para luego determinar el rendimiento de la extracción de almidón de sus variedades ya nombradas, el costo del proceso de extracción fue calculado para su posterior comparación con los precios de almidones comerciales.

Luego se realizó la modificación del almidón de plátano verde por medio de un método químico que es la acetilación con el objetivo de mejorar sus propiedades funcionales en la aplicación de alimentos cárnicos. Para valorar sus características se realizó el análisis físico químico de dicho almidón extraído y modificado, utilizando como control el almidón de maíz comercial, para determinar la calidad del almidón se efectuó pruebas microbiológicas de acuerdo a la norma NTE INEN 616:18.

Como último paso de esta investigación se llevo a cabo la aplicación de almidón extraído y modificado en productos cárnicos escaldados que fueron salchicha Frankfurt, mortadela y salchicha Frankfurt de pollo en donde se llevó a cabo la valoración de la funcionalidad del almidón aplicado como aditivo alimentario; además su posterior evaluación sensorial con la prueba de preferencia con un control, por último se realizó el calculo de los costos y rendimientos de los productos elaborados.

CAPÍTULO I

PLÁTANO VERDE (MUSA PARADISIÁCA)

Introducción.

El fruto del plátano es una baya partenocárpica es decir, se forma sin necesidad de que las flores femeninas sean polinizadas. Por ser un fruto climatérico, continúa madurando después de la cosecha pero el fruto debe recolectarse cuando está fisiológicamente maduro (verde-maduro). Su forma, tamaño y color, depende de la variedad cultivada.

En el Ecuador los lugares de cultivo se encuentran en el Litoral y el Oriente en donde encontramos grandes plantaciones de este fruto. En el Ecuador se encuentran dos clases predominantes de plátano verde en su variedad *musa paradisíaca* que son conocidas como dominico y barraganete.

Se realizó un muestreo simple de 3 lotes de cada especie en haciendas de la provincia del Oro, indistintamente se recolectó el fruto que estaba listo para su comercialización, verificando previamente el índice de madurez; la cantidad recolectada del primer lote fue de una cabeza de fruta de cada especie.

1.1 GENERALIDADES

1.1.1 *Musa Paradisiáca*.

El nombre de plátano, banano, cambur o guineo agrupa a un gran número de plantas herbáceas del género *Musa*, tanto híbridos obtenidos horticulturalmente a partir de las especies silvestres del género *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* como cultivares genéticamente puros de estas especies. Clasificado originalmente por Carlos Linneo como *Musa paradisíaca* en 1753. L

Estudios posteriores han llevado a la conclusión de que la compleja taxonomía del género *musa paradisíaca* incluye numerosos híbridos, de variada composición

genética. Sin embargo, de acuerdo a las reglas del Código Internacional de Nomenclatura Botánica, el nombre linneano sigue siendo usado tanto en su forma original como en la modificada *Musa paradisíaca*, que indica que se trata de un híbrido para designar genéricamente a estas variedades.

En la nomenclatura vernácula a veces se traza una diferencia entre las *bananas*, consumidas crudas como fruta de postre, y los plátanos, que por su superior contenido en fécula deben asarse o freírse antes de su ingesta. La diferencia no se corresponde exactamente con ningún criterio genético; aunque las variedades con mayor presencia genética de *M. balbisiana* suelen estar comprendidas en este segundo grupo, no se puede determinar si una planta producirá plátanos o bananas simplemente por su constitución genética. La confusión aumenta por el hecho de que en otras regiones los términos se consideran perfectamente sinónimos (Chessman, 1948, volumen 2, Pág. 145-153)

Se cultivan en más de 130 países, desde el sudeste asiático de donde son nativas, hasta Oceanía y Sudamérica; el principal productor mundial es la India, de donde proceden casi un cuarto de los frutos comercializados en Gaya, aunque buena parte de los mismos son para consumo doméstico. El principal exportador es Ecuador, que genera casi un tercio de las exportaciones globales (faostat.fao.org. Actualizada:6-6-07/S.C.A)

. El volumen de producción de bananas y plátanos sólo es superado por el trigo (*Triticum* spp.), el arroz (*Oryza sativa*) y el maíz (*Zea mays*). La producción continua de fruto a lo largo de todo el año los hace especialmente valiosos como alimento en la época entre cosechas en los países tropicales; son los plátanos de freír los que cumplen este papel principalmente.

1.1.1.1 La planta.



Fotografía 1.1. La planta Fuente: Cheesman, E. (1948): *Classification of the Bananas*. III

El banano no es un árbol, sino una megaforbia, una hierba perenne de gran tamaño. Como las demás especies de Musa, carece de verdadero tronco, en su lugar, posee vainas foliares que se desarrollan formando estructuras llamadas pseudotallos, similares a fustes verticales de hasta 30 cm de diámetro basal que no son leñosos, y alcanzan los 7 m de altura.

Las hojas se cuentan entre las más grandes del reino vegetal; son de color verde o amarillo verdoso claro, con los márgenes lisos y las nervaduras pinnadas. Las hojas tienden a romperse espontáneamente a lo largo de las nervaduras, dándoles un aspecto desaliñado. Cada planta tiene normalmente entre 5 y 15 hojas, siendo 10 el mínimo para considerarla madura; las hojas viven no más de dos meses, y en los trópicos se renuevan a razón de una por semana en la temporada de crecimiento. Son lisas, tiernas, oblongas, con el ápice trunco y la base redonda o ligeramente cordiforme, verdes por el haz y más claras y normalmente glaucas por el envés, con las nervaduras amarillentas o verdes. Dispuestas en espiral, se despliegan hasta alcanzar 3 m de largo y 60 cm de ancho; el pecíolo tiene hasta 60 cm.

El elemento perenne es el rizoma, superficial o subterráneo, que posee meristemos a partir de los cuales nacen entre 200 y 500 raíces fibrosas, que pueden alcanzar una profundidad de 1,5 m y cubrir 5 m² de superficie. Del rizoma también brotan vástagos o "chupones" que reemplazan al tallo principal después de florecer y morir éste. En los ejemplares cultivados sólo se deja normalmente uno para evitar debilitar la planta, pero en estado silvestre aparecen en gran cantidad; son la principal forma de difusión en las variedades estériles, que son la mayoría.

1.1.1.2 Las flores.

Unos 10 a 15 meses después del nacimiento del pseudotallo, cuando éste ya ha dado entre 26 y 32 hojas, nace directamente a partir del rizoma una inflorescencia que emerge del centro de los pseudotallos en posición vertical; semeja un enorme capullo púrpura o violáceo que se afina hacia el extremo distal, con el pedúnculo y el raquis glabros. Al abrirse, revela una estructura en forma de espiga, sobre cuyo tallo axial se disponen en espiral hileras dobles de flores, agrupadas en racimos de 10 a 20 que están protegidos por brácteas gruesas y carnosas de color purpúreo. A medida que las flores se desarrollan, las brácteas caen, un proceso que tarda entre 10 y 30 días para la primera hilera.



Fotografía 1.2. La flor. Fuente: Cheesman, E. (1948): *Classification of the Bananas. III*

Las primeras 5 a 15 hileras son de flores femeninas, ricas en néctar; en ellas el pépalo compuesto alcanza los 5 cm de largo y los 1,2 cm de ancho; es blanco o más raramente violáceo por el interior, con el color trasluciéndose a la vista desde fuera como una delicada tonalidad purpúrea. Su parte superior es amarilla a naranja, con los dientes de unos 5 mm de largo, los dos más exteriores dotados de un apéndice filiforme de hasta 2 mm de largo. El pépalo libre es aproximadamente de la mitad de tamaño, blanco o rosáceo, obtuso o trunco, con la apícula mucronada y corta. Las siguen unas pocas hileras de flores hermafroditas o neutras, y las masculinas en la región apical.

Salvo en algunos pocos cultivares, las flores masculinas desaparecen inmediatamente después de abrirse (la excepción son las bananas 'Cavendish' y los plátanos 'French'), dejando el ápice de la espiga desnudo salvo por un capullo carnoso terminal que contiene flores masculinos sin abrir. El enorme peso de las flores hace que el tallo floral se incline hacia el suelo en poco tiempo; a su vez, el fototropismo de las flores hace que se dirijan en su crecimiento hacia arriba.

1.1.1.3 El fruto.

El fruto tarda entre 80 y 180 días en desarrollarse por completo. En condiciones ideales fructifican todas las flores femeninas, adoptando una apariencia dactiliforme que lleva a que se denomine "manos" a las hileras en las que se disponen. Puede haber entre 5 y 20 manos por espiga, aunque normalmente se trunca la misma parcialmente para evitar el desarrollo de frutos imperfectos y evitar que el capullo terminal consuma las energías de la planta. El punto de corte se fija normalmente en la "falsa mano", una en la que aparecen frutos enanos. En total puede producir unos 300 a 400 frutos por espiga, pesando más de 50 kg.



Fotografía 1.3. El fruto. Fuente: Cheesman, E. (1948): *Classification of the Bananas. III*

El fruto es una falsa baya de 7 a 30 cm de largo y hasta 5 de diámetro, que forma un racimo compacto. Está cubierta por un pericarpo coriáceo verde en el ejemplar inmaduro y amarillo intenso, rojo o bandeado verde y blanco al madurar. Es de forma lineal o falcada, entre cilíndrica y marcadamente angulosa según la variedad. El extremo basal se estrecha abruptamente hacia un pedicelo en 1 a 2 cm. La pulpa es blanca a amarilla, rica en almidón y dulce; en los plátanos puede resultar algo astringente o gomosa por su contenido en látex, farinosa y seca

1.1.1.4 Origen.

El banano como plátano verde moderno es un cultígeno, probablemente originario de la región Indomalaya. Desde Indonesia se propagaron hacia el sur y el oeste, alcanzando Hawai y la Polinesia por etapas.

Las variedades comerciales se cultivan en todas las regiones tropicales del mundo. Es la más cultivada de las frutas tropicales y una de las cuatro más importantes en términos globales, sólo por detrás de la uva (*Vitis vinifera*), los citrus y la manzana. Anualmente se producen más de 28 millones de toneladas de fruta, de las cuales casi dos tercios provienen de Sudamérica.

1.1.1.5 Suelos.

Los bananos toleran bien una gran variedad de terrenos; crecen y fructifican en condiciones de bastante pobreza, aunque para que la producción sea económicamente rentable requieren suelos fértiles y húmedos. Prefieren terrenos profundos, bien drenados, con la capa freática a no menos de dos metros de profundidad; para evitar el anegamiento de las raíces, los cultivos en zonas de extrema humedad suelen elevar las plantas mediante canteros o bancales, además de cavar canales de desagüe entre las plantas, previendo una pendiente de alrededor del 1% para permitir el drenaje. En terrenos más secos se hace necesaria la irrigación artificial; el riego por aspersión

permite la plantación de bananos en terrenos arcillosos que tradicionalmente se consideraron inadecuados.

Prefieren suelos ligeramente ácidos, con un pH en torno al 6. Un exceso de acidez hace necesaria la adición de álcalis durante el crecimiento para evitar la propagación de los hongos del género *Fusarium*, responsables de la enfermedad de Panamá que es la principal plaga de estos cultivos. Si bien los suelos ideales son de origen aluvial, los terrenos arenosos, franco-arenosos, arcillosos, calcáreos y rocosos pueden ser aceptables; se presentan problemas en las arenas demasiado finas, que retienen demasiada agua.

