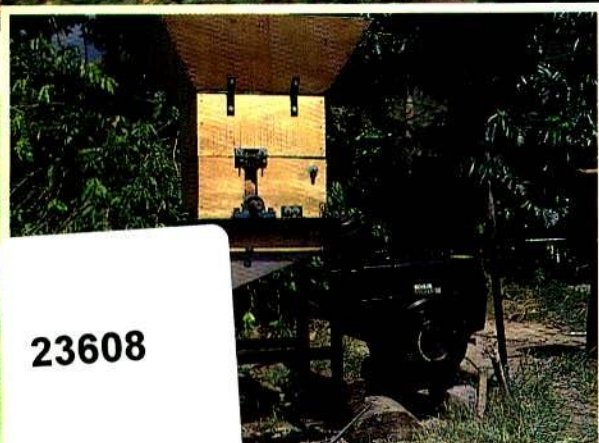


ALMIDÓN DE ACHIRA



PRODUCCION Y USO INDUSTRIAL



23608



23609

7/1/98 112

58008



ALMIDÓN DE ACHIRA:

PRODUCCIÓN Y USO INDUSTRIAL

Editores
HUGO REINEL GARCÍA B.
SANDRA LILIANA ARIAS R.
JESÚS HERNÁN CAMACHO T.

Subdirección Sistemas de Producción
Programa Nacional de Maquinaria Agrícola y Postcosecha
Santafé de Bogotá, 1998

Biblioteca

ALMIDÓN DE ACHIRA:

PRODUCCIÓN Y USO INDUSTRIAL

COORDINACIÓN GENERAL

Hugo Reinel García Bernal

AUTORES

Luis Jaime Torres Cantor

I. Agrónomo. Investigador, CRECED de Oriente - CORPOICA – Regional 1

Jesús Hernán Camacho Tamayo

I. Agrícola. Investigador, Programa Nacional Maquinaria Agrícola y Postcosecha – CORPOICA

Hugo Reinel García Bernal

I. Agrónomo M.Sc. Coordinador, Programa Nacional Maquinaria Agrícola y Postcosecha – CORPOICA

Edda Yamile Ramírez Calero

I. Química. Consultora, Programa Nacional Maquinaria Agrícola y Postcosecha – CORPOICA

Gonzalo Alfredo Rodríguez Borray

Econ. Agr., I. Agrónomo, M.Sc. Investigador, Programa Nacional Maquinaria Agrícola y Postcosecha – CORPOICA

Sandra Liliana Arias Rodríguez

I. Alimentos. Investigadora Consultora, Programa Nacional Maquinaria Agrícola y Postcosecha – CORPOICA

Diana Milena Gévez Gutiérrez

I. Alimentos. Universidad de La Salle

Jazmín Edith Pulido D.

I. Alimentos. Universidad de La Salle

Alberto Camargo Vargas

Instructor de Panadería, Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA

Alvaro Coca Cadena

Químico Biólogo M.Sc. Investigador, Instituto Colombiano Agropecuario - ICA – CEISA

Johanna Montañés Angarita

I. Alimentos. Universidad de La Salle

Mónica Marcela Salguero Buitrago

I. Alimentos. Universidad de La Salle

Alba Elizabeth Rivera Triviño

T. Alimentos, Especialista. Coordinadora Laboratorio de Farinología – CORPOICA

Bianca Liliana Useche Contreras

Química, Especialista. Jefe Lab. Análisis Sensorial, Departamento Aseguramiento Calidad - CARULLA & CIA. S. A.

María Cristina López

Jefe Laboratorio de Microbiología, Departamento Aseguramiento Calidad - CARULLA & CIA. S. A.

Adriana Coral D.

Coordinadora Departamento Aseguramiento Calidad - CARULLA & CIA. S. A.



AGRADECIMIENTOS

Además de los investigadores que participaron en el desarrollo de las actividades de investigación y transferencia de tecnología y de los especialistas externos a CORPOICA, que contribuyeron con artículos para el presente compendio, se contó con la valiosa colaboración de las siguientes personas, entre otros:

- Oscar Alzate, Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria.
- Guillermo Caicedo D., Uriel Bonilla y Luis Rozo, CRECED Huila - CORPOICA - Regional 6.
- Pedro Barbosa, CRECED Oriente - CORPOICA - Regional 1.
- Ramiro Betancourt, Jorge Virgüez, Hugo Arteaga - División de Panadería, CARULLA Y CÍA. S.A.
- Rodrigo Rodríguez, Aseguramiento de la Calidad, CARULLA Y CÍA. S.A..
- Luz Miryam Moncada, Laboratorio Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Guillermo Moncada, Universidad de La Salle.
- Jairo Ulloa, Alonso Gamboa, Pablo Morales, Andrés Fonseca, Auxiliares del Programa Nacional de Maquinaria Agrícola y Postcosecha, CORPOICA.
- A los agricultores y panificadores del Huila, donde se desarrollo el proyecto.

CONTENIDO

PRESENTACIÓN.....	1
ASPECTOS AGRONÓMICOS EN EL CULTIVO DE LA ACHIRA (<i>Canna indica</i>)	
Luis Jaime Torres Cantor.....	3
USO DE EQUIPOS DE TRACCION ANIMAL EN EL CULTIVO DE LA ACHIRA	
Jesús Hernán Camacho Tamayo.....	13
PRODUCCIÓN Y EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE ACHIRA EN COLOMBIA	
Hugo Reinel García Bernal.....	21
REMOCIÓN DE LAS IMPUREZAS PRESENTES EN LA OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE ACHIRA	
Edda Yamile Ramírez Calero.....	33
ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CULTIVO DE ACHIRA Y DE LA OBTENCIÓN DE SU ALMIDÓN EN LOS DEPARTAMENTOS DE CUNDINAMARCA Y HUILA	
Gonzalo Alfredo Rodríguez Borray.....	37
CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DEL ALMIDÓN DE ACHIRA	
Sandra Liliana Arias R., Hugo Reinel García B., Diana Milena Gélvez G., Jazmín Edith Pulido D.	51
PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA PANIFICACIÓN	
Alberto Camargo Vargas.....	63
UTILIZACIÓN DE LOS ALMIDONES EN LA INDUSTRIA PANIFICADORA	
Alvaro Coca Cadena.....	73
DESARROLLO DE FORMULACIONES PARA LA PRODUCCIÓN DE BIZCOCHO, BIZCOCHUELO, GALLETA Y PANECILLO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE ACHIRA	
Johanna Montañés A., Mónica Marcela Salguero B., Sandra Liliana Arias R., Alba Elizabeth Rivera T. Hugo Reinel García B.	77
EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS	
Blanca Liliana Useche Contreras.....	99
ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD: MICROBIOLOGÍA Y EMPAQUES	
María Cristina López, Adriana Coral D.	105

PRESENTACIÓN

Los sistemas de producción agraria bajo condiciones de economía campesina afrontan en la actualidad serios problemas para su permanencia en el mercado debido a múltiples factores que limitan su desarrollo. En el caso de los tubérculos autóctonos, como la achira, se observan señales claras de estancamiento, a pesar de su potencialidad, debido al escaso desarrollo tecnológico tanto en los aspectos agronómicos, como en los de extracción del almidón y en su industrialización. Solamente en los últimos años, con la cofinanciación del PRONATTA, es que CORPOICA ha venido adelantando proyectos de investigación y desarrollo para el aprovechamiento de este recurso agrícola, orientados a su valorización como materia prima agroindustrial.

El área sembrada en achira se estima en 1.000 ha y en algunos casos, se cultiva asociada con maíz o entre los cafetales. En los mejores cultivos de tipo comercial, el rendimiento de rizomas varía entre 15 y 30 t/ha, pero el promedio es inferior a 12 t/ha. Actualmente la relación de almidón a rizoma oscila entre 7 y 13% pero con un adecuado proceso de extracción y con unas buenas prácticas para el establecimiento del punto óptimo de cosecha se podría superar el 15%. En pruebas semicomerciales se han alcanzado rendimientos de 5 t/ha de almidón, cifra prácticamente inalcanzable en el país con cultivos de maíz o de trigo.

La producción nacional de almidón de achira se estima en 1.800 t/año y la demanda actual en cerca de 2.000. El déficit se suple con importaciones del Ecuador y con mezclas de almidones de yuca, trigo y papa, que demeritan la calidad de los productos obtenidos en su industrialización.

Las panaderías artesanales, de las cuales solo en el municipio de Altamira, Huila, existen 27, y los productores industriales, podrían aumentar su capacidad de producción de bizcochos de achira y su nivel de competitividad, para recuperar el consumo perdido y alcanzar nuevos mercados, si dispusieran de una mayor cantidad de almidón de achira de mejor calidad y de menor costo.

Este compendio de artículos presenta los resultados de las investigaciones adelantadas por CORPOICA en aspectos de tecnología agronómica, de procesamiento de rizomas y de industrialización de su almidón, así como las experiencias de años de arduo trabajo de especialistas en panificación y en control de calidad.

Con base en diagnósticos participativos socioeconómicos y técnicos realizados con productores de achira y panificadores se identificaron los limitantes, se estableció la estructuración de los costos y se plantearon alternativas de solución a la problemática. En esta forma se definieron soluciones al problema de la preparación de suelos para la siembra y de la arrancada de los rizomas en los aspectos del cultivo; al rallado de los rizomas, al colado de la masa rallada y al lavado y secado del almidón. En cuanto al lavado del almidón por ejemplo se desarrolló una metodología para el uso del ácido cítrico con el cual se puede disminuir los costos de la operación y el uso de agua y mejorar significativamente la calidad del producto final.

La inclusión de sistemas de mecanización de tracción animal en el manejo agronómico y el desarrollo de equipos para la obtención del almidón, facilita las labores y permite hacia el futuro una mayor proyección del área sembrada, además de disminuir los requerimientos de mano de obra y humanizar las diferentes labores de cultivo y del proceso de postcosecha.

Además del desarrollo de un producto totalmente nuevo como la galleta de achira, se realizó la estandarización de los productos bizcocho, bizcochuelo y panecillo, sobre la recopilación de la experiencia de panificadores artesanales y posteriormente replanteamiento de formulaciones y procedimientos evaluados a través de pruebas fisicoquímicas, microbiológicas y principalmente sensoriales aplicadas a consumidores de diferentes ciudades y estratos sociales, con el fin de mejorar las prácticas tradicionales de producción y obtener productos tecnificados, replicables y de aceptación universal.

Con base en los anteriores resultados se elaboraron fichas técnicas de los diferentes productos que pueden ser la base para establecer su normalización. Además se presenta una metodología, basada en la velocidad de sedimentación de los almidones en agua, para diferenciar en forma rápida la mezcla del almidón de achira con otros almidones y así evitar su adulteración y la posterior pérdida de calidad de los productos obtenidos durante su industrialización.

Con su publicación se busca contribuir al fomento del cultivo de la achira y, lo que es más importante, incrementar el consumo de los productos elaborados con base en su almidón, pues la facilidad del cultivo y la aceptación de los productos obtenidos de su almidón, constituyen un gran potencial para disminuir las importaciones de materias primas para panificación. Con base en lo anterior, se pretende contribuir a mejorar las condiciones de vida de muchos productores que generalmente se encuentran ubicados en zonas marginales para otros cultivos, a incrementar el empleo y el valor agregado regional y a tecnificar la panificación artesanal.

ASPECTOS AGRONÓMICOS EN EL CULTIVO DE LA ACHIRA

(*Canna indica*)

Luis Jaime Torres Cantor¹

1. BOTÁNICA DE LAS CANNÁCEAS

La especie *Canna Indica* pertenece al orden de las escitamineas, familia Cannáceas, que viene del latín "Scitamenta" que quiere decir manjar delicado. Este nombre se debe al uso que se da al almidón de sus rizomas.

Esta especie tiene la característica de poder cultivarse en diferentes pisos térmicos encontrándose desde los 200 metros, como en la hoya amazónica y el Valle del Magdalena, hasta los 2.800 metros en la cordillera Occidental.

1.1. Origen del Género *Canna* en Sur América

El lugar exacto del origen del género *Canna* es desconocido, aunque la mayoría de los autores están de acuerdo en que es Sur América. Descubrimientos arqueológicos sitúan el origen del cultivo en las costas áridas del Perú, donde las condiciones ecológicas no le permiten subsistir en forma silvestre. Probablemente en el siglo XI los Incas, con su ingeniosa organización agrícola, le dieron una gran importancia como acostumbraban a hacerlo con otros cultivos. Se encontró material seco de rizomas y hojas y grabados de ollas en excavaciones en Huacaprieta de Chicama y correspondientes al período precerámico; irradiaciones con carbono 14 les dan una edad de 1.200 años a.C.

Después del período cerámico se hallaron restos de achira en muchos sitios del centro y del sur de la costa peruana, donde los modelos de ollas y alfarería se asemejan a cormos de *Canna*, pertenecientes a la cultura Chimú en el norte y a la cultura Nazca en el sur.

Por la extensa área que se da al origen de la achira, ésta pudo haber sido difundida a través de los Andes hasta el norte de Chile. Subsiguiente difusión la llevó hasta el sur del continente y a la cuenca del Amazonas. Acompañando las migraciones de los Arawak llegó al caribe y de aquí se cree que pasó a Australia.

1.2. Clasificación Botánica

En la Figura 1 se presenta la clasificación botánica dada para la achira de acuerdo con la mayoría de autores.

Según Standley, 1973, esta familia presenta un sólo género; con gran variedad de especies en América, mientras que en África, Asia y Europa son poco abundantes.

¹ Ingeniero Agrónomo. Investigador Asistente. CORPOICA – CRECED Oriente de Cundinamarca. A.A. 240142, Santafé de Bogotá. e-mail: ltorres@corpoica.org.co.