Los requerimientos nutritivos del banano son elevados; las variedades de fruta pueden necesitar entre 250 y 600 kg de nitrógeno por hectárea para proporcionar rendimientos comerciales, y entre 700 y 800 kg de potasio. Los retoños cortados para evitar su desarrollo y los restos de los pseudotallos después de la cosecha se abandonan en la superficie o se añaden a un compuesto para mejorar la calidad de la tierra. Un exceso de salinidad no detiene el crecimiento de la planta, pero reduce marcadamente su rendimiento, dando lugar a frutos enanos o muy delgados.

1.1.1.6 Temperatura.

Los bananos son propios de regiones tropicales y subtropicales, y rara vez dan buenos resultados fuera de la banda comprendida entre los 30° Norte y 30° Sur .

La temperatura óptima para la floración ronda los 27°C, y el crecimiento de los frutos se beneficia de una ligeramente superior.

La planta sufre múltiples daños en su desarrollo cuando su cultivo se da en zonas altas y con bajas temperaturas, la mayoría de plantaciones no prospera a más de 600 metros de altitud.

El régimen de lluvias debe ser constante a lo largo del año, la sequía puede ocasionar una grave reducción en el número y el tamaño de los frutos, comprometiendo el rendimiento de la cosecha.

Por su naturaleza herbácea, los bananos deben estar protegidos del viento. Por encima de los 40 km/h las variedades de tallo más elongado pueden resultar arrancadas, al ofrecer las grandes hojas mucha resistencia; por encima de los 60 km/h aún las variedades enanas sufren daños. Aún rachas de menor intensidad pueden dañar los frutos, provocar la caída de las flores o desecar las hojas.

1.1.1.7 Plátano verde

Es un tipo de bananos bastante más grande que los amarillos que se consumen crudos, y poseen una cáscara verde y dura. Aunque todavía son poco conocidos en Japón, forman parte de alimentos habituales en los países tropicales y subtropicales. A veces dichos bananos se consumen crudos cuando se quedan maduros y cambia el color de su piel a amarillo. Sin embargo, lo normal es que se consumen cocinando. En la zona llamada “Cinta de Bananas” donde su clima y condiciones geográficas se consideran aptos para el cultivo de los mismos, este tipo de bananos se suelen vender con unos precios más altos que los amarillos que se suelen importar a Japón.

Entre diversas especies de plátano verde encontramos el de origen dominicano llamado comúnmente “dominico” cultivado para la exportación en Ecuador. Su tamaño medio es de 30cm, pero puede llegar hasta unos 50cm.

El plátano verde macho llamado también barraganete pertenece a la misma especie del plátano común, es el plátano verde o para cocer que se cultiva como si fuera una hortaliza en zonas de la selva tropical; su especie es *Musa paradisíaca* y pertenece a la familia de las Musáceas, su origen es asiático y se cultiva en todas las regiones tropicales y subtropicales de América.

Características: El Plátano macho es bastante más grande que el plátano común, se estrecha en su extremo inferior; su color es verde y al llegar a su estado óptimo de maduración se torna amarillo con manchas y rayas marrones; su sabor en crudo es astringente y al cocer se vuelve blando, suave y mantecoso.

Su consumo es cocido por que el plátano macho crudo es indigesto; se manipula como una hortaliza, se cuece con piel, asado cortado en sentido horizontal sin pelar y acomodando el lado de la piel sobre el fuego, hervidos, horneados se sirven como si fueran patatas asadas con piel para acompañar platos de carne o en rodajas fritos los más populares "patacones o tostones".

1.2 Lugares de cultivo y propagación de la Musa Paradisiáca en Ecuador



Fotografía 1.4. Lugares de cultivo. Fuente: Cheesman, E. (1948): *Classification of the Bananas. III*

En el Ecuador los lugares de cultivo de la musa paradisiáca se encuentran en la zona del litoral principalmente en la provincia del Oro que presenta las condiciones ideales para su crecimiento, pero también esta planta tiene grandes zonas de cultivo en el oriente del Ecuador ya que su clima húmedo y con temperaturas que van desde los 25°C lo hacen óptimo para su desarrollo.

1.2.1 Propagación

El principal medio de reproducción es el corte de potenciales propágulos a partir del rizoma, o sea únicamente las yemas del mismo.

Para emplear las yemas, se selecciona preferentemente una planta de unos siete meses de edad y se desarraiga, cortando luego el pseudotallo 1cm por encima de su nacimiento. Al arrancar las bases de las vainas foliares quedan visibles dos yemas de color rosáceo que pueden crecer con rapidez tras el replante. Cada uno de los fragmentos se sumerge en una solución nematicida y se fumiga contra hongos, para dejarlo luego reposar unas 48 h antes del replante. El peso ideal de cada trozo de rizoma está entre los 800 y los 1.800 g; si son más pequeños, se hará necesaria fertilización adicional.

La otra alternativa empleada con frecuencia es el uso de los brotes jóvenes que el rizoma produce para reemplazar eventualmente al pseudotallo. Los colinos aparecen como un brote cónico, cuyas hojas están poco desarrolladas y presentan más vaina que superficie foliar propiamente dicha. Para su uso comercial se espera a que comience a producir hojas similares a las del adulto, las llamadas "espadas"; en esta fase, se lo conoce como "puyón" o "aguja". Para su uso se lo separa del resto del rizoma con un machete, dejando una sección de buen tamaño unida al pseudotallo, y arrancando las hojas más viejas. El momento ideal para replantarlo es tres o cuatro

meses después de su aparición, en el primer año se desarrollará más rápidamente que los retoños obtenidos de yemas, dando el rendimiento óptimo.

El momento de la plantación depende del clima de la zona; es importante garantizar un buen nivel de humedad en la fase inicial de crecimiento, así como evitar a toda costa el anegamiento.

Las plantas se ubican a intervalos regulares, en disposición hexagonal o en canteros de dos o tres filas separados por carriles más anchos para la maquinaria agrícola. La distancia ideal depende del tamaño del cultivar, la fertilidad del suelo y otros factores; rara vez es inferior a los 2 m o superior a los 5. El sistema radical de un banano adulto puede ocupar un espacio de hasta 100 m², lo que debe tenerse en cuenta a la hora de planificar la disposición. Normalmente la densidad óptima está entre 1.200 y 2.400 plantas por hectárea.

Las plantaciones más densas favorecen el control de las malas hierbas y protegen del viento a los ejemplares, pero dificulta la prevención de plagas y disminuye el rendimiento. Los ejemplares plantados demasiado cerca unos de otros producen menos chupones, frutos más cortos y maduran antes de permitir el desarrollo completo de los mismos. Plantaciones más densas requieren mayores volúmenes de fertilizante, y pueden producir otros problemas por la disminución de la exposición solar de los ejemplares. A la inversa, plantaciones demasiado espaciadas favorecen la aparición de malas hierbas, incrementan la evaporación del suelo y exponen las plantas a mayores inclemencias.

1.2.2 Fertilización.

Los hoyos practicados para la plantación deben tener unos 40 cm de profundidad y un diámetro ligeramente mayor; pueden hacerse más profundos para mejorar la resistencia al viento. Se fertilizan antes de la plantación, para asegurar que la nutrición en los cruciales primeros cuatro meses de desarrollo será adecuada. Se estima que una cosecha de unas 12 toneladas por hectárea exige del suelo unos 25 kg de nitrógeno, 4,5 kg de fósforo, 62 kg de potasio y unos 8 kg de calcio. La proporción de abono empleado va de acuerdo a las características del suelo; la cantidad dependerá de la densidad de población, pero estará en torno a 1-1,5 toneladas por hectárea en un ciclo, incluyendo 50-150 kg de nitrógeno, 15-60 kg de fósforo y 80-180 kg de potasio.

Las técnicas de fertilización incluyen la aspersión de un tercio del fertilizante total estimado cuando aparecen los brotes, una segunda dos meses más tarde cubriendo un

área de 30 cm alrededor de cada planta, y una tercera luego de otros dos meses al doble de distancia, o una progresiva, comenzando con un cuarto de kilo de abono rico en magnesio para las plantas jóvenes y aplicando luego dosis progresivamente crecientes cada dos meses, llegando a dosis de 2,5 kg en época de floración. Si el suelo no es rico en manganeso y zinc, suele añadirse una aspersión anual con micronutrientes aplicados sobre las hojas, así como cobre usado como fungicida.

La irrigación se usa para garantizar los 100 mm mensuales de agua que los bananos requieren. Pueden emplearse aspersores de alto volumen, microaspersores o sistemas de riego por goteo. El riego de bajo volumen es más eficiente. Es imprescindible adoptar medidas para evitar el exceso de humedad en el suelo.

1.2.3 Cosecha y rendimiento.

El rendimiento de una plantación de bananos depende de las condiciones del suelo, de los métodos de cultivo y de la variedad plantada, pero puede esperarse una producción de entre 7 y 16 toneladas anuales de fruta por hectárea de plantación, y las plantaciones comerciales intensivas superan las 23 toneladas anuales. Para mantener este rendimiento no sólo debe seguirse rigurosamente el régimen de abonos, sino también renovarse la plantación cada dos o tres años, evitando así el envejecimiento de las plantas. A partir del cuarto año, la productividad comienza disminuir, y la producción irregular hace antieconómico el uso de medios mecánicos.

1.2.4 Proceso de Cosecha

El fruto se cosecha cuando ha cobrado ya su volumen pero antes de amarillear, alrededor de los tres cuartos del proceso de maduración. En este momento los frutos parecen ya menos angulosos, y los estilos florales en su extremo se han marchitado y se remueven con facilidad. Unos 80 días después de la apertura de la primera mano, los racimos se cortan enteros con un cuchillo bananero de hoja curva. El tallo floral se inclina, tirando de las hojas o con un accesorio, para bajar el racimo al alcance de la mano, y los cosecheros trabajan en tándem, uno de ellos cortando el racimo y unos 20 cm de tallo que se usa como manija para trasladarlo hasta el depósito o vehículo. Uno de los cosecheros lleva una indumentaria especial, acolchada, para apoyar las frutas sobre su cuerpo sin que se dañen en el transporte. Tras la cosecha, el pseudotallo del que ha brotado el racimo se deja secar o se arranca y esparce en el

suelo para mejorar la reabsorción de su materia orgánica. Se apisona cuidadosamente la tierra a su alrededor para evitar que el orificio favorezca el acceso de plagas.

1.2.5 Almacenamiento

En el método tradicional, los racimos se almacenaban a oscuras en vehículos y se transportaban directamente hasta los puntos de embarque para el transporte de larga distancia, lo que ocasionaba grandes pérdidas por daños. Hoy se acostumbra transportarlas suspendidas, en vehículos acondicionados especialmente, para evitarlo. Los racimos deben cubrirse para evitar que la luz induzca la maduración antes de tiempo. En los puntos de almacenamiento y en los vehículos, cuando se las apoya, se utiliza una mezcla de restos de hojas y capas de papel ordinario para protegerlas y absorber el látex que mana del corte en la parte superior del tallo y de los estilos florales al caer; puede utilizarse como alternativa una vaina de plástico o polivinilo, que sin embargo provoca un incremento en el drenaje de látex y mancha la superficie exterior de la fruta, disminuyendo su valor comercial. La protección se completa con colchones de hojas frescas y otros restos de la poda de los pseudotallos. Antes del embalaje para el transporte de larga distancia, los racimos se lavan en tanques con una solución de bicarbonato de sodio para eliminar los restos de látex y mejorar su presentación; a veces, después del lavado, se aplica fungicida en la superficie cortada para evitar la podredumbre del fruto. Los racimos manchados o dañados después del lavado se destinan al consumo local.