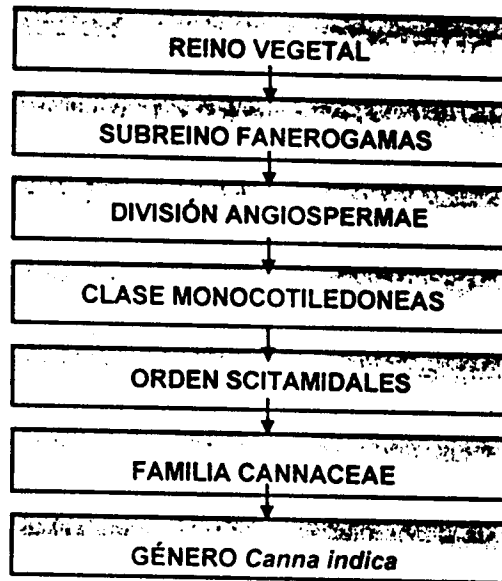


Figura 1. Clasificación botánica de la achira (*Canna Indica*)

2. MORFOLOGÍA

- Raíces: Presenta raíces pequeñas blancas y cilíndricas, originándose debajo sobre los segmentos del rizoma que dan origen a tallos aéreos; dependiendo de la variedad presenta más o menos cantidad de raíces.
- Tallo: El tallo es un rizoma que se desarrolla en forma subterránea, en ramificaciones y da origen a vástagos aéreos que forman macollas. Se presentan rizomas primarios y secundarios, terciarios y hasta cuaternarios. En *Canna indica* cultivada, el tamaño de los rizomas en pleno desarrollo, fluctúa entre 5 y 15 cm de largo y entre 4 y 10 cm de diámetro, mientras que en especies silvestres los rizomas son más largos y con segmentos carnosos.
- Hojas: Son más o menos grandes, anchas y enteras, compuestas de una vaina envolvente que se desarrolla en la base del vástago. Pueden medir entre 30 y 80 cm de largo y entre 10 y 25 cm de ancho. Presentan una nervadura central característica de las musáceas prominente por el envés y de ellas parten nervaduras laterales paralelas entre sí. Muestran un color verde oscuro por el haz y más claro por el envés; algunas variedades exhiben un borde morado característico del material.
- Flores: Tiene flores dispuestas en racimos que salen del tallo aéreo, de coloración rojo vivo, son menos llamativas que las de los cultivos ornamentales, que son amarillas, rosadas y combinadas.
- Fruto: El fruto es una cápsula que contiene numerosas semillas.

3. VARIEDADES

En el Perú, se conocen dos variedades: "Verde", de cormos blanquecinos y follaje claro y "Morada", de cormos cubiertos de escamas violáceas, color que también aparece en los peciolos.

En Colombia existen cuatro variedades, dos de ellas, cultivadas en el Huila, son la Bugueña y la Natagueña cuyos nombres vulgares son Achira "Blanca" y "Morada", respectivamente. En el oriente de Cundinamarca es común encontrar cultivos de las variedades Raizuda y Roja.

- Raizuda. Su principal característica es el poseer abundantes raíces blancas cilíndricas y las vainas de los renuevos blancos. Las hojas tienen su lámina elíptica oblonga de 50 a 70 cm de largo y entre 20 y 25 cm de ancho, nervaduras paralelas, el eje floral verde, como la lámina foliar. La flor presenta pétalos rojos, anteras blancas y estilo amarillo.
- Natagueña: Con raíces más cortas que la anterior y en menor cantidad, facilitando la labor de corte. Las vainas en los renuevos son de color morado y las hojas son elípticas oblongas de 50 cm de largo y 25 cm de ancho, con nervaduras paralelas y con tinte morado en los bordes. La flor presenta sépalos rosados, pétalos rojos y anteras blancas. Los rizomas son más grandes.

En la Tabla 1 se relacionan comparativamente las ventajas y desventajas de los germoplasmas de achira y en la Tabla 2 se presentan las diferencias entre características fenotípicas de los principales materiales cultivados en el oriente de Cundinamarca.

Tabla 1. Ventajas y desventajas del germoplasma de achira utilizado en el oriente de Cundinamarca

Germoplasma	Ventajas	Desventajas
Roja	Buena calidad de almidón	Menor producción de almidón
Raizuda	Insolubilidad y buena calidad del almidón	Abundancia de raicillas
Natagueña	Precocidad y buena calidad de almidón	Solubilización del almidón y rebrote en presencia de humedad
Extranjera	Mayor producción de almidón	Baja calidad de almidón Agrietamiento del rizoma

Tabla 2. Características fenotípicas del germoplasma de achira

Característica	Germoplasma			
	Extranjera	Roja	Natagueña	Raizuda
Altura de planta, m	1,15	1,70	1,60	1,48
Tipo de planta	Erecta	Erecta	Erecta	Erecta
Conformación	Media	Media	Media	Media
Longitud entrenudo	Largo	Medio	Corto	Medio
Perímetro entrenudo	Medio	Medio	Medio	Medio
Longitud hoja, cm	54	60	60	58
Ancho hoja madura, cm	22	23	24	27
Relación L/A	2,45	2,60	2,50	2,10
Color de la flor	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo
Duración floración	Medio	Largo	Largo	Corto
Producción de fruto semilla	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Peso tallo/planta, kg	6,3	3,1	3,0	3,5
Nº rizomas/planta	14	10	11	11
Peso rizomas/planta, kg	6,0	1,9	3,2	3,5
Peso rizoma, kg	0,429	0,190	0,291	0,318
Nº semillas	5	3	6	3
Diámetro rizoma, cm	4,1	4,0	5,5	4,5
Tamaño rizoma	Grande	Pequeño	Mediano	Mediano
Raicillas en rizoma	Medio	Bajo	Bajo	Abundante

4. CULTIVO

El sagú o achira se adapta a una gran variedad de climas. Se desarrolla en regiones con precipitación desde 250 hasta 4.000 mm al año y entre 16 y 32°C. Los mayores rendimientos se han obtenido entre los 18 a 24°C. Por debajo de la mínima temperatura, el granizo y las heladas ocasionan graves daños al cultivo inhibiendo la fotosíntesis; por encima de los 32°C, se acelera la pérdida de agua y no hay acumulación de carbohidratos en el rizoma. La humedad relativa debe oscilar entre 65 a 90%, con un mínimo de 40%. La planta crece entre los 0 y 2.650 m.s.n.m., pero su mayor rendimiento se obtiene entre los 500 y 1.700 m. Requiere gran luminosidad para realizar la fotosíntesis y obtener buenos resultados.

En la Tabla 3 se resumen las principales condiciones para el buen desarrollo del cultivo de la achira.

Tabla 3. Condiciones climáticas para el cultivo de achira

Condición	Oriente Cundinamarca ¹	Valor teórico
Precipitación, mm/año	1.800 - 2.200	240 - 4.000
Temperatura, °c	16 - 20	18 - 24
Altura, m.s.n.m.	1.600 - 2.200	0 - 2.650
Luminosidad	Alta	Alta
Humedad relativa, %	50 - 80	65 - 90

En Colombia la mayor producción de achira se encuentra en el departamento de Cundinamarca (Tabla 4), complementando con Huila y Nariño (Tabla 5).

Tabla 4. Municipios, área y número de productores de achira (*Canna Indica*) en el oriente de Cundinamarca

Municipio	Área, ha	Productores, N°.	Tamaño promedio, ha
Cáqueza	8	20	0,40
Fosca	80	160	0,50
Gutiérrez	40	120	0,30
Quetame	410	683	0,60
Fómeque	10	40	0,25
Guayabetal	215	275	0,78
Total	763	1.298	2,83

Tabla 5. Áreas de siembra de achira (*Canna Indica*) en Colombia (1998)

Departamento	Municipios	Hectáreas
Cundinamarca	Quetame, Guayabetal, Gutiérrez, Fómeque, Cáqueza, Fosca	763
Huila	Gigante, San Agustín Altamira, Timaná, Garzón, Pitalito	100
Nariño	San Pablo	40
Total		903

El sistema de producción de achira en Cundinamarca tiene la distribución expuesta en la Figura 2.

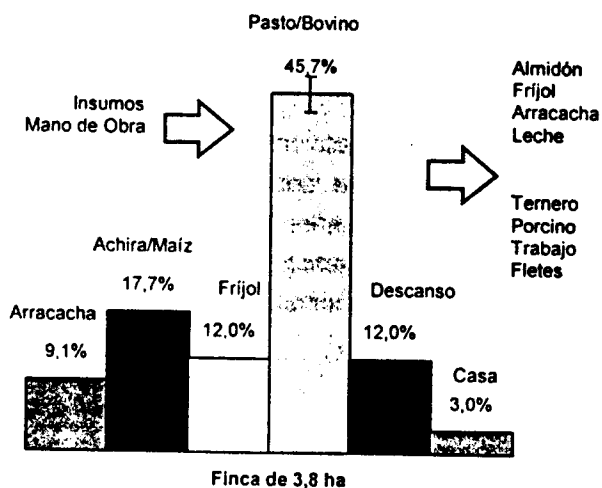


Figura 2. Sistema de producción de achira. Zonas agroecológicas: Mf, Mj, Mg

En la Figura 3 se muestra la distribución de diferentes rubros que intervienen en la estructura de los costos de producción.

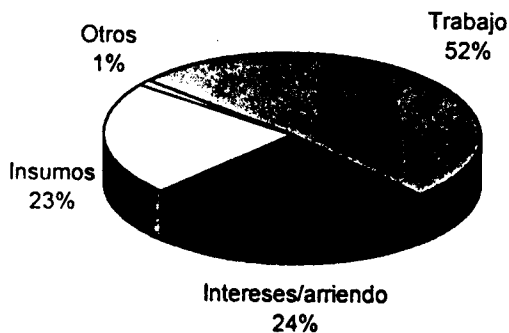


Figura 3. Participación de diferentes rubros en los costos de producción de achira. 1998

4.1. Suelos

El mejor desarrollo se obtiene en suelos de textura homogénea, francos, francos ligeramente arenosos y ricos en materia orgánica. Los suelos arcillosos no permiten el desarrollo del rizoma; sin embargo, si esto pasa, es difícil extraerlo una vez complete su período vegetativo.

4.1.1. Preparación del suelo. Se debe arar, cruzar o rastrillar y emparejar, se utilizan arados de tracción animal y en algunos sitios se utiliza preparación con tractor, arado de disco o rotavator. La profundidad puede ser de 20 a 30 cm, para lograr un buen desarrollo del rizoma; la rastrillada o cruzada se realiza para obtener un terreno mullido que facilite la rápida germinación.

4.2. Propagación

Se utiliza la propagación vegetativa por ser más rápida, aunque también se puede propagar por semilla sexual, siendo más lenta y dispendiosa.

En la propagación por rizomas se deben seleccionar aquellos que tengan de 1 a 3 brotes laterales y un brote terminal. Los rizomas para semilla se deben seleccionar recién arrancados y mantenerlos en lugares secos y aireados. Hay que evitarles heridas o golpes que puedan afectar los puntos vegetativos. Se pueden almacenar en el campo, en época de verano, amontonándolos y tapándolos con hojas secas y tierra, así, en estas condiciones, pueden durar hasta dos meses.

4.3. Siembra

Consiste en enterrar y tapar los rizomas a poca profundidad. A los 15 días, con buena humedad, ya han brotado y al mes, alcanzan una altura entre 30 y 40 cm, con dos o tres hojas. La mejor época de siembra es la del comienzo de las lluvias. En el oriente de Cundinamarca se siembra el sagú o achira en los meses de abril y mayo.

4.3.1. Distancias de siembra. En el oriente de Cundinamarca se acostumbra sembrar a un metro entre surcos y 0,50 m entre plantas, con una población de 20 mil plantas por hectárea. Se ha observado que con esta densidad las plantas no compiten por agua, luz o nutrientes, logrando un buen desarrollo (Figura 4).

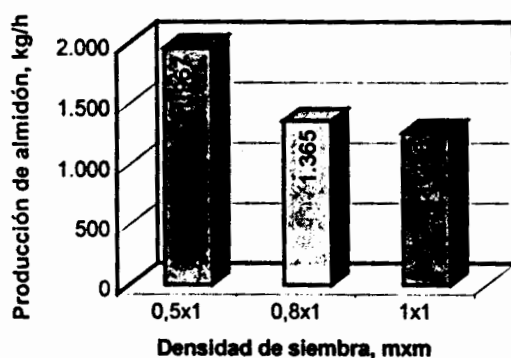


Figura 4. Efecto de la densidad de siembra sobre la producción de almidón de achira (*Canna Indica*) en el oriente de Cundinamarca (promedio 1996 - 1997)

4.4. Manejo de Malezas

Se utilizan dos desyerbas para el manejo de las malezas. La primera se hace al mes o mes y medio y la segunda a los dos o dos y medio meses.

4.5. Fertilización

En los ensayos exploratorios realizados se ha comprobado la respuesta de la planta a la fertilización rica en fósforo, en la relación 1: 3: 1 (Figuras 5 y 6). Sin embargo, la fertilización se debe basar en el análisis de suelos. Para la zona del oriente de Cundinamarca, los suelos presentan en promedio, las características fisicoquímicas expuestas en la Tabla 6.

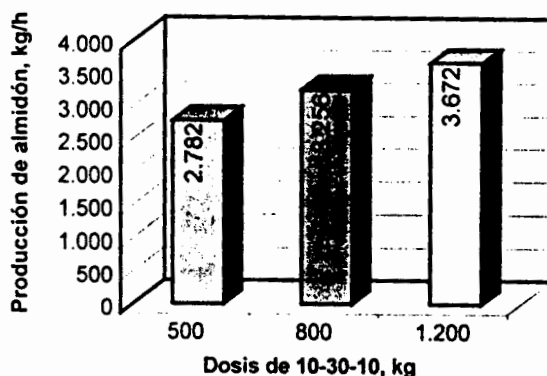


Figura 5. Efecto de la dosis de 10-30-10 sobre la producción de almidón de achira (*Canna Indica*) en el oriente de Cundinamarca. (Promedio 1995 - 1996)

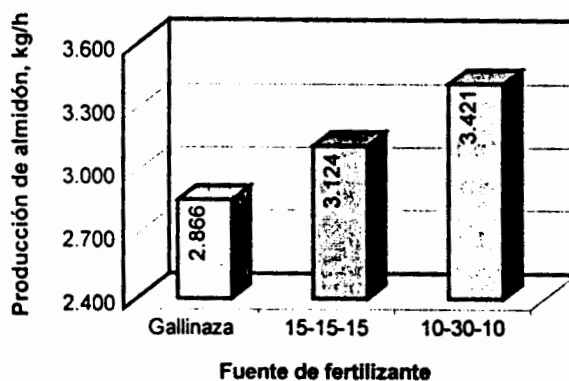


Figura 6. Efecto de las fuentes de fertilizante sobre la producción de almidón de achira (*Canna Indica*) en el oriente de Cundinamarca. (Promedio 1994 - 1995)

Tabla 6. Análisis fisicoquímico de suelos de las zonas de cultivo de achira (*Canna Indica*) del oriente de Cundinamarca (1994 - 1997)

Vereda	Textura	pH	MO, %	P, ppm	Meq / 100 ml de suelo										
					- Al	Ca	Mg	K	Na	Fe	B	Cu	Mn	Zn	
Ficalito	Far.	5,0	4,4	34	1,6	3,1	1,5	0,22	0,21	230	0,14	3,5	20,3	4,2	
Sáname	Far.	5,6	2,9	13	-	4,7	1,02	0,42	0,1	235	0,20	4,7	6,4	5,8	
Estaquecá	Far.	4,9	1,6	76	0,8	2,2	0,51	0,44	0,1	166	0,39	2,3	8,7	2,2	
Centro	Far.	4,9	3,0	19	1,1	3,3	1,2	0,43	0,1	196	0,28	3,1	9,7	1,6	

4.6. Madurez y Cosecha

La época de cosecha, después de que la planta ha alcanzado su completo desarrollo, se determina por su periodo vegetativo, en promedio 10 meses, por los síntomas de la misma, cuando las hojas comienzan a marchitarse e inclinarse y, por la concentración de almidón, que se mide al hacer un corte transversal al rizoma y evaluar la cantidad de oxidación de almidón con el aire, que debe alcanzar un área oxidada mayor del 60%. Es necesario arrancar los rizomas en este período, ya que a mayor tiempo, nuevas plantas germinan a expensas de los brotes suministrados por los rizomas terminales y la producción de almidón disminuye (Tabla 7).