El empaquetado en cajas se utilizó en el pasado, pero la pérdida de frutos por los golpes contra las paredes y fondo del recipiente hicieron que se descartara como sistema para el transporte. Hoy se emplean paquetes de cartón con acolchado plástico para evitar la degradación de calidad, dotada de buena ventilación y ajustada al calibre de los frutos, que se preseleccionan a ese efecto.

1.2.6 Maduración.

El principal agente utilizado para controlar la maduración durante la distribución es el etileno. Este gas se aplica dos o tres veces, en una concentración de 1:1000, en las salas de maduración a temperatura controlada, donde la fruta se mantiene a un 85%,90% de humedad y entre 15 y 21°C. El etileno mejora la dulzura y el aroma de los frutos, pero acelera el proceso de maduración a tal punto que los frutos madurados de este modo deben mantenerse en frío y consumirse durante los dos días

siguientes al proceso. Aunque en ciertas regiones se acostumbra aplicar carburo de calcio, un mineral que reacciona con la humedad relativa produciendo una reacción que libera etileno y calor, favoreciendo la rápida maduración del fruto. En el uso doméstico, el uso de bolsas cerradas de polietileno para suplir este proceso es usual.

1.2.7 Afecciones.

La gran diversidad genética de los bananos y plátanos hace que pocas enfermedades afecten uniformemente a todos los cultivares. Uno de los problemas universales que los afectan son los nematodos, que atacan los rizomas causando la podredumbre de los mismos.

Los nematodos afectan a bananos y plátanos en todas las regiones del mundo. Se alimentan de los rizomas y de las raíces, provocando daños que debilitan irremediablemente la planta u ocasionan su muerte. Además, la infección con nematodos favorece la contracción de otras enfermedades.

Para controlar los nematodos se usan rizomas sanos, que se plantan en terrenos seguros; el dejar la tierra en barbecho a pleno sol elimina los nematodos del terreno con gran seguridad, aunque en algunas regiones son necesarios hasta tres años para garantizar su total limpieza. La desinfestación de los rizomas se efectúa mediante un lavado y un tratamiento hidrotérmico, sumergiéndolos en una solución de hipoclorito de sodio al 1% en agua caliente a 50–54°C durante 10 minutos.

El picudo del banano o picudo negro, *Cosmopolites sordidus*, es otra plaga muy agresiva. Penetra la base succulenta del pseudotallo y excava túneles en su interior, alimentándose del material nutritivo. La savia drena por su punto de acceso, revelando la infección. El trips del banano (*Chaetanaphothrips orchidii*) afecta la cáscara de la banana, exponiendo la pulpa y causando su descomposición; Es importante también el ácaro del banano, *Tetranychus lambi*, que afecta primero las hojas y luego el fruto, provocando quebraduras en la cáscara y el marchitamiento prematuro.

Las micosis incluyen varias de las afecciones más virulentas que padece el banano. La más antigua de éstas es la sigatoka, causada por *Mycosphaerella musicola* (*Cercospora musae* en su etapa de conidio). Característico de áreas húmedas, se manifiesta con manchas pálidas en las hojas, que oscurecen luego, extendiéndose a toda la planta. Los bananos afectados reducen su sistema radicular, producen fruta

ácida y detienen su crecimiento. Se controla mediante la aplicación tópica de aceite mineral o por el rociado con fungicidas.

La sigatoka negra, obra de *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*, es mucho más virulenta, mata las hojas y causa la caída de los frutos, que quedan expuestos al sol. Afecta a cultivares que resultan resistentes a la sigatoka normal, y requiere cuatro veces más fungicida para controlarla.

El hereque o moko bacteriano del banano es obra de *Ralstonia solanacearum*, que también afecta a la papa. Se transmite por contacto entre raíces, el suelo, insectos o implementos de labranza, y puede permanecer en el suelo hasta 12 meses en algunas variedades. Las medidas de control incluyen la protección con bolsas del racimo para evitar el contacto con agentes, la desinfección de los útiles con formaldehído, y el uso de herbicidas en la plantación y región aledaña, pero no hay solución conocida para la infección.

El virus del mosaico del pepino afecta a los bananos, adonde llega transmitido por vectores ácaros. Su importancia es marginal, sin embargo. Mucho más peligroso es el BBTV (*banana bunchy top virus*), que retrasa el crecimiento de las hojas, dándoles una forma corta, rígida y erecta, con los márgenes endurecidos y quebradizos. En la mayoría de las variedades inhibe por completo la formación de frutos, y no tiene cura conocida.

1.3 Evaluación del Índice de madurez.

La calidad del plátano depende de aspectos tales como la integridad de la fruta, consistencia firme, sanidad del producto, limpieza, sin magulladuras ni daños por plagas o presencia de las mismas. Asimismo, los dedos deben estar libres de malformaciones y los pedúnculos deben estar intactos y libres de daños por hongos. Las manos deben incluir una porción suficiente de la corona, la que debe estar sana y presentar un corte limpio, sin pedúnculos fragmentados.

El plátano para los distintos mercados y formas de consumo se cosecha al estado verde-maduro. Posteriormente, se le madura para consumo. Los siguientes son los principales índices de madurez a considerar:

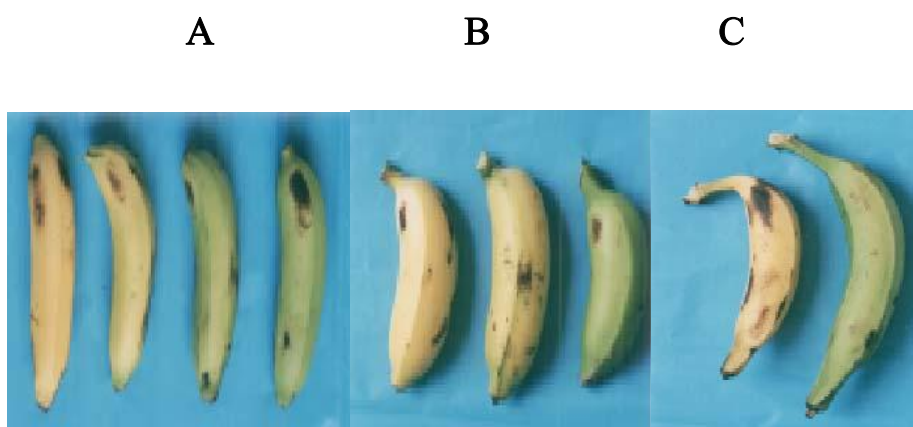
- El diámetro y llenado de los frutos. A medida que los frutos maduran, las aristas de los mismos tienden a desaparecer. Para exportación y transporte marítimo el racimo se corta con un estado de madurez conocido como 'lleno tres cuartos', cuando los dedos todavía son angulares. Cuando los viajes no

son tan largos, se prefiere un estado de madurez intermedio conocido como "tres cuartos llenos o tres cuartos pesado". Para el autoconsumo, el racimo se puede dejar en la planta hasta que los dedos estén redondeados (llenos) ya que el peso del racimo aumenta considerablemente durante las últimas dos o tres semanas.

- Otra forma de determinar el grado de madurez es a través del "índice de llenado", que es el peso del fruto interior de la primera o segunda mano, dividido entre su longitud. Por ejemplo se recomienda cortar el plátano cuando su índice es de 7.9 a 8.3, valores que resultan de dividir el peso del fruto (133 a 140 g) entre su longitud (16.3 a 17.7 cm). En Centroamérica se toma en consideración el diámetro del fruto central externo de la segunda mano que debe ser de aproximadamente 3.37 cm, medido con calibradores.
- El color de la cáscara debe ser verde al momento de la cosecha.

Los almidones predominan al momento de la cosecha del plátano y su grado de hidrólisis en azúcares depende de su forma de consumo (fresco o cocido); así como del mercado de destino, la distancia del transporte y el período de comercialización.

Fotografía 1.5. A. Plátano “seda”; B. Plátano “dominico”; y C. Plátano “barraganete”, con diferentes grados de madurez. En todos los casos se notan los daños por mal manejo de la fruta.



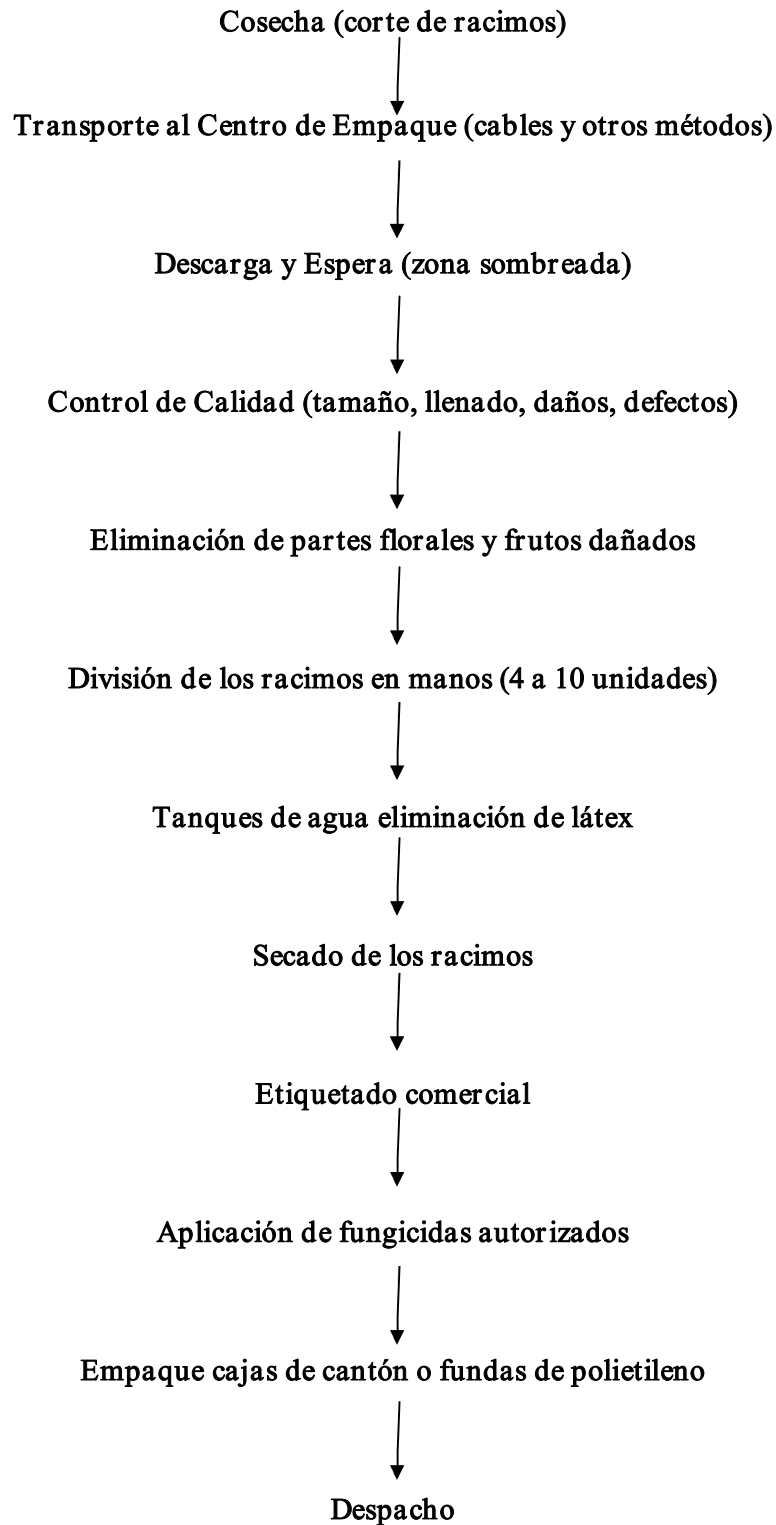
Fuente: Cheesman, E. (1948): *Classification of the Bananas. III*

La fruta cosechada inmadura es de menor calidad y con posterioridad no madura adecuadamente para su consumo en fresco. Racimos cosechados al estado lleno o sobremaduros son muy vulnerables al daño ocasionado por el transporte, se conservan menor tiempo y son más susceptibles al deterioro físico y patológico.

En los anexos se incluye Norma del codex Alimentarius para el banano (plátano) definición del producto.

1.4 Manejo poscosecha y Muestreo adecuado del Plátano.

Manejo poscosecha del plátano



Fotografía 1.6. Ingreso de los racimos al centro de empaque



Fotografía 1.7. Aislamiento con poliuretano para evitar el roce de la fruta.



Fotografía 1.8. Eliminación de restos florales.



Fotografía 1.9. Corte de manos y eliminación de látex en tanques de agua.



Fotografía 1.10. Manos de plátano adecuadamente cortadas.



Fotografía 1.11. Fruta en bandejas ingresando a la zona de etiquetado y tratamiento con fungicida.



Fotografía 1.12. Etiquetado y aplicación de fungicida



Fuente: Cheesman, E. (1948): *Classification of the Bananas. III*

Conclusiones.

En el estudio que se planteó en el primer capítulo hemos abarcado una serie de generalidades importantes sobre la parte agroindustrial de la cosecha poscosecha y comercialización de la “musa paradisíaca” o comúnmente llamado plátano verde.

Fue importante el conocimiento de todos estos factores para el comienzo del estudio de extracción de almidón de este fruto puesto que hay propiedades importantes que van a influir en el posterior estudio tales como: la calidad del fruto interviene directamente en las características de almidón que va a ser extraído, así como también el índice de madurez que va determinar un buen rendimiento de extracción.

CAPÍTULO II

EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN

Introducción

En este capítulo se realizó la extracción de almidón del plátano verde (*musa paradisíaca*), para lo cual se determinó su índice de madurez en cada uno de los lotes del fruto, en sus dos variedades existentes en el Ecuador (barraganete y dominico), para luego pasar a su preparación post extracción ya que este fruto al tener contacto con el aire se oxida.

Se extrajo el almidón de cada uno de las muestras para poder determinar cual de los dos tipos de plátano presenta el mejor rendimiento de almidón en la pulpa, a continuación se realizó una evaluación del costo de dicha extracción.

2.1 Selección de la materia prima

Los frutos de plátano (banano de cocción; *Musa paradisíaca*) fueron adquiridos directamente de las plantaciones, una vez que el productor consideró que tenía la condición adecuada para su comercialización, la cual corresponde aún a un estado verde o inmaduro. La selección se hizo de esta manera debido a que el fruto en ese momento ya tiene el tamaño y peso adecuado para su comercialización cuando los índices de madurez están entre de 7.9 a 8.3, que resultan de dividir el peso del fruto en gramos entre su longitud en centímetros. Además se observó para esta selección el estado del fruto en cuanto a su calidad para lo cual se verificó que las llamadas “cabezas” se encontraran con sus partes florales eliminadas y que no se localicen frutos dañados y en mal estado.

2.2 Preparación del fruto antes de la extracción

Se pesaron muestras entre 3,1 y 3.5 Kg del fruto, posteriormente se procedió a evaluar el índice de madurez con la técnica precisada en el capítulo anterior este proceso se realizó en las dos especies de plátano verde (*musa paradisíaca*) que comúnmente se encuentran en el Ecuador estas son las llamadas barraganete y

dominico, los valores del índice de madurez de los lotes muestreados se exponen en los cuadros 2.1 y 2.2.

A continuación se eliminó la cáscara, se cortaron en trozos de 2-3 cm de largo y se colocaron en recipientes plásticos de 5 litros con una solución antioxidante de ácido cítrico al (0,3%) en una relación fruto/solución 1:1.5 p/v como se indica en la técnica de extracción de almidón de los autores *Flores-G., García, Flores-H., Núñez, González y Bello Pág. 88*, debido a que al contacto con el oxígeno se produce oxidación de la pulpa (pardeamiento enzimático) lo que podría ocasionar la aparición de puntos o manchas negras en el almidón aislado

Cuadro 2.1 Índice de Madurez Plátano Verde (musa paradisíaca) tipo Barraganete

Muestras	Longitud (cm)	Peso (g)	Índice de Llenado P/L
1	32	301	9,4
2	38	372	9,78
3	33,8	322	9,52
4	34,3	340	8,65
5	32,5	312	9,6
Sumatoria	170,6	1647	9,65
Σ P/L =			9,65

* P/L = Índice de llenado del fruto que resultan de dividir el peso del fruto en gramos entre su longitud en centímetros.

Cuadro 2.2. Índice de Madurez Plátano Verde (musa paradisíaca) tipo Dominico

Muestras	Longitud (cm)	Peso (g)	Índice de Llenado P/L
1	21.8	157.44	7.22
2	22.8	120.3	7.46
3	26.2	195.37	7.43
4	19	150.14	7.9
5	25.3	183.73	7.2
Sumatoria	115.1	1857.01	7.44
Σ P/L =			7.44

Se debe mencionar que los esquemas presentados corresponden a las muestras que mostraron los mejores índices en porcentaje de almidón extraído.

2.3 Extracción de Almidón de Plátano (musa paradisíaca)

Después de que los plátanos estuvieron por algunos minutos en la solución de ácido cítrico se procedió a la extracción siguiendo la técnica de los autores ya mencionados; para esto se siguió los siguientes pasos: Para la molienda húmeda se utilizó una licuadora casera a velocidad máxima, por dos minutos, posteriormente el fruto molido se cribó sucesivamente en mallas de 50, 100 U.S. En cada malla el residuo se lavó hasta que el líquido de salida no tuviera residuo aparente de almidón, el cual se comprobó con lugol.

La suspensión obtenida se dejó decantar por un lapso de tiempo de 24 horas se eliminó el sobrenadante y luego la pasta obtenida se separó en una centrífuga de laboratorio a 5000xg, se eliminó el sobrenadante, y de la pasta resultante se separó el residuo (almidón). La pasta final se secó en una estufa con recirculación de aire a 40-45 °C, por un tiempo de 48 horas.

2.4 Evaluación de Resultados

Los resultados de extracción de tres lotes muestreados de cada especie tanto barraganete como dominico son mostrados a continuación en los cuadros 2.3 y 2.4 y en los gráficos 2.1 y 2.2.

Cuadro 2.3. Rendimiento de la extracción de almidón de Plátano Verde (musa paradisíaca) tipo barraganete

Muestras	Peso de la muestra (Kg)	Peso de pulpa (g)	Peso de almidón recuperado (g)	% Rendimiento de extracción de almidón
1	3,1	1800	690	38,33
2	3,3	1950	750	38,46
3	3,5	2100	810	38,57

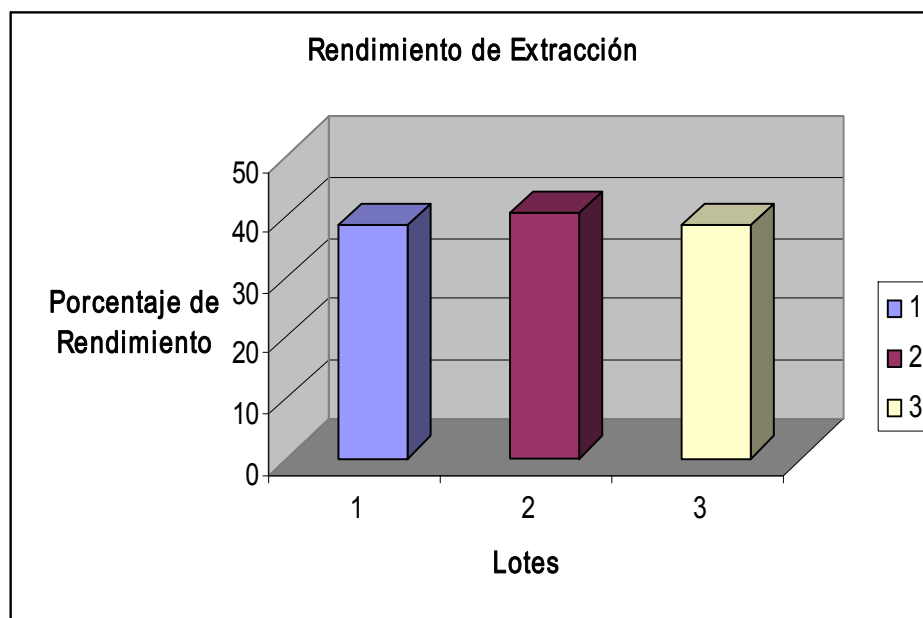


Grafico 2.1. Rendimiento de extracción (barraganete)

Cuadro 2.4. Rendimiento de la extracción de almidón de Plátano Verde (musa paradisíaca) tipo dominico

Muestras	Peso del muestra (Kg)	Peso de pulpa (g)	Peso de almidón recuperado (g)	% Rendimiento de extracción de almidón
1	3,1	1850	564	30,48
2	3,3	1912	608	31,79
3	3,5	2120	723	34,10

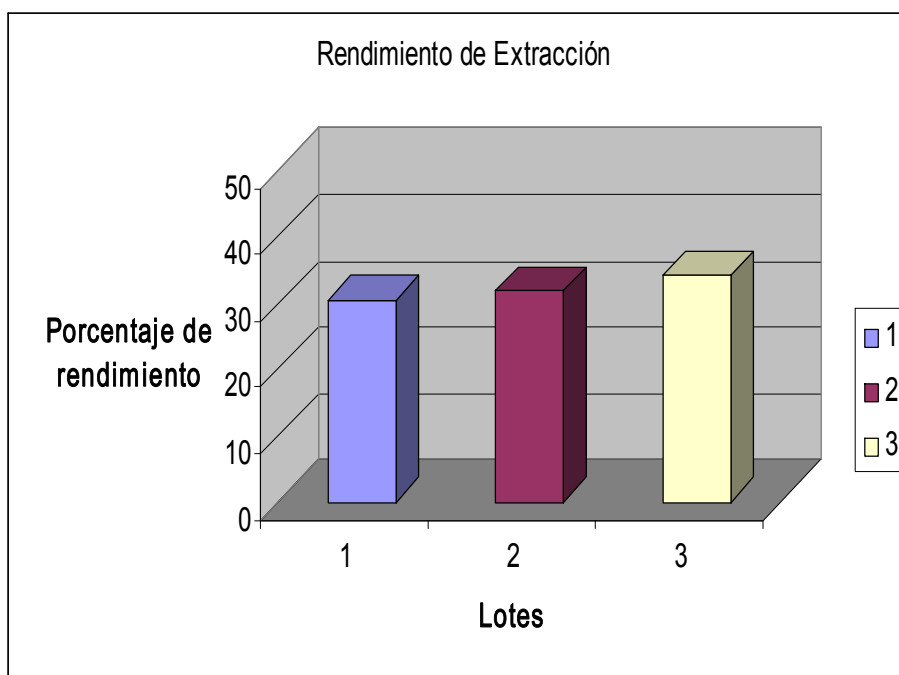


Grafico 2.2. Rendimiento de extracción (dominico)

2.5 Costos del proceso

Los costos del proceso se calcularon a la muestra que mostró el mejor rendimiento de almidón (Barraganete), en este cuadro no se considera el costo de materiales, equipos y utilización de instalaciones puesto que la Universidad del Azuay facilitó su utilización sin valor alguno.