Tabla 7. Producción de rizomas y de almidón de achira de acuerdo con la edad de cosecha en el oriente de Cundinamarca

Edad, mes	Producción rizoma, kg/ha	Producción almidón, kg/ha	Rendimiento almidón/rizoma, % ¹
6	18.382	1.470	8,0
7	20.292	1.737	8,6
8	22.645	2.427	10,7
9	20.833	2.267	10,9
10	26.042	3.458	13,3
11	15.625	1.625	10,4
12	15.625	1.625	10,4
13	15.060	1.325	8,8

¹Kilogramos de almidón seco obtenido por 100 kilos de rizoma procesado

Las operaciones de cosecha que se le practican a la achira en la zona oriente de Cundinamarca se resumen a continuación y se ilustran en las Figuras 7 y 8.

- Corte de tallos. Con un machete se cortan los vástagos o tallos aéreos dejando unos 20 a 30 cm unidos al rizoma para facilitar la labor de sacudida.
- Arrancada. Esta operación se puede realizar con pica o arado de tracción animal.
- Sacudida. Los terrones se separan del rizoma golpeándolos ligeramente y sacudiéndolos.
- Separación y corte de raicillas. Se separa el rizoma de las raicillas para facilitar el rallado y colado.
- Lavado. Se lleva a cabo para separar materiales adheridos al rizoma y evitar fricciones en el rallado y contaminación del almidón, facilitando, además, el posterior lavado de este último.

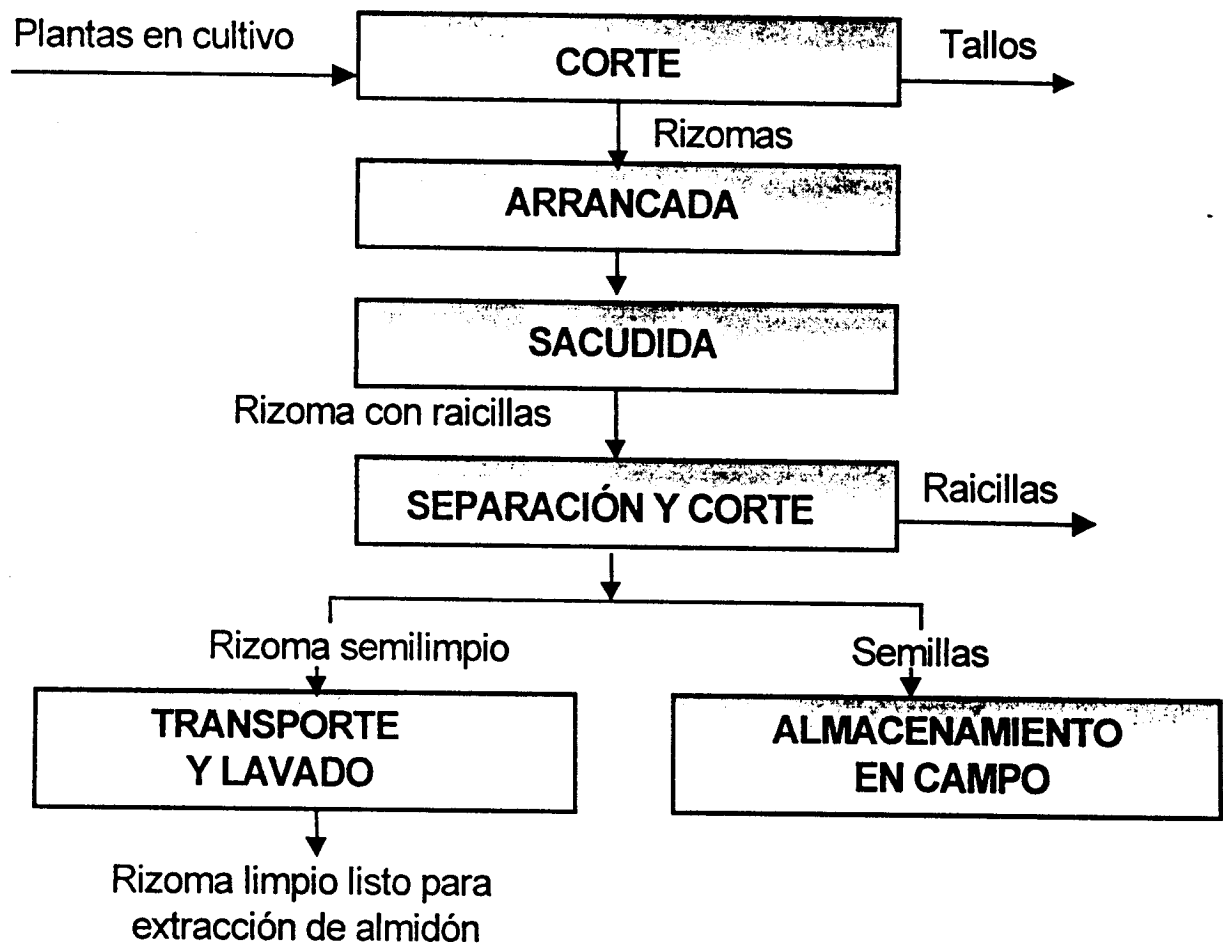


Figura 7. Operaciones implícitas en la cosecha de achira (*Canna Indica*) en el oriente de Cundinamarca

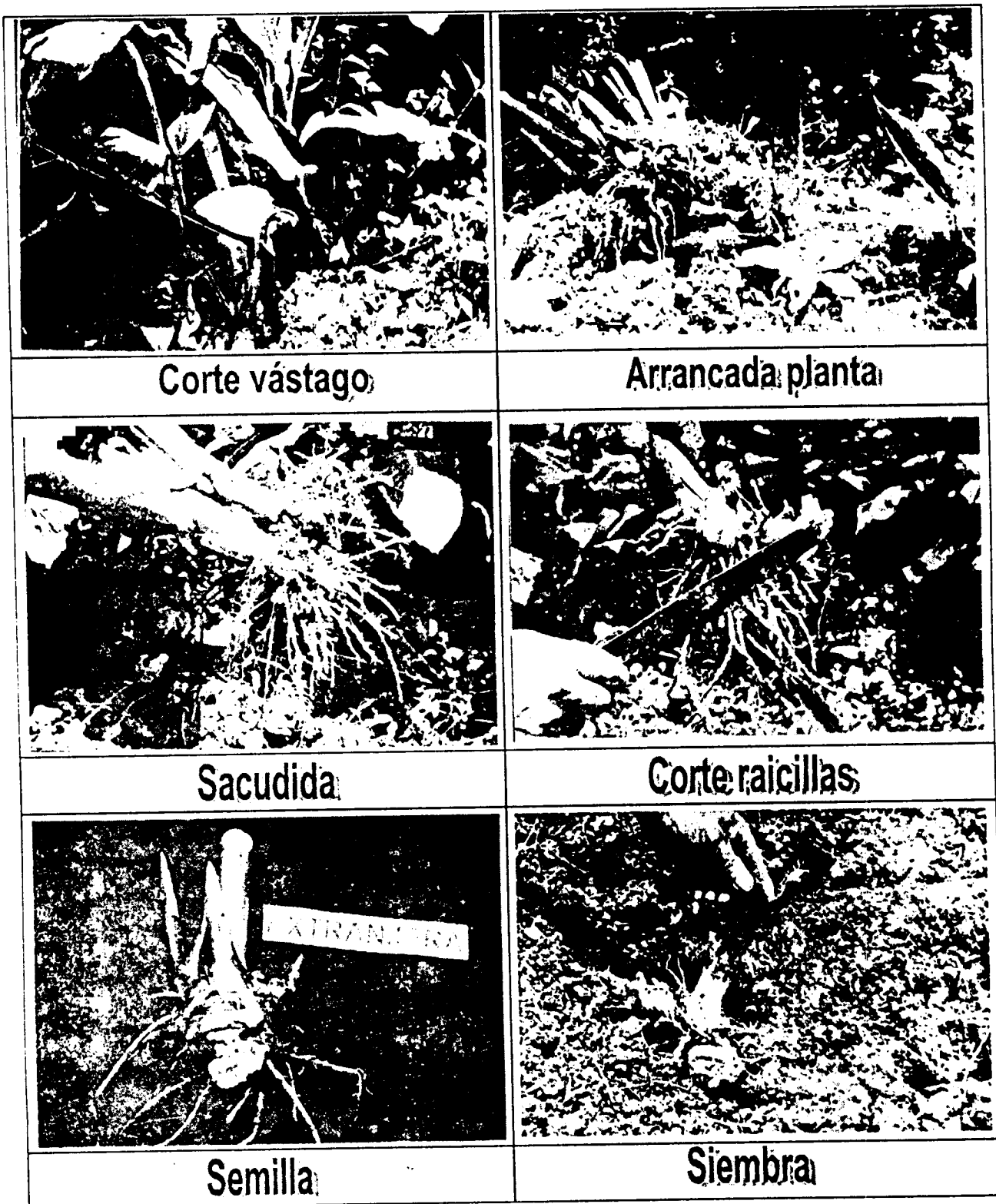


Figura 8. Cosecha de germoplasma de achira (*Canna Indica*) en el oriente de Cundinamarca

USO DE EQUIPOS DE TRACCIÓN ANIMAL EN EL CULTIVO DE LA ACHIRA

Jesús Hernán Camacho Tamayo.¹

Uno de los principales limitantes, tanto técnico como económico para permitir el crecimiento del área cosechada de achira, es la gran cantidad de labores que se realizan en forma manual y el esfuerzo que ellas requieren. Como puede apreciarse en el análisis económico de la producción del cultivo, en las prácticas de arada, surcada, deshierbe y arrancada de rizomas, se requieren 83 jornales/ha en Cundinamarca y 81 jornales/ha en el Huila, lo cual representa el 23,0% y 21,8% de los costos totales de la producción de almidón y el 35,7% y 36,1% de los costos del cultivo en cada departamento. Las labores mencionadas pueden realizarse con la ayuda de equipos de tracción animal, económicos, fáciles de construir y de operar, disminuyendo no solo el esfuerzo requerido por los productores, además ayuda a la disminución del costo de producción de almidón.

Estos implementos se operan normalmente en forma de tiro y aumenta la eficiencia del trabajo, en comparación con el realizado en forma manual. Por otro lado, se amplían las posibilidades de realización de trabajo, que con los instrumentos manuales no es posible realizar o requieren de gran esfuerzo, además de aumentar la superficie cosechada por unidad de producción.

1. PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

A continuación se definen algunos parámetros técnicos usados en mecanización agrícola. Se aclara que los datos encontrados en este trabajo pueden diferir de otros, ya que estos parámetros dependen de las condiciones del implemento de trabajo (maniobrabilidad y desgaste), velocidad de operación, pendiente, forma del lote y de las condiciones existentes (tipo de suelo, contenido de humedad, compactación, malezas y de la habilidad del operario, entre otras).

Presión de un implemento: Fuerza ejercida por unidad de área de un implemento sobre el suelo, durante una labor específica.

Tiro (Fuerza de): Magnitud de la fuerza necesaria para desplazar un implemento con velocidad uniforme.

Velocidad de operación: Distancia en la que se desplaza una máquina en el campo, con respecto al tiempo, al realizar una labor en forma continua.

Ancho de trabajo de un implemento: Máxima distancia horizontal, medida perpendicularmente a la dirección del movimiento, sobre la cual un implemento ejecuta su trabajo en un solo pase.

Profundidad de trabajo: Distancia vertical medida entre un nivel de referencia (superficie) y la base de las depresiones formadas en una operación con los implementos.

¹Ingeniero Agrícola. Investigador. Programa Nacional de Maquinaria Agrícola y Postcosecha - CORPOICA C.I. Tibaitatá.
A.A. 240142 e-mail: jhcachaco@hotmail.com

Capacidad Teórica de Campo (CTC): Cantidad de área que puede cubrir el equipo si funciona todo el tiempo a una velocidad de operación dada, de acuerdo al ancho de trabajo del implemento, bajo condiciones ideales. Para este parámetro se supone que el trabajo es constante y continuo, no existe pérdida de tiempo en las labores de campo y ningún traslape con pases adyacentes.

Capacidad Efectiva de Campo (CEC): Es la tasa real de cubrimiento del implemento, basado en el tiempo efectivo total y del área de lote de trabajo.

Rendimiento de campo: Tiempo real requerido para realizar una labor en una unidad de superficie, es decir, el inverso de la Capacidad Efectiva de Campo.

Eficiencia de campo: Porcentaje real de tiempo gastado para una labor en el lote de trabajo.

2. IMPLEMENTOS PARA PREPARACIÓN Y MANEJO DEL SUELO

2.1. Arado de Chuzo

Introducido por los españoles, es el más utilizado y conocido en zonas de ladera andina. En términos generales solo rotura el suelo y lo desplaza con su paso hacia ambos lados, a profundidades superficiales, sin voltear el suelo, siendo esto una limitante, pues no permite la incorporación de residuos de cosecha y de malezas. El arado de chuzo es fundamentalmente un instrumento de labranza superficial. Consta de un timón, mancera, cuña y la reja, que es una punta metálica. La Figura 1 muestra un arado de chuzo típico y en la Tabla 1 se pueden apreciar algunas de las condiciones de operación.

La regulación de la profundidad y del ancho de corte es difícil, afectando la eficiencia en la operación y la vida útil del implemento. Se estima un rendimiento diario entre 1.300 a 1.500 m²/día, para la primera labor (rotura del suelo) y de 1.600 a 2.000 m²/día, para cruces o desterronamiento. La vida útil del implemento se estima entre 1 y 3 años, al término de los cuales el arado se adelgaza por el desgaste y en razón de su menor peso, la labor se hace menos eficiente y de poca profundidad. Generalmente se opera con uno o dos animales.

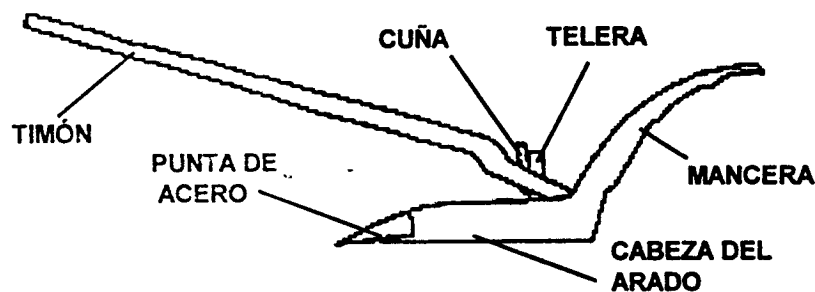


Figura 1. Arado de chuzo

Tabla 1. Condiciones de operación de algunos implementos de tracción animal, operados con yunta de bueyes¹

Variables de operación	Implementos			
	Arado de chuzo	Arado ICA	Arado ecoandino	Surcadora ICA
Presión, psi	203	240	210	153
Fuerza de tiro, kg-f	231	232	201	145
Fuerza de tiro, N	2.264	2.274	1.970	1.421
Velocidad yunta, m/s	0,95	0,48	0,44	0,58
Potencia, HP	2,88	1,46	1,16	1,10
Ancho trabajo, cm	15	20	25	20
Profundidad, cm	12	20	18	18
CTC, ha/h	0,0513	0,0346	0,0396	0,0418
CEC, ha/h	0,0144	0,0245	0,0196	0,0181
Rendimiento de campo, h/ha	69,44	40,82	51,02	55,25
Eficiencia de campo, %	28,07	70,81	49,50	43,30

¹ Datos evaluados en suelos francos, en los departamentos de Boyacá y Cundinamarca.

CTC: Capacidad Teórica de Campo = Ancho de corte x velocidad de operación

CEC: Capacidad Efectiva de Campo = Area del lote / tiempo total de operación

Eficiencia de campo = CEC / CTC

Rendimiento de campo = 1/CEC

2.2. Arado de Vertedera Reversible

Los arados de vertedera reversible conocidos en nuestro medio constan de dos elementos: una barra portaherramientas y el cuerpo del arado que se une a la anterior mediante roscado, sistema de grapas o sujeción con tornillos. La estructura presenta un dispositivo que permite regular la profundidad de la reja mediante un tornillo o una platina, pero esta depende de además de las condiciones del suelo, la pendiente y la fortaleza de la yunta, entre otras.

El arado de vertedera se utiliza en la labranza primaria, principalmente para roturación y volteo del suelo, facilitando las labores de desterronamiento, aireación, incorporación de residuos, manejo de malezas y aporque. Además, en el cultivo de la achira, este implemento se utilizó para la operación de arrancado de los rizomas, con buenos resultados, como se describe más adelante. Requiere para su arrastre uno o dos animales de tiro. Al voltear la tierra removida en una dirección, mantiene la superficie libre de surcos y permite que el labrador are todo en una operación, sin tener que replantear su recorrido, debido a la facilidad que tiene de modificar la posición del conjunto reja - vertedera. Debe trabajarse en suelos que no presenten exceso de humedad, pues la tendencia a "apelmazar o compactar" el fondo del surco, no permitiría un crecimiento radicular del cultivo.

En Colombia este arado es construido en talleres de metalmecánica pequeños en zonas rurales o por los mismos agricultores, que utilizan metales de desperdicio, sin tener en cuenta recomendaciones técnicas tanto del diseño como de los materiales. Las Figuras 2 y 3 muestran dos tipos de arado de vertedera: tipo ICA y Ecoandino y en la Tabla 1 se puede apreciar algunas características de operación.

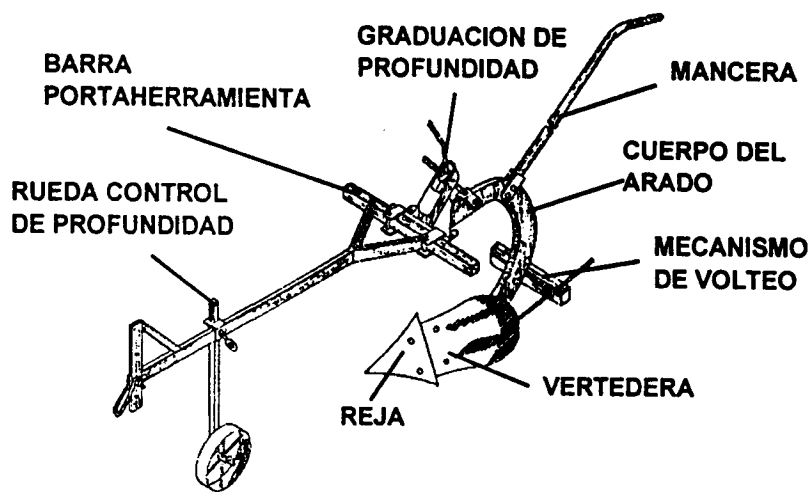


Figura 2. Arado de vertedera reversible diseñado y construido por el ICA

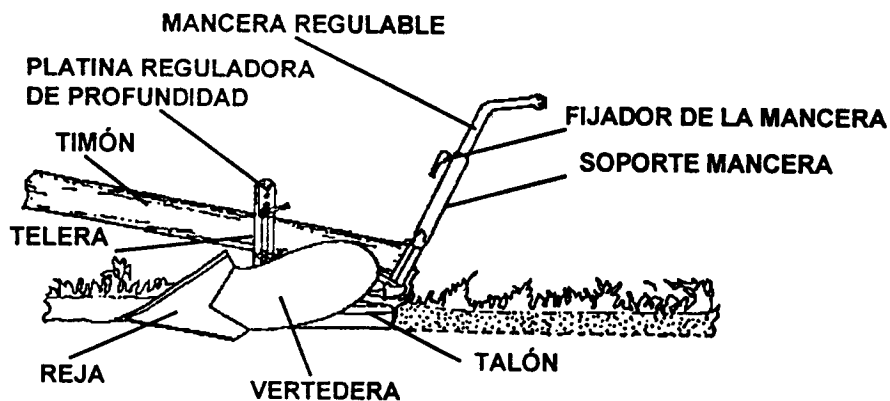


Figura 3. Arado de vertedera reversible Ecoandino

2.3. Surcadora

La surcadora es un implemento diseñado para ser montado en el cuerpo del arado de vertedera reversible, de tal forma que este sirva para un doble propósito. Consta de una reja o punta que le da penetración al conjunto y dos alas que desplaza hacia los lados la tierra removida, formando el surco. Con su uso se reduce considerablemente el tiempo empleado en el surcado, realizado completamente a mano en zonas de ladera de minifundio. Para su operación se recomienda el uso de dos bestias, por ser un implemento que requiere de mayor potencia que los descritos anteriormente.

Puede utilizarse además para realizar control de malezas y aporcar, lo cual reduce tanto el esfuerzo físico como el tiempo empleado en estas labores, cuando se hace en forma manual con azadón.

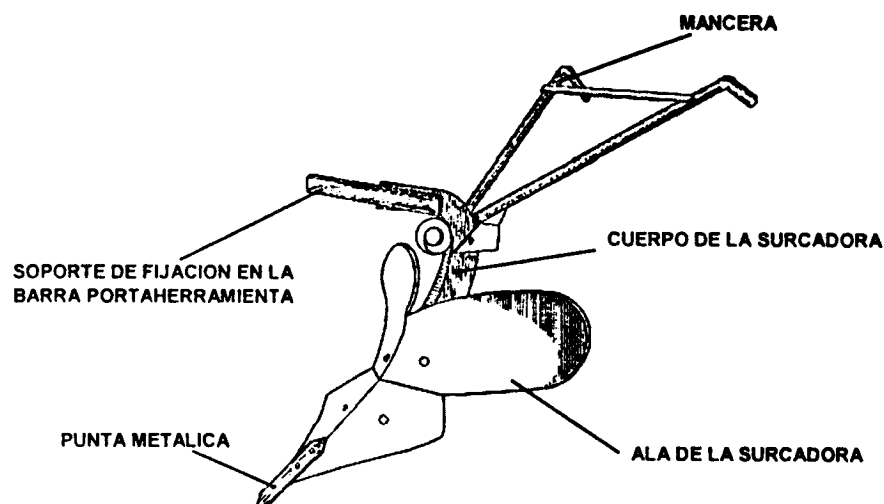


Figura 4. Surcadora diseñada y construida por el ICA

3. EL IMPLEMENTO EN EL SUELO

Es claro pensar en la existencia de una relación entre el suelo (como medio que va a ser modificado) y el implemento (como herramienta que modifica el suelo). Esta relación se caracteriza básicamente por el efecto de la aplicación de fuerzas que se ejercen indistinta y directamente uno al otro, para producir la modificación deseada en el suelo. Las alteraciones producidas en el suelo dependen de diferentes condiciones, entre las que se destacan, por parte del suelo: el contenido de humedad, estado inicial, granulometría e historial edáfico, principalmente y, por parte del implemento, el ángulo de ataque, su forma, ancho y profundidad de operación y el desgaste, entre otros.

Como efecto resultante se tendrá que, si al manejo del suelo se efectúa a un bajo contenido de humedad, se forman terrones grandes, con poco beneficio para las propiedades físicas, los requerimientos de energía aumentan, los implementos trabajan en forma deficiente, aumentan el número de labores secundarias, el suelo pierde estructura y no se favorece el control de la erosión. Si la arada se realiza a un contenido de humedad muy alta se producirá un amansamiento en el suelo, produciendo sellamientos. Solo en un rango de humedad que determine consistencias friables, se permite un desarrollo del cultivo a establecer. La profundidad de trabajo del implemento debe ser acorde a las necesidades de crecimiento radicular del cultivo.

4. RECOLECCIÓN MECÁNICA DE RIZOMAS DE ACHIRA

La cosecha de los rizomas de achira se realiza generalmente en forma manual (Figura 5), mediante operaciones con azadón o pala, requiriendo no solo un gran esfuerzo físico, además el número de jornales para esta labor es alto como se aprecia en la Tabla 2. Por esta razón, es conveniente agilizar y disminuir el tiempo de dedicación en esta labor, pues al dejar el rizoma en el suelo una vez que se alcanza el punto de madurez para la cosecha, pueden presentarse pérdidas económicas adicionales, al disminuir la concentración del almidón, bien sea por rebrotes o por presencia de lluvias, como se explica en el artículo técnico "ASPECTOS AGRONÓMICOS EN EL MANEJO DEL CULTIVO DE LA ACHIRA", expuesto en esta publicación.



Corte de tallos y hojas



Remoción localizada del suelo

Figura 5. Recolección manual de los rizomas de achira

Tabla 2. Costo de algunas labores realizadas manualmente en el cultivo de achira, comparadas con las labores realizadas mediante equipos de tracción animal, evaluadas y propuestas

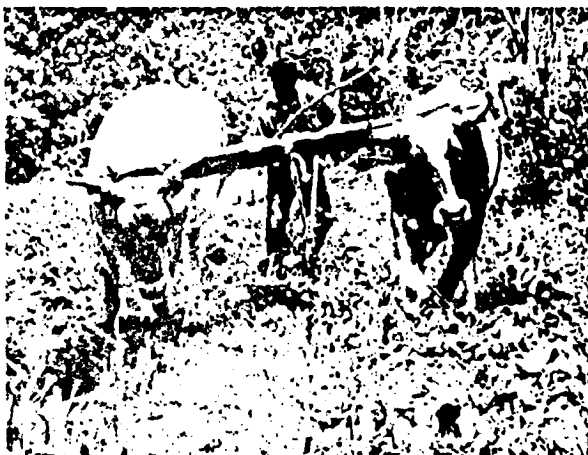
Operación	Forma	Jornales	Valor unitario, \$	Valor total, \$
Arrancada de rizomas	Manual*	40	8.000	320.000
	Arado de Vertedera**	12	20.000	240.000
Preparación del suelo	Arado de Chuzo*	6	20.000	120.000
	Arado de Vertedera**	4	20.000	80.000
Surcada y aporque (Incluye control malezas)	Manual*	40	8.000	320.000
	Surcadora**	7	20.000	140.000
* Forma tradicional \$ 760.000		** Forma propuesta \$ 460.000		
Disminución de costos: 39.5%				

Mediante la implementación del arado de vertedera, se agiliza la recolección de los rizomas, el esfuerzo físico disminuye junto a los costos de esta labor. Además el suelo queda suelto y solo se necesitará una o dos labores adicionales (desterronamiento) para proceder a la siembra del próximo cultivo (Figura 6), ahorrando de esta manera tiempo y costos de preparación del suelo.

De acuerdo con el comportamiento de los rizomas de achira (geotropismo positivo), se seleccionó el arado de vertedera reversible para la cosecha, ya que presenta una profundidad y ancho de trabajo, que garantizan un bajo daño mecánico. Para su manejo e implementación, se recomienda tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Seleccionar semillas uniformes y vigorosas.
- Realizar la siembra a una profundidad entre 10 - 15 cm.
- Dejar surcos uniformes.
- Realizar la cosecha cuando el suelo presente una consistencia friable, ni húmedo ni seco.
- Cortar los tallos y las hojas de las plantas.
- Calibrar a la mayor profundidad posible el arado de vertedera.
- Escoger una yunta "mansa" y de buena potencia (animales de más de 500 kg de peso).