Cuadro 2.5 Costos de proceso de Extracción de almidón de plátano verde tipo barraganete

	Costo en \$
Plátano verde 1.6kg	0,80
Reactivos	0,20
Corriente eléctrica, agua	0,06
Insumos	0,05
Costo/Kg. de almidón	1.11
Precio/Kg. de almidón	1.55

* El precio del almidón fue calculado el costo +20% de recargos

Cuadro 2.6 Costo en mercado de almidones comerciales

Almidones comerciales	Precio \$/Kg.
almidón de maíz	0.90
almidón de yuca	1,9
almidón de papa	2,7
almidón de trigo	2,9

Conclusiones.

Después de realizados los análisis propuestos en este capítulo pudimos determinar los índices de madurez en los lotes, teniendo como resultado que el plátano verde tipo barraganete arrojó un índice de madurez de **9,654** que mostró ser mayor al índice de madurez del plátano verde tipo dominico que fue de **7.44** ambos resultados si bien no se encuentran dentro del límite del índice de madurez recomendado 7.9 a 8.2 al momento de la cosecha están bastante cercanos, esto se puede dar en el primer

caso por que el plátano sigue su proceso de madurez una vez que es cortado y el lote tuvo un tiempo de transporte por lo que pudo subir su índice de madurez. En el segundo caso el plátano verde tipo dominico muestra un índice de madurez menor al recomendado, esto se puede dar ya que este plátano tiene un mayor tiempo de transporte 72 horas o más, de esta forma el agricultor evita que el fruto llegue con un mayor estado de madurez al consumidor.

En la extracción del almidón se ve claramente que el mejor rendimiento obtuvo el plátano verde tipo barraganete que fue del **38.57%** de almidón en la pulpa comparado con el rendimiento del plátano verde tipo dominico que mostró un rendimiento menor del **34.10%**.

El costo de extracción por Kg. de almidón es de 1.11\$ que está dentro de los costos mas bajos comparando con los precios de los diferentes almidones comerciales.

CAPÍTULO III

MODIFICACIÓN DEL ALMIDÓN EXTRAÍDO Y ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Introducción.

El almidón constituye una excelente materia prima para modificar la textura y consistencia de los alimentos (French, 1984; Biliaderis, 1991). Su funcionalidad depende del peso molecular promedio de la amilosa y la amilopectina, así como de la organización molecular de estos glucanos dentro del gránulo. Los almidones nativos se utilizan porque regulan y estabilizan la textura y por sus propiedades espesantes y gelificantes (Cousidine, 1982). Las limitaciones que pueden tener los almidos nativos se pueden superar modificando la estructura nativa por métodos químicos, físicos y enzimáticos (Fleche, 1985), dando como resultado un almidón modificado; se incluye a los almidones hidroxipropilados, de enlaces cruzados y acetilados (VanDer Bij, 1976).

El plátano (*Musa paradisiaca*.) es una fuente alterna para obtener almidón que es el componente principal del fruto inmaduro.

Por tanto, el objetivo del presente estudio fue modificar el almidón del plátano usando acetilación, y evaluar algunas de sus propiedades funcionales para sugerir su posible aplicación en alimentos

3.1 Modificación de almidón por medio de acetilación

3.1.1 Almidón-Estructura

El almidón desde el punto de vista químico es un hidrato de carbono, que puede encontrarse no solo en los cereales sino en otros grupos de alimentos del reino vegetal.

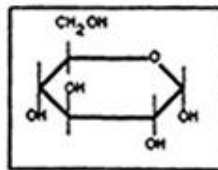
El almidón es la mezcla de dos polisacáridos: la amilosa y la amilopectina. Ambos están formados por unidades de glucosa, en el caso de la amilosa unidas entre ellas por enlaces α 1-4 lo que da lugar a una cadena lineal y en el caso de la amilopectina, aparecen ramificaciones debidas a enlaces α 1-6.

En general, los almidones contienen entre el 20% y el 30% de amilosa, aunque existen excepciones. En el maíz céreo, llamado así por el aspecto del interior del grano, casi no existe amilosa, mientras que en las variedades amiláceas representa entre el 50% y el 70% .

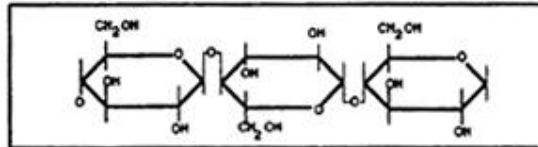
Resumiendo la proporción amilasa/amilopectina en el grano más común es 25/75%, pero pueden ser encontradas un 50% amilopectina en variedades como la Cerosa o Waxy.

En función de la proporción amilasa/amilopectina así serán las dos propiedades fundamentales que presentan: Absorción y retención de agua y Capacidad de formación de gel. Así mismo esta proporción determinará las propiedades funcionales de los almidones. (Bello-Pérez L A, y Paredes-López 1999)

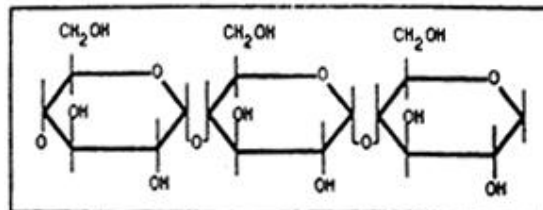
Grafico 3.1 Estructura Química del Almidón



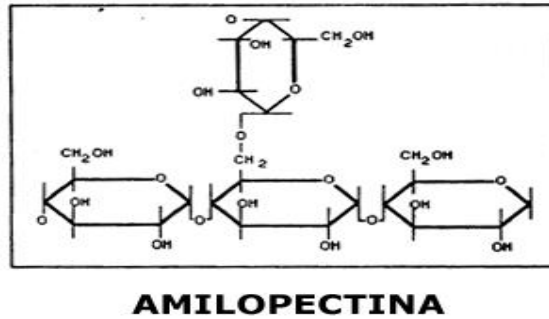
GLUCOSA



CELULOSA



AMILOSA

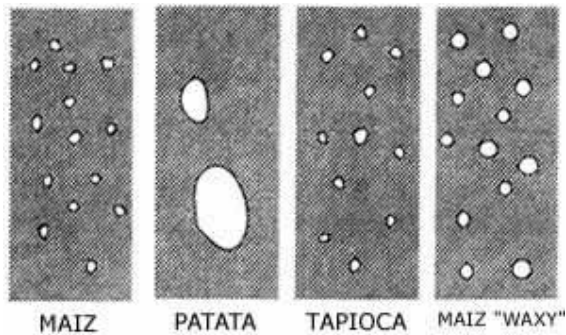


Fuente: Almidones modificados. [Online]. [consulta enero 2008]. Disponible en: <http://www.berlin/und/mehr>

Grafico 3.2 Estructura cristalina de gránulos de almidón



Grafico 3.3 Estructura granular del almidón de diferentes fuentes



Fuente: Almidones modificados. [Online]. [consulta enero 2008]. Disponible en: <http://www.berlin/und/mehr>

3.1.2 Los almidones modificados

Las cualidades de los almidones nativos en la utilización en productos alimenticios así como en sus propiedades físicas, químicas y funcionales pueden ser mejoradas modificando la estructura nativa por métodos químicos, físicos y enzimáticos, dando como resultado un almidón modificado; se incluye a los almidones hidroxipropilados, de enlaces cruzados y acetilados. Estos almidones generalmente muestran mejor claridad de pasta y estabilidad, menor tendencia a la retrogradación y aumento en la estabilidad al congelamiento-deshielo.

El almidón modificado más simple es el pregelatinizado, aplicado a productos instantáneos en los que se desea una hidratación rápida.

Algunos de ellos están considerados aditivos ejemplo de ellos es la siguiente lista

1. E 1404 Almidón oxidado
2. E 145 Fosfato de monoalmidón
3. E 1412 Fosfato de dialmidón
4. E 1413 Fosfato de dialmidón fosfatado
5. E 1414 Fosfato de dialmidón acetilado
6. E 1420 Almidón acetilado
7. E 1422 Adipato de dialmidón acetilado
8. E 1440 Hidroxipropil almidón
9. E 1442 Fosfato de dialmidón hidroxipropilado

Se consideran en general aditivos totalmente seguros e inocuos.

Los almidones modificados también pueden considerarse dentro en un grupo de productos alimenticios que se denomina PAI (Productos Alimentarios Intermedios), también conocidos como PIA (Productos Intermedios Agroindustriales) y no son más que aquellos productos comestibles, no necesariamente nutritivos, que no son materias primas básicas de los alimentos industrializados (carne, leche, fruta, huevos), ni se consumen directamente, sino que proceden de transformaciones de aquellas materias primas básicas a fin de adaptarlas mejor a la aplicación industrial, facilitando la elaboración industrial de los alimentos (Bello, L. Contreras, S. y Col. Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de Plátano *musa paradisíaca* l. (var. Macho). Agrociencia. [Online]. Marzo-Abril. Vol. 36, 002 [Octubre 2006]. Disponible en: < <http://redalyc.uaemex.30230236204.pdf>>)

Los almidones modificados, si seguimos la anterior clasificación, son considerados PAI con valor nutricional y de un gran valor añadido.

Formas de obtención

El origen de este tipo de almidones es fundamentalmente los cereales, de los cuales se obtienen las harinas nativas a partir de las cuales se aíslan los almidones nativos que pueden ser convertidos en *almidones modificados* tras la aplicación tratamientos como acidificaciones, oxidaciones, introducción de grupos químicos, tratamientos enzimáticos, etc.

Estas modificaciones permiten adecuar las propiedades a la finalidad tecnológica que se requiera.

- Gelatinización: consiste en cocer y gelatinizar el almidón haciéndole pasar por unos rodillos calientes, para después sacarlo. El producto se hincha rápidamente en agua fría y forma una pasta estable, permite obtener almidones que no requieren un posterior calentamiento para adquirir sus propiedades espesantes.
- Hidrólisis: se logra calentando una suspensión al 40% a 55°C en presencia HCL o H₂SO₄ 0.1N durante un tiempo que puede variar entre 10 y 20 horas para lograr la viscosidad deseada, después se neutraliza con NaOH, acorta algunas cadenas del polisacárido obteniendo pastas que en caliente presentan poca viscosidad mientras que se logran texturas gomosas por los geles débiles que se forman en frío.
- Esterificación: esta reacción se efectúa con óxido de propileno el cual forma enlaces de éter con los OH y alcanza un grado de sustitución de 0.05 0.10 y esto produce la reducción de la temperatura de gelatinización así como la retrogradación (transmitancia).
- Cross-linking: esta reacción es de esterificación pero de dos cadenas unidas por un grupo funcional, como un éster fosfato, que establecen enlaces intermoleculares que refuerzan el gránulo, permite obtener pastas de alta estabilidad ante el calentamiento, la agitación y el bajo pH. No presentan gelificación ni retrogradación.
- Oxidación: se efectúa con diferentes agentes químicos pero el más empleado es el hipoclorito de sodio. La oxidación de algunos OH se hace al azar y da lugar a grupos carboxilo, además que existe cierto grado de hidrólisis disminuye la temperatura de gelatinización y la viscosidad. Se obtienen pastas fluidas y transparentes.