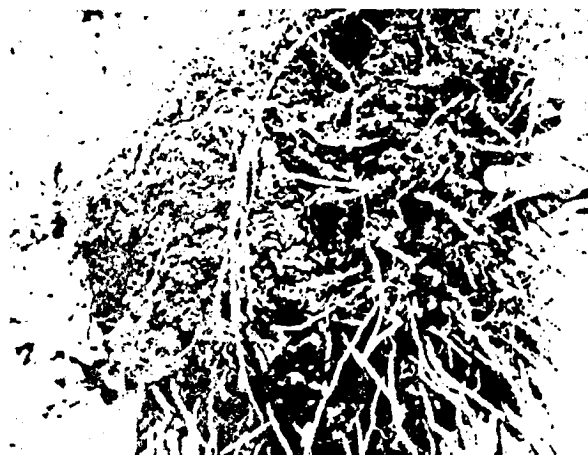
- "Atacar" los surcos de achira por los lados, nunca por el centro, ya que el daño mecánico puede ser fuerte en los rizomas.
- Preferir cultivares de achira, cuya formación de raíces es baja. No se recomienda la "raizuda", ya que por su formación de raíces aumenta los requerimientos de potencia y disminuye la eficiencia de esta labor.



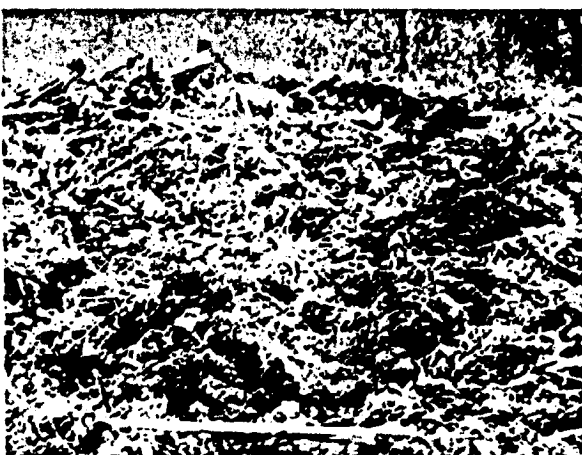
Yunta de bueyes, arrancando los rizomas de achira.



Arado de Vertedera reversible, tipo ICA.



Conjunto de rizomas de achira, cosechado mecánicamente.



El suelo queda suelto, para realizar la siembra del próximo cultivo.

Figura 6. Recolección mecánica de los rizomas, con arado de vertedera reversible.

5. BIBLIOGRAFÍA

AMÉZQUITA, E. Q. Las Propiedades Físicas y el Manejo Productivo de los Suelos. En: Fertilidad de Suelos, Diagnóstico y Control. Santafé de Bogotá: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS), 1994. P. 137 - 153.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Prototipos para Zonas de Minifundio Diseñados y Construidos por el ICA. Boletín Promocional. 2ª. Ed. Bogotá: ICA, 1979. 27p.

MALAGÓN CASTRO, Dimas et al. Propiedades Físicas de los Suelos. Santafé de Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 1990.

O'NEIL, D. H., SIMS, B. G. y SMITH, D. W. Principios y Prácticas de Pruebas y Evaluación de Máquinas y Equipos Agrícolas. Boletín de Servicios Agrícolas. No. 110. Roma: FAO, 1994.

SABOGAL, Miguel Ángel. Caracterización de los Sistemas de Mecanización Utilizados en la Preparación de Suelos de Ladera en la Región del Gualivá. Santafé de Bogotá: CORPOICA - Universidad Nacional de Colombia, 1998. Tesis de Grado Departamento de Ingeniería Agrícola. 166p.

PRODUCCIÓN Y EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE ACHIRA EN COLOMBIA

Hugo Reinel García Bernal¹

1. PROPIEDADES DE LOS RIZOMAS DE ACHIRA

El peso y la longitud de los rizomas son variables importantes para definir los equipos y operaciones del beneficio de la achira. A continuación se muestran algunos resultados obtenidos por CORPOICA para las cuatro variedades de almidón de achira de mayor importancia en el oriente de Cundinamarca (Tablas 1 y 2). En la Tabla 3 se presenta la composición promedio de un rizoma, según Montaldo, 1972.

De las Tablas 1 y 2 se puede concluir que por la gran variación en el tamaño y peso de los rizomas, es muy difícil desarrollar mecanismos que empleen las propiedades físicas anteriores como principio de funcionamiento. Se puede observar una mayor variación entre rizomas de una misma especie, que entre los valores mínimo, promedio y máximo de las diferentes especies.

Tabla 1. Peso mínimo, máximo y promedio de rizomas de cuatro variedades

Variedad Medida	Raizuda	Bugueña	Natagueña	Roja
Mínimo, g	3,5	5,1	4,3	4,8
Máximo, g	390,8	374,3	420,3	305,8
Promedio, g	170,6	152,2	166,9	133,6
Desviación, %	127,5	109,1	119,1	92,5

Fuente: Ramírez, Yamile. Remoción de Impurezas del Almidón de Achira. Santafé de Bogotá: CORPOICA - Universidad de América, 1996. Tesis Ingeniería Química. 117 p.

Tabla 2. Longitud mínima, máxima y promedio de los rizomas de cuatro variedades

Variedad Medida	Raizuda	Bugueña	Natagueña	Roja
Mínima, cm	5,2	10,2	7,5	6,8
Máxima, cm	26,8	27,3	30,4	28,6
Promedio, cm	16,4	17,4	19,5	17,9
Desviación, %	5,9	5,7	7,1	6,3

Fuente: Ramírez, Yamile. Remoción de Impurezas del Almidón de Achira. Santafé de Bogotá: CORPOICA - Universidad de América, 1996. Tesis Ingeniería Química. 117 p.

¹ Ingeniero Agrónomo. M.Sc. Coordinador del Programa Nacional de Maquinaria Agrícola y Postcosecha - CORPOICA. C.I. Tibaitatá. A.A. 240142. Santafé de Bogotá D.C. e-mail: hgarcia@corpoica.org.co

Tabla 3. Composición y propiedades fisicoquímicas de los rizomas de achira

Composición/100g rizoma	Base húmeda
Valor Energético, cal	130
Humedad, %	66,8
Proteína, g	0,9
Grasa, g	0,1
Carbohidrato total, g	31,3
Fibra, g	0,5
Cenizas, g	0,9
Calcio, mg	15,0
Fósforo, mg	63,0
Hierro, mg	1,4
Riboflavina, mg	0,01
Niacina, mg	0,4
Tiamina, mg	0,03
Acido Ascórbico, mg	7,0

Montado, Álvaro. Cultivo de Raíces y Tubérculos Tropicales. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, 1972. P 202

En la Figura 1 se presentan los rendimientos de cuatro variedades de almidón de achira en el oriente de Cundinamarca.

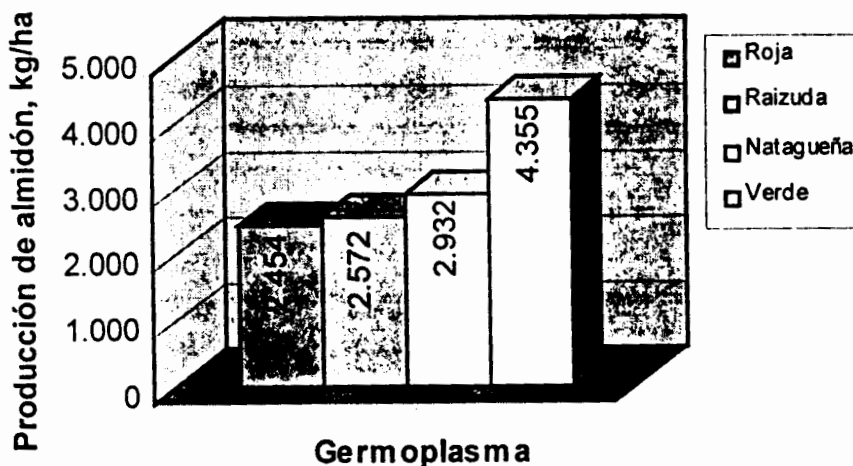


Figura 1. Producción promedio de almidón (1994 - 1997) de cuatro variedades de achira (*Canna indica*) en el oriente de Cundinamarca. Fuente: TORRES, Jaime. CORPOICA - CRECED oriente de Cundinamarca, 1998

1.3. Producción de la Achira en Colombia

Esta planta se cultiva y se procesa en las zonas de economía campesina de los departamentos del Huila, Cundinamarca y Nariño. En el Sur del Huila, se encuentra principalmente en Altamira, San Agustín e Isnos. En Cundinamarca, en Quetame, Fosca y Cáqueza, primordialmente y en Nariño, en La Unión y San Pablo.

El oriente de Cundinamarca es la principal zona productora de achira, con 800 ha sembradas y realmente es la única región del país donde se encuentran cultivos realizados bajo condiciones comerciales. En pruebas semicomerciales realizadas por el CRECED oriente de Cundinamarca de CORPOICA (cultivos de áreas promedio manejados por productores en sus fincas, bajo supervisión de los técnicos del CRECED) se han alcanzado rendimientos superiores a 30 t/ha de rizomas y cerca de 5 t/ha de almidón. Sin embargo, el rendimiento promedio de la región es inferior a 1,5 t/ha.

Es importante mencionar que en ensayos experimentales se han alcanzado hasta 10 t/ha de almidón y que las pruebas semicomerciales se realizan bajo condiciones tecnológicas o económicas que pueden ser aplicadas por la mayor parte de los productores actuales. Además, 5 t/ha de almidón no se alcanzan fácilmente en el país con especies como trigo o maíz, por lo cual el cultivo de achira se convierte en uno de los mayores potenciales para disminuir las importaciones masivas de estos productos.

En las otras regiones, el cultivo se realiza en la mayor parte en "solares" donde se obtiene el almidón para pan de autoconsumo y se sacan al mercado unos pocos excedentes.

En Colombia se producen cerca de 1.800 toneladas de almidón anualmente, las cuales se utilizan en su mayor parte (cerca del 80%) en la elaboración artesanal de bizcochos en los departamentos de Tolima y Huila e industrialmente en Santafé de Bogotá.

En el Huila es donde más se utiliza en bizcochería, en pequeñas panaderías artesanales que han logrado posicionar su producto convirtiéndolo en símbolo regional. Este es el caso de Altamira, Huila, donde, además de la producción familiar, existen cerca de 25 microempresas de bizcochos que cubren gran parte del consumo regional, nacional y aún, exportan pequeñas cantidades a los mercados de Estados Unidos y Europa. "Achiras del Huila", de Neiva, es la principal empresa productora de bizcochos y emplea entre 5 a 7 toneladas de almidón por mes.

En Santafé de Bogotá existen algunas empresas productoras de alimentos como Carulla e Industrias Ramo, que en la actualidad están utilizando el almidón para la producción industrial de bizcochos, empleando cerca de 100 toneladas anualmente, sin embargo, se podría procesar una cantidad mayor si no existieran problemas de suministro, precios elevados y bajo nivel de calidad.

2. PROCESO ACTUAL DE OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE ACHIRA

En el país el proceso de extracción de almidón de achira tiene las mismas etapas que el empleado para obtener el almidón de yuca, pero es mucho más rudimentario.

En la Figura 2 se presentan las diferentes operaciones y productos del proceso de obtención del almidón de achira.

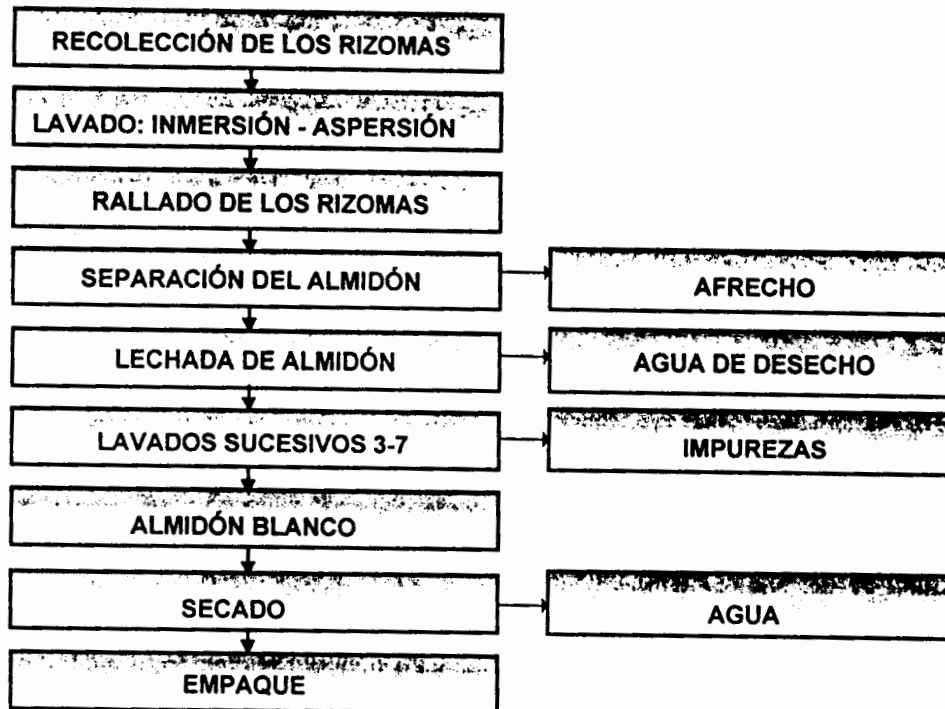


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de extracción del almidón de achira

2.1. Limpieza de los Rizomas

Los rizomas de achira, al ser arrancados traen consigo una variedad de elementos propios de la tierra donde se encontraban sembrados. En épocas secas y en terrenos sueltos basta con sacudir los rizomas para eliminarles la tierra, la arena y piedrecillas. En algunas ocasiones se cortan manualmente la mayor parte de las raíces y raicillas, para tratar de eliminar las impurezas externas y dejar los rizomas lo más limpios posible. Sin embargo, con este tratamiento quedan bastantes residuos en el rizoma y, además, demanda gran cantidad de tiempo y de mano de obra.

Luego, algunos productores rocían agua a los rizomas para lavarlos; sin lograr también una limpieza adecuada pues el agua se debe aplicar a presión o mediante un agitado fuerte para remover las impurezas que se incrustan en los intersticios del rizoma. El problema de la limpieza se puede solucionar en gran parte si los rizomas se dejan en remojo durante la noche y al otro día se agitan fuertemente o se les aplica agua a presión.

El agua utilizada para el lavado de los rizomas proviene de quebradas o es agua lluvia almacenada en tanques o albercas y carece de cualquier tratamiento físico o químico para su purificación. Algunos estudios proponen "pelar" los rizomas, es decir, eliminar su cáscara con una cuchilla o peladora pero ésta es una operación de difícil ejecución, por la forma irregular de los cormos.

2.2. Rallado

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 se libere el almidón.

A pesar de que el licuado representa una alternativa muy eficiente para romper la fibra, esta práctica industrial no es utilizada, por la baja capacidad de producción que se alcanzaría con estos implementos.

El rallado consiste en pasar las raíces por una máquina compuesta por una tolva de alimentación, un rodillo o tambor recubierto por una lámina metálica con una gran cantidad de púas sobresalientes, una tabla reguladora de alimentación o pechero, unas bases donde reposan los anteriores elementos y un orificio de desfogue de producto. Los rizomas ingresan a la tolva de alimentación, pasando inmediatamente al cilindro rallador.

Generalmente, el cilindro rallador consta de un tambor de madera de "granadillo" de 0,25 a 0,40 m de diámetro por 0,25 a 0,40 m de largo, de acuerdo con la capacidad esperada. Tradicionalmente este rodillo se reviste con láminas viejas de hierro recubiertas de zinc, las cuales, por su exposición al ambiente durante muchos años, han sufrido un endurecimiento que reduce el desgaste de las púas durante el rallado de los rizomas.

Las púas se hacen colocando la lámina sobre una superficie blanda, costales por ejemplo, y luego se "pica" con una puntilla abriendo orificios de unos 4 mm de diámetro, de tal forma que al "explotar" el orificio, queden pedacitos de lámina salientes de unos 3 mm de altura. Los orificios tienen una distribución aleatoria dentro de la lámina y guardan distancias entre centros cercanas a los 6 mm.

El Programa Nacional de Maquinaria Agrícola y Postcosecha de CORPOICA, con estudiantes de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Colombia, desarrolló dos rallos: uno con capacidad promedio de 400 kg/h y otro con capacidad de 1.000 kg/h. (Figura 3). Estos rallos tienen la tolva y la lámina perforada en acero inoxidable para disminuir los residuos de óxido de hierro en el almidón y alcanzar una mayor duración de los equipos.

La lámina (calibre 22 a 24) se troqueló para que las púas, de forma piramidal, tuvieran un orificio cuadrado de 3mm y una altura de 2,8 mm. La distancia entre centros de cada púa es de 10 mm y transversalmente están perfectamente alineadas y a escuadra con el borde de la lámina. Longitudinalmente, las púas se desplazan 0,7 mm por cada hilera de tal forma que la posición de una púa sólo se repite cada 14 hileras aproximadamente. De esta forma se garantiza un mejor ataque del raíz al rizoma, evitándose la formación de canales, logrando un mejor rompimiento de las células y una mayor eficiencia de extracción del almidón. (Figura 4).

El rallo grande tiene un rodillo de 0,30 m de diámetro por 0,30 m de longitud y debe ser accionado por un motor de unos 8 caballos de fuerza, si es a gasolina, o entre 4 y 5, si es diesel o eléctrico. El pequeño de 0,30 m x 0,25 m se puede accionar con uno de 3 a 4 caballos de fuerza a gasolina. Ambos deben girar a unas 1.800 r/min. (r.p.m.) o sea unos 30 m/s.

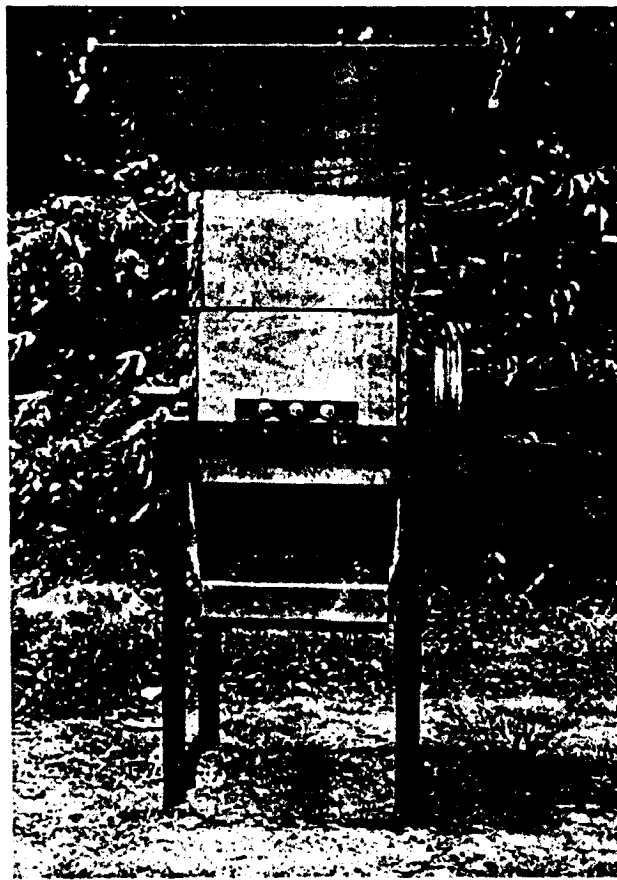


Figura 3. Rallo mecánico para achira.

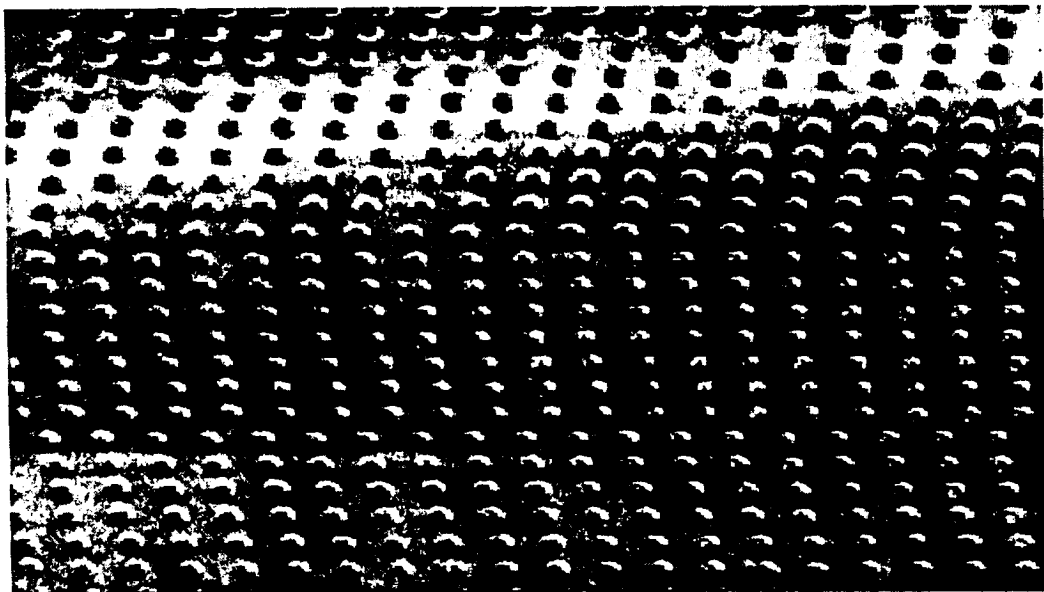


Figura 4. Troquelado del tambor del rallo en acero inoxidable.

2.3. Tamizado

La masa rallada se recoge en un recipiente y se caracteriza por:

- Estar constituida por material vegetal macerado, raicillas, arcillas, lodos, arena de diferentes tamaños, fibra y por supuesto, el almidón disperso entre estos elementos.
- Presentar en su superficie un color más oscuro que en el interior de la misma, es decir, la masa que se encuentra en contacto directo con el aire del medio ambiente, se oscurece cada vez más, hasta convertirse en color café y en ocasiones casi negro, mientras la del interior permanece más clara.

Esta pigmentación es bastante fuerte, en contacto con la ropa o plástico es casi imposible de quitar, incluso en la piel, produce una mancha muy difícil de eliminar. Cuando esta pigmentación se presenta en el almidón comercial, éste es rechazado y se pierde la producción. Por tanto, uno de los problemas de los productores es eliminar la pigmentación para lograr un almidón blanco, similar al de la yuca o la arracacha.

La separación del almidón del afrecho es la operación sucesiva al rallado, denominada comúnmente por los productores como tamizado. El producto del rallado se pasa por mallas, generalmente telas como la muselina, mientras va siendo rociado con agua y estrujado fuertemente. En la Figura 5 se muestra el montaje empleado tradicionalmente para tamizar la lechada de almidón. Normalmente se emplean tanques de cemento recubiertos de baldosín. Estos tanques tienen generalmente un metro de ancho, entre 2,5 y 3 metros de largo y unos 80 cm de altura y poseen orificios de drenaje del agua sobrenadante, ubicados a alturas separadas entre 5 y 10 cm. Sobre estos tanques se colocan los tamices para el colado. En la Figura 6 se observa el equipo de tamizado diseñado por CORPOICA para la separación del almidón.

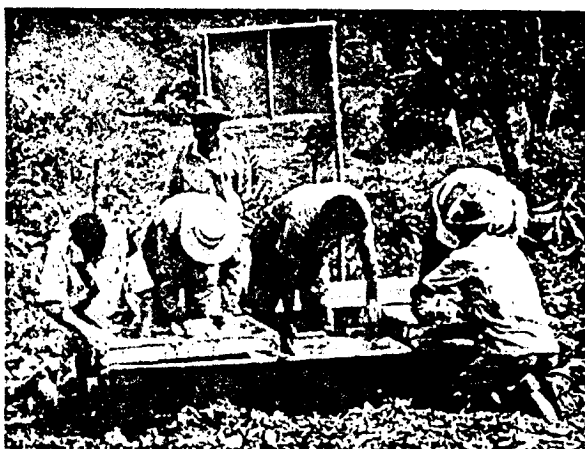


Figura 5. Esquema del sistema tradicional de tamizado

Fuente: TORRES, Jaime. CORPOICA, CRECED oriente de Cundinamarca, 1998

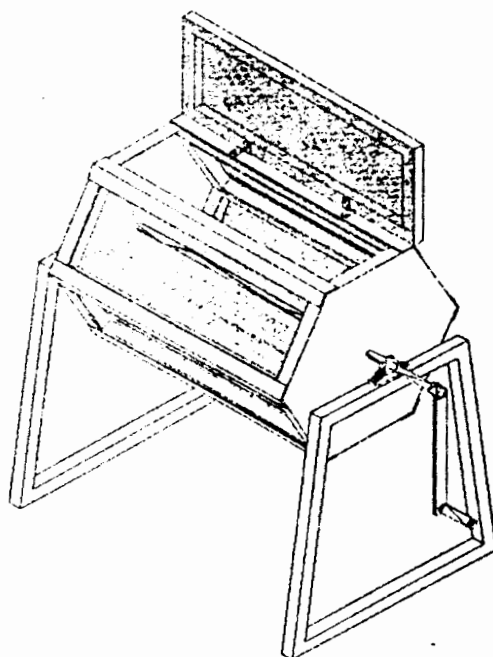


Figura 6. Sistema de tamizado diseñado por CORPOICA

El afrecho se retiene encima de la malla y el almidón, que generalmente va acompañado de agua e impurezas de igual o menor tamaño que los gránulos, pasa por ella y forma la "lechada". El almidón de la lechada se precipita, junto con las impurezas más pesadas y se forman dos fases: una sólida (almidón, arenilla y partes de tejido vegetal) y una líquida (agua con sustancias en solución y gránulos de almidón e impurezas). Ambas fases son de color pardo oscuro. A partir de este momento la preocupación del productor es la de "blanquear" el almidón.

Una vez el almidón se ha sedimentado se comienzan a destapar los orificios del tanque y se retira el agua sobrenadante y posteriormente se lava la superficie de la lechada para retirar las impurezas remanentes sobre la superficie.

2.4. Lavado del Almidón

Para "blanquear" el almidón, tradicionalmente se ha utilizado el método de lavados sucesivos con agua en bateas. Las bateas se construyen en madera, son de base rectangular, de forma trapezoidal y poco profundas. Las dimensiones de la base inferior por lo general son de 2 m de longitud por 0,40 m de ancho. La base superior o boca es de 2,4 a 2,5 m de longitud por 0,60 a 0,7m de ancho y la profundidad varía entre 0,3 y 0,4 m (Figura 7).