Una de las modificaciones más utilizadas es el entrecruzado, que consiste en la formación de puentes entre las cadenas de azúcar que forman el almidón. Si los puentes se forman utilizando:

- Trimetafosfato, tendremos el fosfato de dialmidón;
- si se forman con epíclorhidrina, obtenemos el éter glicérico de dialmidón y
- si se forman con anhídrido adípico, obtenemos el adipato de dialmidón.

Estas reacciones se llevan a cabo fácilmente por tratamiento con el producto adecuado en presencia de un álcali diluido y modifican muy poco la estructura, ya que se forman puentes solamente entre 1 de cada 200 restos de azúcar como máximo.

Estos almidones entrecruzados tiene como ventajas que dan geles mucho más viscosos a alta temperatura que el almidón normal y se comportan muy bien en medio ácido, resisten el calentamiento y forman geles que no son pegajosos, sin embargo tienen limitaciones como: no resisten la congelación ni el almacenamiento muy prolongado (años, por ejemplo, como puede suceder en el caso de una conserva) además que cuanto más entrecruzado sea el almidón, mayor cantidad hay que añadir para conseguir el mismo efecto, resultando por esta razón más caros .

Otra modificación posible es la formación de ésteres o éteres de almidón (substitución). Cuando se hace reaccionar el almidón con anhídrido acético se obtiene el acetato de almidón hidroxipropilado y si se hace reaccionar con tripolifosfato el fosfato de monoalmidón.

Estos derivados son muy útiles para elaborar alimentos que deban ser congelados o enlatados, formando además geles más transparentes .

En aplicaciones para alimentos, la Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA) sólo permite almidones con bajo grado de substitución.

Pueden obtenerse derivados que tengan las ventajas de los dos tipos efectuando los dos tratamientos, entrecruzado y substitución. También se utilizan mezclas de los diferentes tipos.

Ejemplos y Aplicaciones

Tienen aplicaciones muy amplias, por ejemplo, como espesantes y gelificantes, retención de agua (cárnicos); recubrimiento (confitería); sustitutos de grasa y gelatina, pastelería, etc.

Los almidones modificados pueden además ser utilizados en la fabricación de helados, conservas y salsas espesas del tipo de las utilizadas en la cocina china.

En el caso de la utilización de almidón modificado por medio de la acetilación por tratarse de un almidón precocido ayuda a ligar la carne reteniendo a la vez humedad y jugos.

Valor nutricional.

Los almidones modificados se metabolizan de una forma semejante al almidón natural, rompiéndose en el aparato digestivo y formando azúcares más sencillos y finalmente glucosa, que es absorbida.

Aportan por lo tanto a la dieta aproximadamente las mismas calorías que otro azúcar cualquiera.

Algunos de los restos modificados (su proporción es muy pequeña, como ya se ha indicado) no pueden asimilarse y son eliminados o utilizados por las bacterias intestinales.

Acetilación de Almidón a nivel de laboratorio

En nuestro estudio se modificó el almidón por medio de acetilación utilizando la técnica citada por los autores (Bello-Pérez, Pág., 171), se empleó esta modificación tanto para el almidón de plátano verde (musa paradisíaca) de tipo barraganete del segundo lote que resultó tener el mejor rendimiento de extracción y almidón nativo de maíz comercial que se utilizó como testigo para el estudio.

- Se pesó 162g de almidón en su forma nativa, en una matraz de 500ml de capacidad.
- Se adicionó 220ml de agua destilada a 25°C y la mezcla se agitó hasta obtener una suspensión uniforme de almidón.
- Se ajustó el pH tanto del almidón de plátano extraído como del el testigo a 8.0, adicionando algunas gotas de NaOH a 3%, manteniendo la solución en agitación.
- A continuación se adicionaron simultáneamente el anhídrido acético 10ml y NaOH para mantener el pH entre 8 y 8.4; después el pH se ajustó a 4.5 con HCL este proceso se realizó gota a gota.
- Luego de ajustar el pH la suspensión se filtro y la pasta se resuspendió en 150ml de agua destilada y posteriormente se refiltró, proceso que se repitió una vez más.
- Finalmente la pasta se secó en una estufa a una temperatura de 45°C por un lapso de 48h.
- Después del secado se pulverizó en un mortero hasta obtener un polvo homogéneo que no muestre partículas grandes.

3.1.2.1 Rendimiento de acetilación de almidón

Después de seguido el proceso de acetilación se pesó el almidón que ya fue filtrado, secado y pulverizado por esto se dan pérdidas en el proceso, en base al peso de la muestra que 162 g se determinó el rendimiento de la acetilación.

Cuadro 3.1. Rendimiento de Modificación de Almidón

Muestras	Peso de muestra (g)	Peso de almidón modificado	Rendimiento %
Almidón de Plátano	162	141	87,04
Almidón de Maíz	162	136	83,95

3.1.2.2 Grado de Sustitución

El grado de sustitución va a ser calculado en base al contenido de grupos acetilo; para este calculo se siguió la técnica que utilizan los autores Bello-Pérez, Pág. 172.

Una muestra pulverizada de 1g del acetato de almidón se colocó en un matraz de 250 ml y se adicionó 50ml de una solución etanol-agua (75% V/V).

La mezcla se agitó y se mantuvo a 50°C durante 30 minutos, a continuación se enfrió y se adicionaron 40ml de una solución de KOH (0.5N).

Esta mezcla se mantuvo durante 72h con agitación ocasional.

Transcurridas las 72h el exceso de álcali fue titulado por retroceso con una solución estándar de HCL (0.5N) usando fenolftaleína como indicador. Simultáneamente se tituló una muestra testigo utilizando una muestra original de almidón.

Cálculos.**Acetato de almidón de plátano**

$$\% \text{Acetilación} = \frac{[\text{ml (testigo)} - \text{ml (muestra)}] \times \text{normalidad del ácido} \times 0.043 \times 100}{\text{Peso de la muestra (g en base seca)}}$$

$$\% \text{Acetilación} = \frac{[1.15 - 0.5] \times 0.496 \times 0.043 \times 100}{1}$$

$$\% \text{ Acetilación} = 1.22$$

Acetato de almidón de maíz

$$\% \text{ Acetilación} = \frac{[\text{ml (testigo)} - \text{ml (muestra)}] \times \text{normalidad del ácido} \times 0.043 \times 100}{\text{Peso de la muestra (g en base seca)}}$$

$$\% \text{ Acetilación} = \frac{[1.25 - 0.4] \times 0.496 \times 0.043 \times 100}{1}$$

$$\% \text{ Acetilación} = 1.81$$

Grado de Sustitución

Una vez determinado el grado de acetilación procedemos a calcular el grado de sustitución que se lo realiza con la siguiente formula:

Acetato de almidón de plátano

$$\text{Grado de Sustitución} = \frac{162 \times \% \text{ acetilación}}{4300 - (42 \times \% \text{ acetilación})}$$

$$\text{Grado de Sustitución} = \frac{162 \times 1.22}{4300 - (42 \times 11.303)}$$

$$\text{Grado de sustitución del acetato de almidón de plátano} = 0.0465$$

Acetato de almidón de maíz

$$\text{Grado de Sustitución} = \frac{162 \times \% \text{ acetilación}}{4300 - (42 \times \% \text{ acetilación})}$$

$$\text{Grado de Sustitución} = \frac{162 \times 1.81}{4300 - (42 \times 1.81)}$$

Grado de sustitución del acetato de almidón maíz = 0.0694

3.1.2.3 Pruebas Físicos Químicas en Almidones Modificados

Tanto la humedad como el contenido de cenizas tienen una importancia en la calidad del almidón en estudio puesto que si existe un exceso de humedad esto puede traer consigo contaminación microbiológica esto puede traer contaminación cruzada en el procesamiento de alimentos, en cambio el exceso de cenizas nos indicará que el almidón tiene exceso de materia orgánica lo que deriva en una baja calidad del almidón y nos podría dar resultados negativos en la aplicación en el procesamiento de alimentos.

Humedad.

El contenido en agua de un producto se define convencionalmente como la pérdida de masa que se experimenta en condiciones determinadas. En este caso, el producto se seca a 130°C a presión atmosférica (Bello- L Contreras)

Se peso 6g de muestra en un crisol previamente secado, se procedió a secar por un lapso de 1 hora a 130°C, posteriormente se enfrió en un desecador por 30 minutos y se procedió a pesar el crisol en una balanza analítica.

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{(M-m) \times 100}{M}$$

M = masa inicial de la muestra

m = masa del producto seca

Contenido de cenizas

El contenido en cenizas de un producto es el residuo resultante después de su incineración en unas condiciones determinadas.

Se peso en una balanza 6g de muestra en un crisol previamente secado, se calcina en una mufla 550 °C por un lapso de 2 horas, posteriormente se enfrió en un desecador y se calculo % porcentaje de cenizas.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{P}{M \times (100-h) \times 10000}$$

P = masa de cenizas.

M = masa de muestra húmeda.

h = humedad de la muestra en %.

Cuadro 3.2. % Humedad y Cenizas en almidones nativos y modificados.

Muestras	% Humedad	% Cenizas
Almidón de plátano	9,155	0,298
Almidón de maíz	10,181	0,122
Almidón modificado de Plátano	1,27	0,325
Almidón de Modificado de maíz	3,965	0,148

3.2.2.4 Solubilidad en agua fría

La solubilidad en agua fría tiene una gran importancia dentro de las propiedades físico químicas del almidón, en esta investigación hemos sometido a pruebas de solubilidad tanto a los almidones nativos de plátano y maíz, contra los almidones modificados para poder así determinar si la acetilación como método de modificación mejoró o no las propiedades de dichos almidones.

En la aplicación en el procesamiento de alimentos cárnicos escaldados es importante conocer la solubilidad del almidón en agua fría puesto que puede favorecer una mayor solubilidad con la formación de emulsiones y con la estabilidad de la masa previo al embutido.

Para determinar la solubilidad en agua fría se siguió la técnica citada por (Bello-Pérez, Pág. 172).

En 100ml de agua destilada, mezclándose a baja velocidad se agregó 1g de muestra; en este caso las muestras fueron los almidones nativos así como los acetatos de almidones obtenidos, después de agregar toda la muestra el equipo se operó por un lapso de 2 minutos.

La suspensión de almidón y de acetato de almidón se vació en balones de 200ml, luego se utilizó tubos de ensayo con tapas y se colocó todo el contenido de los balones en dichos tubos, se centrifugó a una velocidad de 1500x g durante 15 minutos.

Una alícuota de 25ml del sobrenadante de los tubos se transfirió a una caja petri previamente pesada, se secó en una estufa a 110°C por 4 horas. Por diferencia de peso se calculó la solubilidad en agua fría (%)

Esta prueba fue realizada por duplicado en cada una de las muestras.