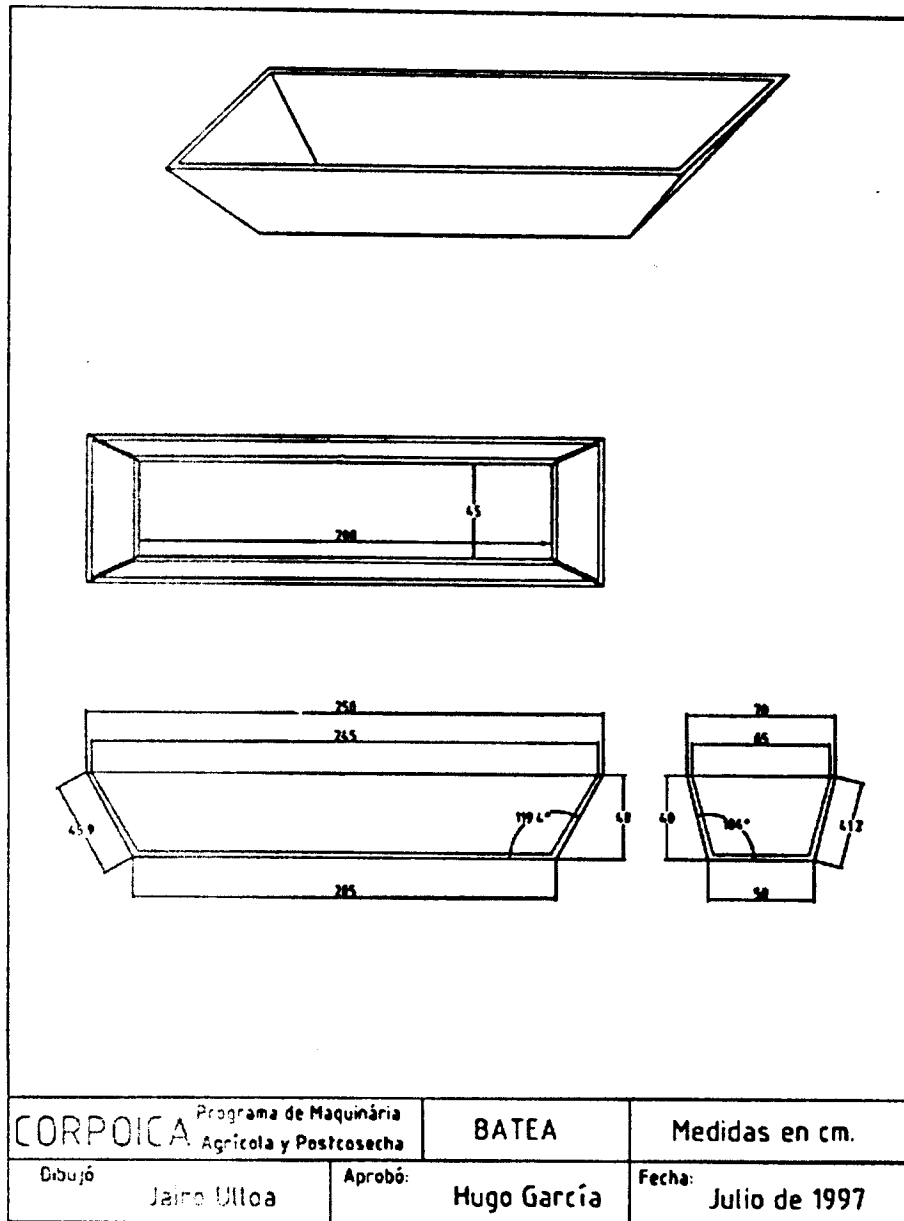


Figura 7. Plano de las bateas para sedimentación y lavado del almidón.

Estas bateas se colocan sobre bases que permitan voltearlas con facilidad, una vez el almidón se ha sedimentado, para remover la solución de la fase superior. Por su forma, número y dimensión, las bateas representan un equipo de alto consumo de agua, deficientes por no lograr eliminar las impurezas del almidón, antihigiénicas por la constante manipulación del almidón y por el desarrollo de microorganismos en los intersticios de la madera y de gran desperdicio, por el arrastre del almidón con el agua.

Después de eliminar el material sobrenadante de la lechada, en la misma batea se agrega agua limpia y se agita con una pala de madera con el fin de poner en suspensión nuevamente el almidón y las impurezas. Luego la lechada formada se deja reposar, hasta su precipitación y sedimentación (Figura 8).



Figura 8. Lavado y sedimentación del almidón de achira en bateas

Esta operación se repite entre 6 y 7 veces para lograr un blanqueo óptimo, de manera que se presenta un verdadero “cuello de botella” en el transcurso del proceso. Es aquí donde radica la mayor parte del problema, ya que este método requiere el uso de grandes cantidades de agua (hasta 250 l/kg de almidón seco), significativo uso de mano de obra y valioso tiempo de producción. Al igual, una disminución notable del rendimiento (del 11 a 15%) como consecuencia del desperdicio de almidón en los lavados.

En algunas ocasiones, especialmente cuando es época de verano, los ríos y quebradas bajan su nivel, el agua es escasa y como consecuencia de ello no se puede realizar la cantidad de lavados necesarios. Esto conlleva a la obtención de un producto de color pardo, de aspecto desagradable que no compete en el mercado con otros almidones de mejor calidad, perdiéndose así, meses de intenso trabajo y la inversión realizada.

CORPOICA ha venido probando sistemas de blanqueo químico, determinándose que al rallar los rizomas y al lavar el almidón en soluciones de ácido cítrico por inmersión y/o aspersion, se reduce considerablemente la cantidad de lavados sin afectar la calidad del almidón. Este tema se tratará en forma más detallada en el artículo “REMOCIÓN DE LAS IMPUREZAS PRESENTES EN LA OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE ACHIRA”, expuesto en esta publicación.

2.5. Secado

Después del lavado del almidón los productores continúan con el secado del almidón. Este consiste en eliminar parte de la humedad que trae el almidón de las etapas anteriores, para su posterior empaque y comercialización. Esta operación, generalmente se realiza al sol sobre patios de cemento, contaminándose el almidón por el pisoteo de animales y la suciedad de los mismos patios, con lo cual se demerita la calidad del almidón. En estos patios el secado dura de 3 a 4 días y mientras más caliente el sol y más seco el aire, se obtiene un almidón de mejor calidad. Actualmente y por falta de un secado adecuado, el almidón se está comercializando con contenidos de humedad comprendidos entre 20 y 25% b.h., cuando debería llevarse al mercado con humedades inferiores al 15%. Es interesante, que a pesar de presentar estos altos niveles de humedad, el producto no se deteriora. Según estudios realizados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT, el almidón de achira no debe ser secado a temperaturas superiores a 65°C, para evitar su gelatinización.

CORPOICA recomienda, con excelentes resultados, en cuanto al tiempo de secado y calidad del almidón, el uso de carpas de plástico negro y paseras de madera, de madera y malla de alambre galvanizado, recubierta de láminas de plástico negro, colocadas sobre burros de madera o guadua. En estas condiciones el secado se reduce a la mitad del tiempo y se evita la contaminación. En este tipo de implementos se facilita la protección del producto en caso de lluvia.

2.6. Empaque y Almacenamiento

El empaque se hace en sacos de 62,5 kg, generalmente similares a los usados para harina de trigo. Se debe almacenar en lugares protegidos de la humedad y de malos olores, conservándose bajo estas condiciones por un tiempo considerable, sin que sea atacado por roedores, insectos o microorganismos.

2.7. Rendimiento

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

En Colombia, los estudios realizados por Bavaria, indican que el mayor beneficio se obtiene cuando el rizoma presenta de 6 a 8 meses de cultivo, con un rendimiento del 20% del peso del rizoma y humedad del 70%; sin embargo, se afirma que después del noveno mes la disminución del contenido de almidón es significativa. CORPOICA ha realizado estudios para definir los momentos de máxima concentración de almidón para siete variedades, los cuales confirman el comportamiento observado por Bavaria, aunque el número de meses puede variar entre lugares y variedades.

En las evaluaciones realizadas por CORPOICA, se ha encontrado que el rendimiento de almidón por rizoma puede variar entre 6 y 14 % dependiendo del estado del cultivo, del tiempo transcurrido entre la cosecha y la extracción (en lo posible debe ser menor de 2 días) y de la eficiencia de rallado y de tamizado. Hay que tener en cuenta que con un 20 % de humedad final del almidón y un rendimiento del 15%, el rendimiento real a 0% de humedad sólo es del 12%.

3. FACTORES DE CALIDAD DEL ALMIDÓN DE ACHIRA

- Contenido de impurezas. Tierra, arenillas y piedrecillas. Por conteo al microscopio éstas no deben sobrepasar el 10 % del total del almidón.
- Color. Respuesta blanca en el análisis frente a un fotocolorímetro.
- Contenido de humedad. El almidón debe comercializarse con humedad inferior al 15%, de igual forma que la mayor parte de harinas.
- Mezclas de otros almidones de menor precio. Mediante pruebas de sedimentación se puede establecer las mezclas de otros almidones, ya que el de achira decanta de manera casi instantánea mientras los otros permanecen más tiempo en solución.

En la Tabla 2 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.

Tabla 2. 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: Gévez, Diana y Pulido, Jazmín. Caracterización Fisicoquímica y Establecimiento de Parámetros de Calidad para el Almidón de Achira. Santafé de Bogotá: CORPOICA - Universidad de La Salle, 1998. 117 p. Tesis Facultad de Ingeniería de Alimentos.

4. USOS Y APLICACIONES DEL ALMIDÓN DE ACHIRA

- Industria alimenticia: el almidón de achira se consume como bizcochos, bizcochuelos, almojábanas, panecillos y galletas, como espesante en sopas instantáneas y coladas para niños, en productos enlatados, en fabricación de salsas, como relleno en productos dietéticos y en la elaboración de gomas dulces, entre otros.
- Industria farmacéutica: es muy utilizado como relleno en la elaboración de drogas empastilladas.
- Industria textil: para almidonar prendas permitiendo mejor apariencia y adhesión en las fibras de la tela.
- Industria de adhesivos y papelera: actualmente la Comunidad Económica Europea, ha centrado su atención en el uso de pegantes naturales derivados de plantas. El almidón de achira, se constituye así como buena alternativa en estas industrias, ya que además de no ser tóxico, sus propiedades permiten un mejor acabado y reciclado del papel.

REMOCIÓN DE LAS IMPUREZAS PRESENTES EN LA OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE ACHIRA

Edda Yamile Ramírez Calero¹.

El almidón de achira es de forma ovoide, de gran tamaño, de apariencia transparente y sin coloración propia. 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.

Por lo tanto se determinó que las impurezas que contiene almidón de achira se clasifican en:

- Impurezas de origen físico: Conformadas por tierra y arena provenientes del cultivo del rizoma.
- Impurezas de origen Químico: Pigmentación presente en el tejido vegetal.

1. ELIMINACIÓN DE IMPUREZAS FÍSICAS

En el proceso de extracción del almidón, los rizomas se rallan sin una limpieza previa y por tanto en la masa resultante aparecen partículas de tierra y arena. Luego, en el tamizado estas impurezas continúan en la lechada de almidón pues presentan tamaños similares o menores a los de los granos de almidón incrementando los lavados sucesivos para sacar a la superficie por agitación y precipitación algunas partículas que son removidas al eliminar el agua del lavado. Este sistema de limpieza es ineficiente por la cantidad de agua, tiempo y mano de obra requerida así como la pérdida de almidón en el agua de lavado.

Por lo tanto se diseñó un sistema de eliminación de impurezas físicas aplicado directamente al rizoma. Consiste en realizar lavados por inmersión, aspersion y cepillado. En el lavado por inmersión se aflojan las impurezas que posteriormente son removidas al tratar los rizomas mediante aspersion y por último la superficie es cepillada para remover toda la arena y tierra presente.

Al sumar la etapa de lavado del rizoma al proceso se evita el contacto del almidón con los componentes de la tierra de cultivo, así como el desperdicio de agua y la pérdida de almidón en los lavados.

2. ELIMINACIÓN DE IMPUREZAS QUÍMICAS

Al rallar el rizoma la masa es expuesta al aire donde por acción del oxígeno presente, se activan las polifenoloxidasas generando un pardeamiento de tipo enzimático, causante de la coloración. Por tratarse de una oxidación, a la masa rallada se le adicionó una solución de ácido ascórbico que actúa como agente reductor y complementa la cantidad de este compuesto presente en el rizoma para evitar el pardeamiento.

¹ Ingeniera Química. Consultora. Programa Nacional de Maquinaria Agrícola y Postcosecha - CORPOICA, C.I. Tibaitatá. A.A. 240142

Sin embargo, los resultados no fueron óptimos y por el contrario la coloración fue mayor. Por consiguiente, se llegó a la conclusión de que dentro de la composición del rizoma existe un elemento que inactiva el ácido, evitando que su acción reductora inhiba la actividad de las polifenoloxidasas. Analizando el contenido del rizoma se encontró hierro que al entrar en contacto con atmósferas alcalinas y húmedas se convierte en óxido de hierro hidratado. De esta manera se observó que al rallar el rizoma la cadena de reacciones que se sucedían, se presentaban de la siguiente manera:

La masa rallada obtiene del medio ambiente oxígeno, humedad y pH alcalinos, estas condiciones activan las polifenoloxidasas que pigmentan el tejido vegetal que acompaña el almidón; a su vez y por las mismas condiciones el hierro metálico que contiene el rizoma se convierte en óxido de hierro hidratado e inactiva el ácido ascórbico propio de la masa, evitando su acción reductora sobre el pardeamiento enzimático.

Por lo tanto, la masa rallada se trató con una solución de ácido cítrico que por ser un agente quelante secuestró el hierro y evitó que el ácido ascórbico fuera inactivado.

2.1. Acción del ácido cítrico en el proceso. El ácido cítrico secuestra los iones de hierro evitando su hidrolización y, a su vez, forma un complejo que no cataliza la reacción de oxidación del ácido ascórbico (Figura 1), permitiendo a este último actuar sobre las polifenoloxidasas.

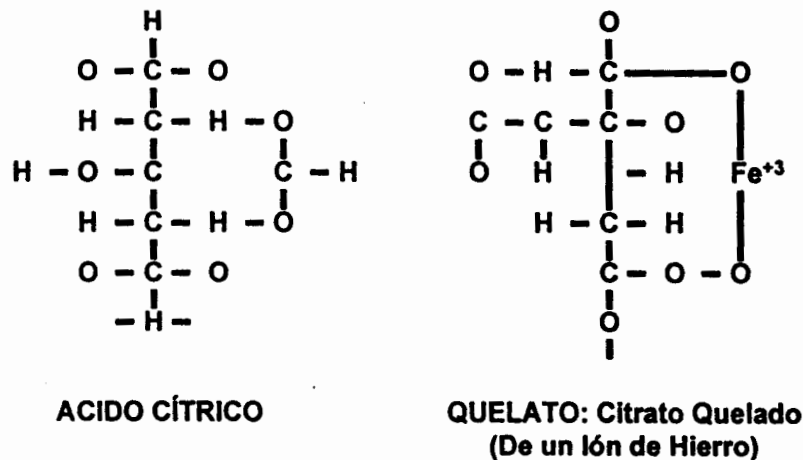


Figura 1. Reacción del ácido cítrico en el blanqueamiento del almidón de achira

3. PROCESO INDUSTRIAL PROPUESTO

De acuerdo con la modificación planteada, el proceso de obtención de almidón de achira que debe seguirse se especifica en las Figuras 2 y 3.