Cuadro 3.3. Solubilidad en agua fría de almidones nativos y modificados

Muestras	% Solubilidad
Almidón de Plátano	2,98
Almidón de Maíz	2,55
Almidón Modificado de Plátano	3,2
Almidón Modificado de Maíz	2,62

3.2.2.5 Estabilidad y claridad en las pastas de almidón

Utilizando la técnica de medición de transmitancia vamos a determinar la claridad de las pastas de almidón que involucran este estudio. (Miles, 1985) demostraron que la retrogradación consiste de dos procesos: gelificación de las moléculas de amilasa liberadas a partir de los gránulos durante la gelatinización y recristalización de la amilopectina, (Gidley, 1987) postuló que la gelificación de la amilasa se lleva a cabo mediante la formación de una doble hélice a partir de segmentos de cadenas, seguido por la agregación de estas hélices de la estructura tipo B.

En este estudio vamos a someter la pasta a almacenamiento a temperatura ambiente y a una temperatura de 4 °C la cual debe tener resultados en la formación de cristales menos perfectos que los que se forman a temperatura ambiente.

Además, la agregación de las cadenas de amilasa puede ser llevadas a mayor velocidad a bajas temperaturas, lo cual disminuye la transmitancia.

La transmitancia y a su vez la claridad de las pastas de almidón en la aplicación en embutidos cárnicos escaldados van relacionados directamente con la purga o eliminación de agua en dichos embutidos, a mayor transmitancia menor purga y viceversa.

Se almacenaron las pastas de almidón por tiempos de 24, 48 y 72 horas y se observó el efecto que tiene en las lecturas de transmitancia.

Para ello se suspendieron 0.2g de muestras de almidón nativos y modificados en 5ml de agua destilada utilizando tubos de ensayo con tapa, los cuales fueron colocados en un baño de agua a temperatura de ebullición por 30 minutos. Los tubos se agitaron vigorosamente cada 5 minutos.

Después de enfriar a temperatura ambiente, se determinó el % de transmitancia a 650nm en un espectrofotómetro Génesis 10 utilizando agua como testigo.

Tres de las muestras se almacenaron a 4°C y a temperatura ambiente midiendo %Transmitancia a las 24, 48 y 72 horas.

Cuadro 3.4. Lecturas % Trasmítancia en tiempos determinados de almacenamiento en almidón de plátano nativo a 4°C.

Tiempo	T (%)
0	0,8
24	0,6
48	0,5
72	0,3

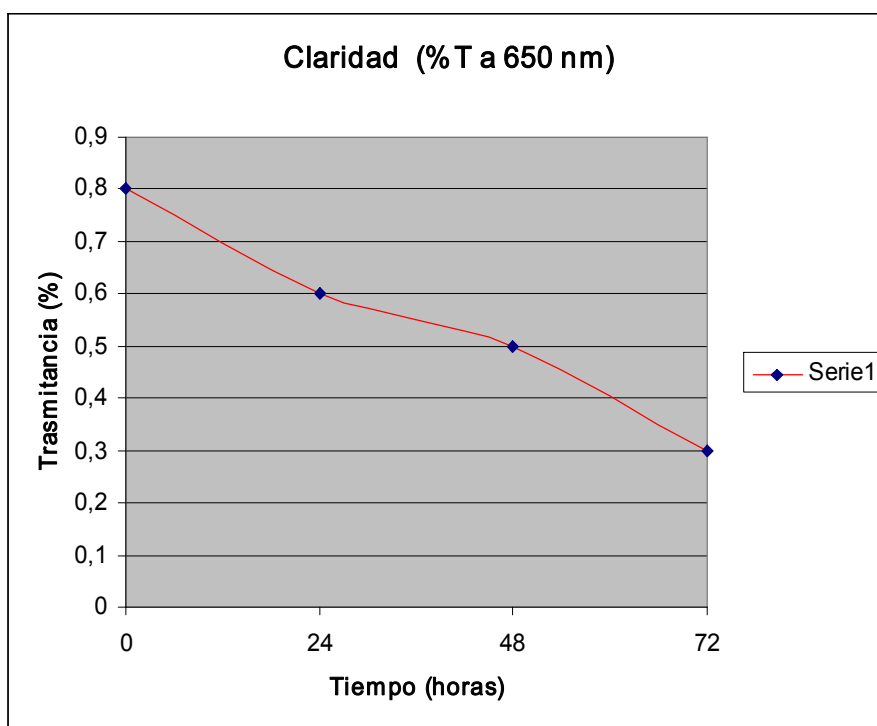


Grafico 3.4. Claridad %Trasmítancia en almidón de plátano nativo en tiempos determinados de almacenamiento a 4°C.

Cuadro 3.5. Lecturas % Trasmítancia en tiempos determinados de almacenamiento en Acetato de almidón de plátano a 4°C.

Tiempo	T (%)
0	0,8
24	0,7
48	0,6
72	0,4

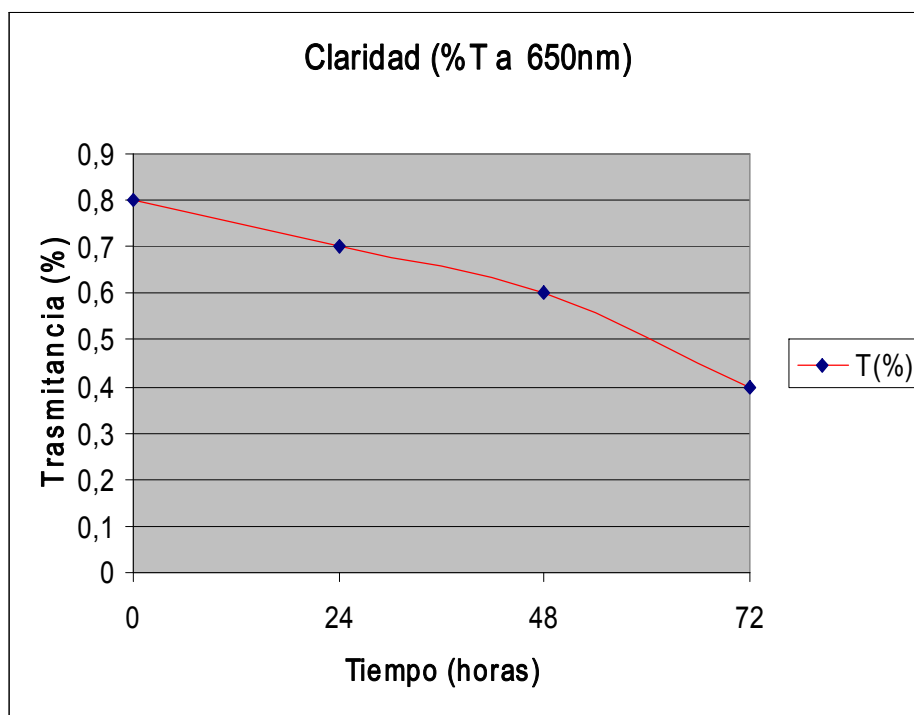


Grafico 3.5. Claridad %Trasmítancia en acetato de almidón de plátano en tiempos determinados de almacenamiento a 4°C.

Cuadro 3.6. Lecturas % Trasmítancia en tiempos determinados de almacenamiento en almidón de maíz nativo a 4°C.

Tiempo	T (%)
0	45,9
24	25,2
48	11,4
72	7,2

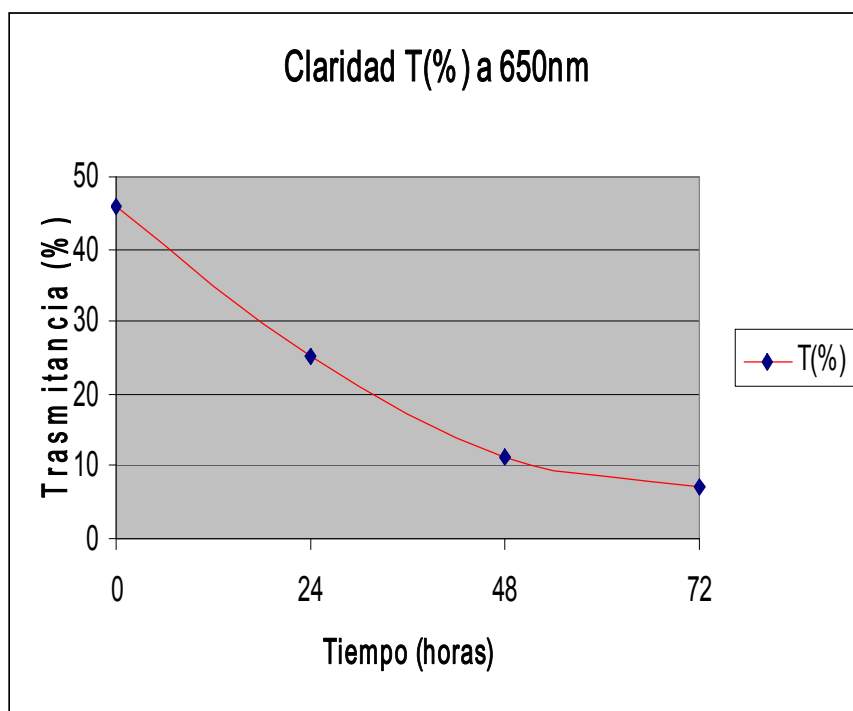


Grafico 3.6. Claridad %Trasmítancia en almidón de maíz nativo en tiempos determinados de almacenamiento a 4°C.

Cuadro 3.7. Lecturas % Trasmítancia en tiempos determinados de almacenamiento en acetato de almidón de maíz a 4°C.

Tiempo	T (%)
0	4,5
24	4,8
48	5,3
72	5,5

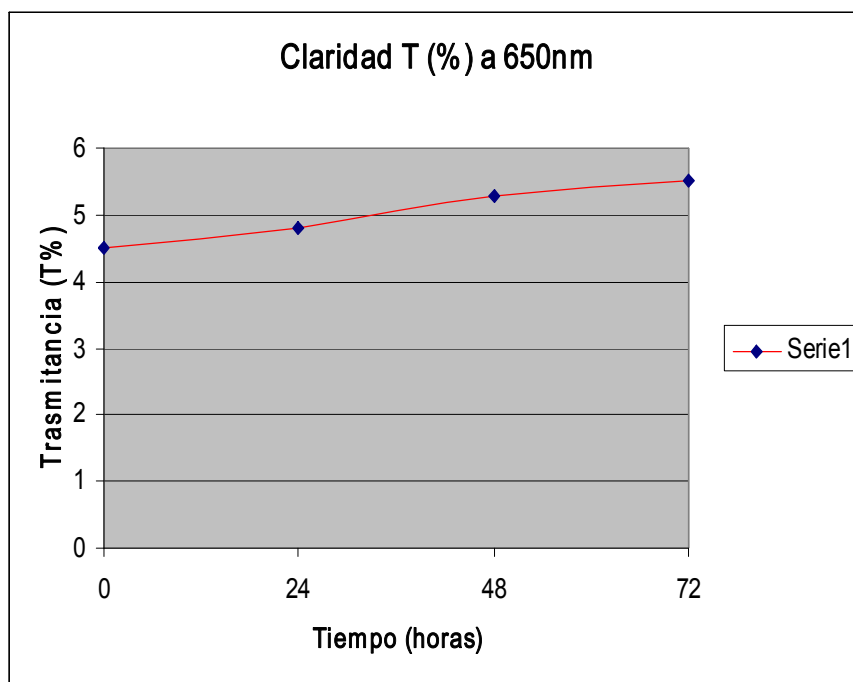


Grafico 3.7. Claridad %Trasmítancia en acetato de almidón de maíz en tiempos determinados de almacenamiento a 4°C.

Cuadro 3.8. Lecturas % Trasmittancia en tiempos determinados de almacenamiento en de almidón de plátano nativo a 18°C.

Tiempo	T(%)
0	0,9
24	0,8
48	0,8
72	0,8

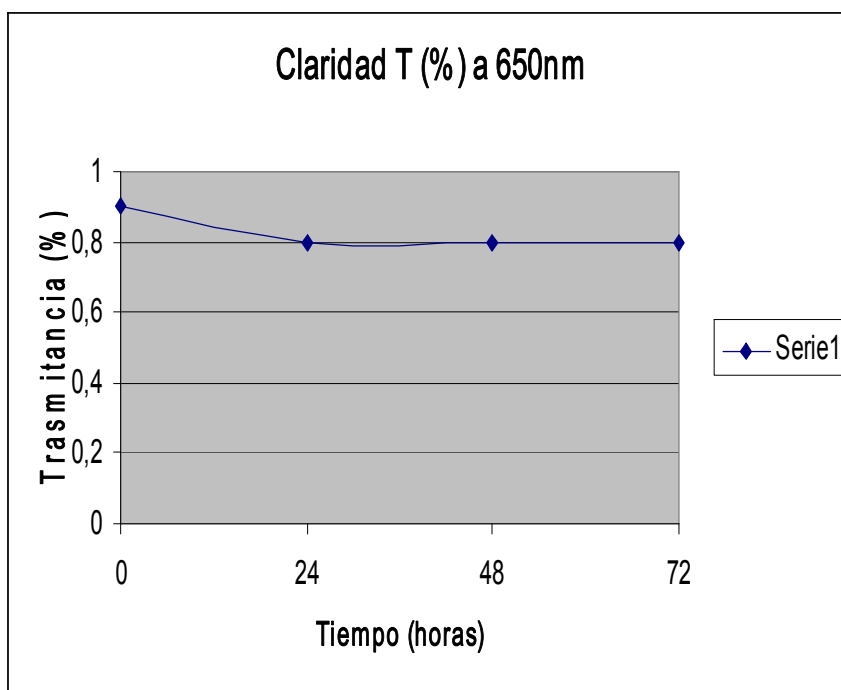


Grafico 3.8. Claridad %Trasmittancia en almidón de plátano nativo en tiempos determinados de almacenamiento a 18°C.

Cuadro 3.9. Lecturas % Trasmítancia en tiempos determinados de almacenamiento en acetato de almidón de plátano a 18°C.

Tiempo	T(%)
0	1,1
24	0,8
48	0,8
72	0,8

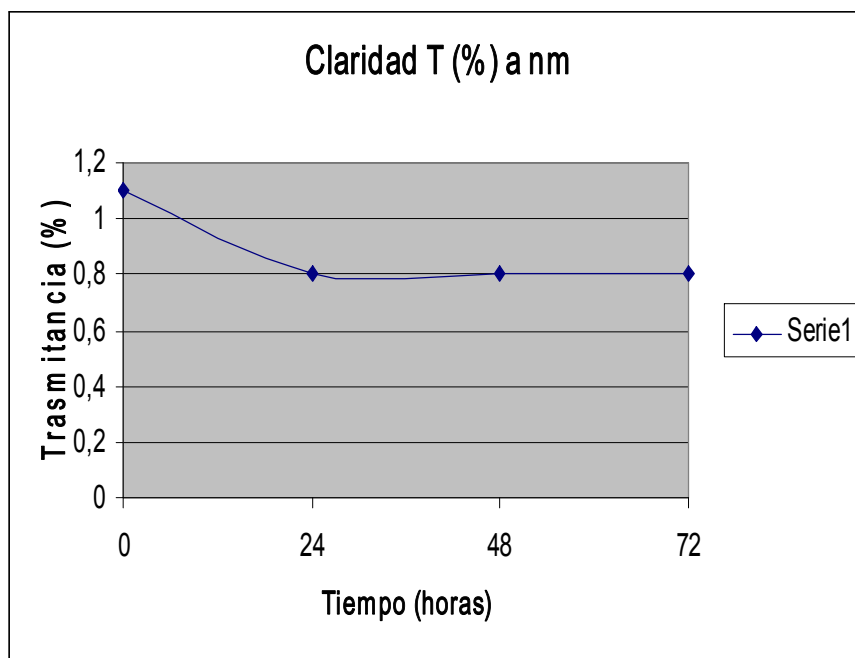


Grafico 3.9. Claridad %Trasmítancia en acetato de almidón de plátano en tiempos determinados de almacenamiento a 18°C.

Cuadro 3.10. Lecturas % Trasmittancia en tiempos determinados de almacenamiento en almidón de maíz nativo a 18°C.

Tiempo	T (%)
0	60,2
24	32,2
48	25,5
72	22,3

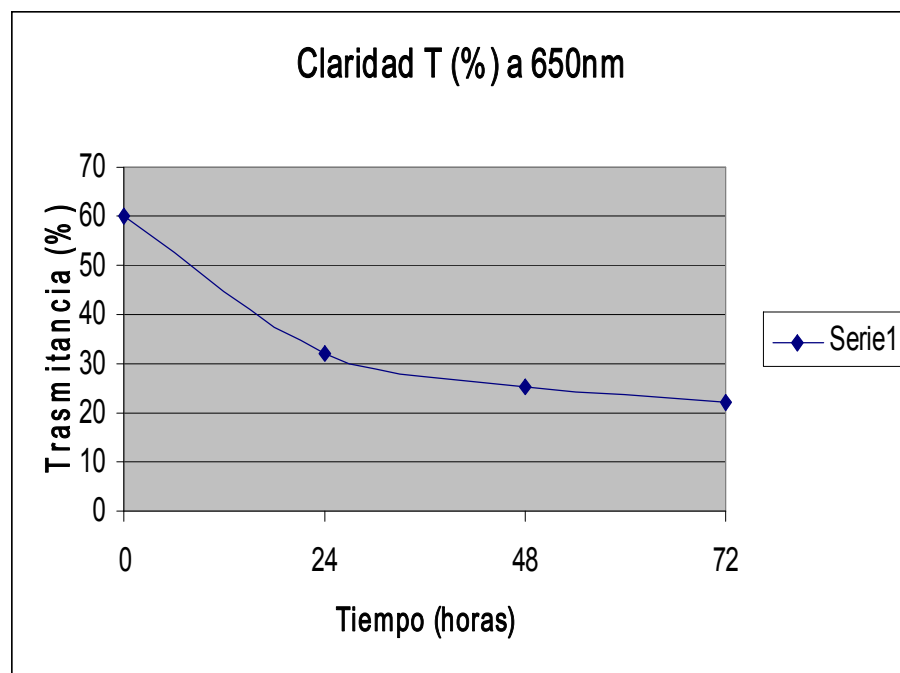


Grafico 3.10. Claridad %Trasmittancia en almidón de maíz nativo en tiempos determinados de almacenamiento a 18°C.

Cuadro 3.11. Lecturas % Trasmítancia en tiempos determinados de almacenamiento en acetato de almidón de maíz a 18°C.

Tiempo	T (%)
0	8,5
24	8,2
48	7,3
72	6,3

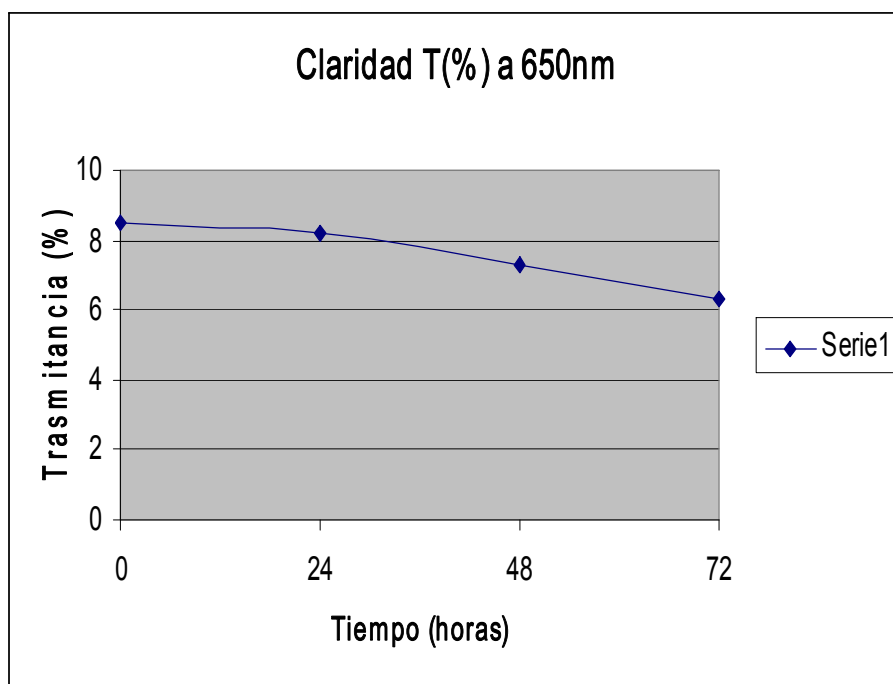


Gráfico 3.11. Claridad %Trasmítancia en acetato de almidón de maíz en tiempos determinados de almacenamiento a 18°C.

En los resultados obtenidos en las lecturas de % transmitancia observamos diferencias entre las muestras almacenadas a 4°C y a temperatura ambiente. En la mayoría de casos los valores de transmitancia fueron más bajos a 4°C que los almacenados a temperatura ambiente (18°C), ya que las bajas temperaturas incrementa la retrogradación (Miles 1985), excepto el almidón de maíz modificado que mostró un pequeño aumento en los % de transmitancia.

También se concluye que el almidón de maíz nativo y modificado mostró lecturas mayores al almidón de plátano nativo y modificado, la diferencia entre los almidones nativos y modificados se puede deber a las diferencias estructurales en los componentes del almidón. Cuando los almidones modificados fueron almacenados a 4°C se encontraron ligeras diferencias no significativas.

3.1.2.6 Estabilidad al congelamiento y al deshielo de los almidones nativos y modificados.

Se realizó la prueba de estabilidad al congelamiento y al deshielo, concibiendo por esto que después de someter a congelamiento por un tiempo determinado a una temperatura fija a una muestra de almidón tanto los almidones nativos como los modificados, se medirá el volumen de agua que se ha de eliminar de forma que nos dará los indicios claros de estabilidad. La estabilidad puede venir dada por la eliminación de agua y esto quiere decir que a mayor eliminación de agua menor estabilidad y a menor volumen de agua eliminada mayor estabilidad.

En la aplicación en productos cárnicos este factor tiene una importancia significativa ya que los productos cárnicos escaldados se almacenan a temperaturas de refrigeración que va desde los 4°C hasta los 0°C y con esto se probó la estabilidad del almidón a bajas temperaturas y su posterior deshielo.

Se sometieron suspensiones 5% (P/V), de almidón de plátano y maíz como también los almidones modificados a congelamiento (-4°C x 18h) y posterior deshielo (temperatura ambiente 6h).

Al término las muestras fueron centrifugadas a 3000 x g durante 10 minutos y se midió el porcentaje de agua separada después de someter al almidón a este proceso (Bello- Pérez, Pág.173).