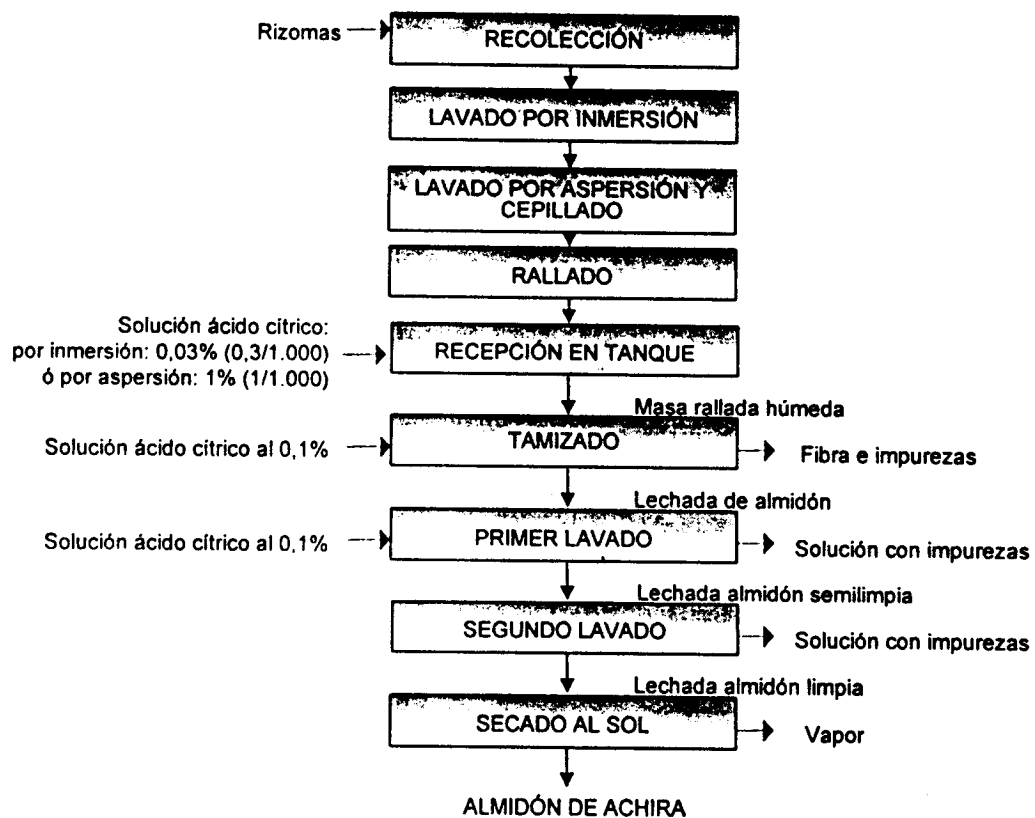


Figura 2. Operaciones del proceso de obtención de achira con adición de ácido cítrico

Gracias a que el ácido cítrico es un compuesto que se encuentra en forma natural en el limón, es posible sustituirlo por jugo diluido a las concentraciones recomendadas.

Por ser un compuesto con precios relativamente bajos en el mercado hace que la inversión efectuada al implementar el uso del ácido cítrico sea mínima respecto a los beneficios que brinda, como son:

- Mayor demanda del producto al mejorar su aspecto.
- Mayor cantidad de almidón de achira obtenido, con una misma cantidad de rizoma (la producción se incrementa cerca del 40%)
- Disminución en la mano de obra directa por la eliminación de etapas de lavado.
- Ahorro de agua y tiempo de producción.
- Se evita una manipulación excesiva del producto.
- No presenta toxicidad.
- No modifica las características de panificación, relleno y adhesión propias del almidón de achira.

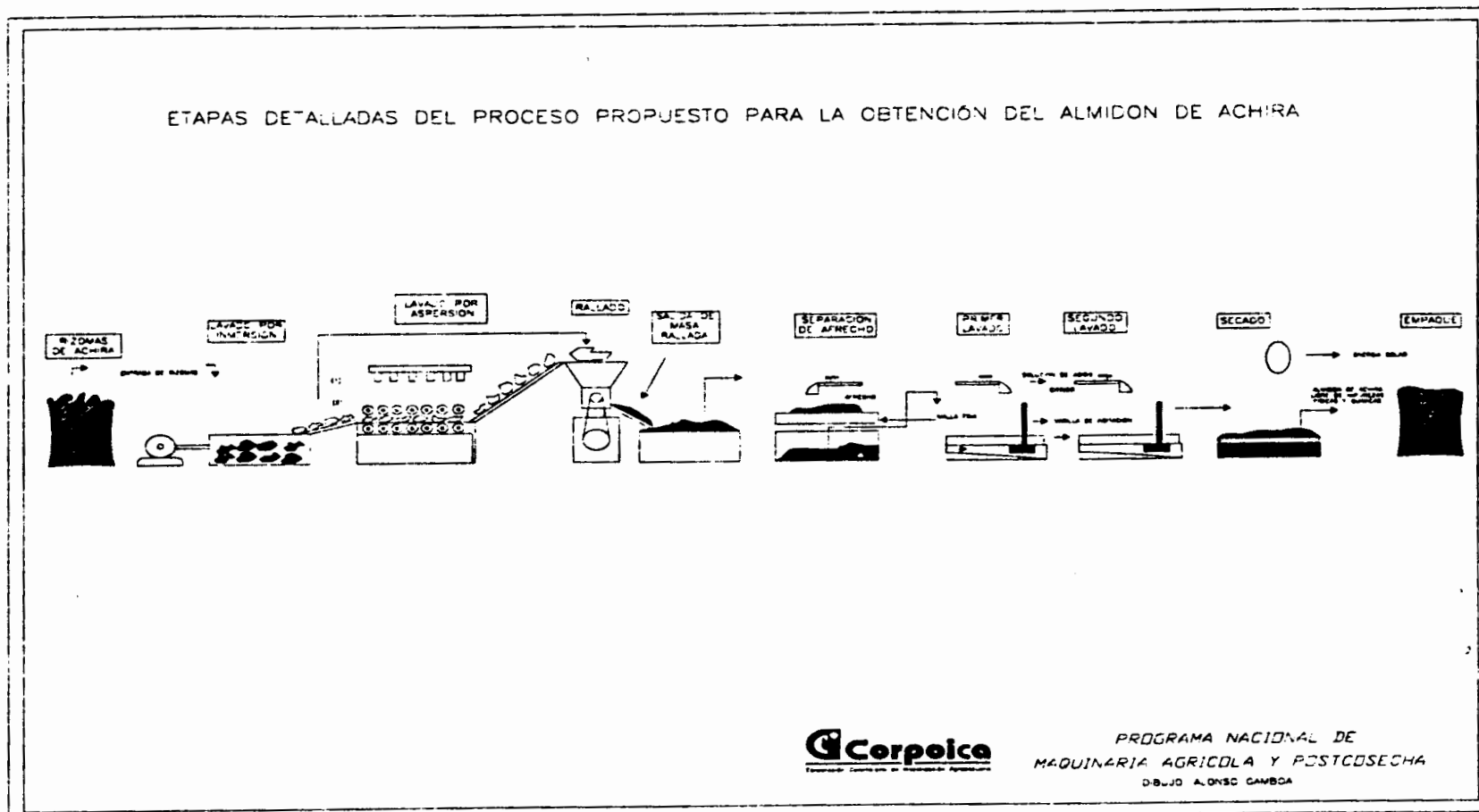


Figura 3. Etapas del proceso propuesto por CORPOICA para la obtención del almidón de achira

ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CULTIVO DE ACHIRA Y DE LA OBTENCIÓN DE SU ALMIDÓN EN LOS DEPARTAMENTOS DE CUNDINAMARCA Y HUILA

Gonzalo Alfredo Rodríguez Borray¹

1. INTRODUCCIÓN

La achira, *Canna indica*, originaria de Los Andes suramericanos, es actualmente cultivada en Colombia, Perú, Ecuador, Bolivia, Venezuela, Argentina, Brasil, las Antillas, en Australia y varios países asiáticos.

La achira produce los gránulos de almidón más grandes (30-100 micras de diámetro) de todas las especies vegetales conocidas. Dado que el almidón de achira presenta una alta digestibilidad y una baja temperatura de gelatinización, tiene un amplio potencial de uso como materia prima industrial y de alimentos. La achira típicamente rinde 20 a 40 toneladas de rizoma por hectárea, es cultivada frecuentemente sin riego en suelos marginales y pendientes, donde su largo período vegetativo (10 a 12 meses) ayuda a prevenir la erosión. Los rizomas poseen 22 a 25% de materia seca y rinden entre 12 y 16% en almidón.

A pesar del origen andino de la achira, Vietnam es el líder mundial en su producción, con un área cultivada de 10.000 hectáreas (BRTAs, CONDESAN, CIP y COSUDE, 1997), una producción anual de 34.000 toneladas de achira y 7.500 toneladas de su almidón, el cual es utilizado principalmente para la fabricación artesanal de fideos transparentes, de gran aceptación en el consumo popular asiático. (Prain, Wheatley y Doy Duc, 1996). Otros estudios indican que en los últimos 30 años la achira se ha extendido en un área aproximada de 20.000-30.000 ha en el norte de Vietnam.

En Colombia tradicionalmente la achira o sagú ha sido un cultivo de minifundio y de huerta familiar, con extensiones medias inferiores a media hectárea, el cual se cosecha con el propósito de obtener almidón de sus rizomas para el autoconsumo y excedentes comercializables; su extracción se realiza mediante procesos artesanales bastante rudimentarios. El consumo directo del rizoma fibroso es muy limitado por su mala palatabilidad y lo prolongado del tiempo requerido para su cocción (2 a 5 horas).

De acuerdo con algunos sondeos recientes realizados por CORPOICA, el área cultivada en el país se estima cercana a las 800 hectáreas, con una producción aproximada de 1.800 t de almidón al año.

En la actualidad el cultivo se desarrolla principalmente en los departamentos de Cundinamarca, Huila, Nariño y Cauca, teniendo como objetivo la extracción de su almidón, el cual es utilizado comercialmente como materia prima en la fabricación de bizcochos, de gran aceptación en el mercado nacional, y de otros productos autóctonos de consumo local y regional como bizcochuelos, pan, coladas y natilla.

¹ Economista Agrario, Ingeniero Agrónomo, M. Sc. Investigador Adjunto del Programa Nacional de Maquinaria Agrícola y Postcosecha de CORPOICA. Centro de Investigaciones Tibaitatá, A.A. 240142 Las Palmas. Telefax 3443128, e-mail grodriguez@corpoica.org.co

En el Huila es donde se concentra la mayor demanda de almidón de achira, por la existencia de un gran número de empresas y microempresas familiares que tienen como actividad principal la producción de "bizcochos de achira", producto tradicional que se ha convertido en un símbolo regional. Este es el caso de Altamira, Huila, donde, además de la producción familiar, existen cerca de 25 microempresas de bizcochos que cubren gran parte del consumo regional, nacional y aún exportan pequeñas cantidades a los mercados de Estados Unidos y Europa. "Achiras del Huila", de Neiva, es la principal empresa productora de bizcochos y emplea entre 5 y 7 toneladas de almidón por mes.

En Santafé de Bogotá existen algunas empresas productoras de alimentos como Carulla e Industrias Ramo que en la actualidad están utilizando el almidón para la producción industrial de bizcochos, empleando cerca de 100 toneladas anualmente, pero podrían usar una cantidad mayor si no existieran problemas de suministro, precios elevados y bajo nivel de calidad.

A pesar de lo reducido de su producción y del bajo desarrollo tecnológico de cultivo y de proceso, se considera que la achira es una de las especies promisorias para el desarrollo de actividades de agroindustria rural en diversas zonas del clima medio y cálido colombianas. Para lograr hacer efectivo su potencial, CORPOICA se encuentra trabajando en la generación y adaptación de tecnologías que permitan desarrollar la actividad productiva en una mayor escala y bajo condiciones competitivas de calidad y costo.

En el presente artículo se realiza una descripción de las labores de cultivo y proceso de la achira, el análisis de los costos de producción y las características del mercado y la comercialización del almidón.

2. DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES DE CULTIVO

Para identificar los conceptos de costo es necesario hacer primero una breve descripción de las operaciones de cultivo y de proceso requeridas para la obtención del almidón. Cabe resaltar que la producción de achira y su almidón se realiza principalmente en la Provincia de oriente en Cundinamarca y en algunos municipios del Sur del Huila y, por lo tanto, se han seleccionado estas dos regiones para realizar el análisis económico de la producción.

La primera operación de cultivo es la preparación del terreno; en Cundinamarca es frecuente el uso de bueyes para la labor de surcada, en tanto que en el Huila se hace en forma manual abriendo hoyos de 30 a 40 cm de profundidad y distanciados entre 0,8 y 1,0 m. Posteriormente se siembra la semilla o "colino" utilizando 2 ó 3 semillas por sitio. La semilla es obtenida de la cosecha anterior, seleccionando los brotes más vigorosos que salen de los rizomas y que aseguran una rápida emergencia del cultivo. Las variedades utilizadas corresponden a ecotipos regionales que reciben diferentes denominaciones, siendo frecuentes la "blanca", la "morada", la "natagueña" y la "raizuda", entre otras. Se ha reconocido que las variedades que forman rizomas epigeos (superficiales) tienen mejor rendimiento en almidón que aquellos que forman rizomas hipógeos (profundos).

Las labores culturales más frecuentes son la fertilización y el control de malezas. En Cundinamarca la fertilización se realiza con abonos químicos compuestos de N-P-K, siendo frecuente el uso de las fórmulas utilizadas para el cultivo de la papa (10-30-10, 10-20-20 y 15-15-15). En el Huila la fertilización se realiza con abonos orgánicos utilizando gallinaza, pollinaza, bovinaza y pulpa de café.

El control de malezas se realiza en forma manual, haciendo uno o dos desyerbes antes de que el cultivo cierre calles y pueda competir eficientemente con las malezas. Es frecuente que con el último desyerbe se realice un aporque que contribuye a darle un mejor anclaje a la planta y a favorecer la formación de rizomas.

Las plagas y enfermedades que atacan al cultivo generalmente no provocan daños significativos y no se requiere controles que demanden costos.

Las labores tradicionales de cosecha empiezan con la determinación del momento adecuado para el arranque, éste se establece empíricamente al observar el decaimiento, agobiamiento o amarillamiento de la parte aérea de la planta. Algunos productores manifiestan que se debe cosechar después de la segunda o tercera floración. Los agricultores muestran gran incertidumbre acerca del momento preciso para el corte y manifiestan que éste varía de acuerdo con la variedad (hay unas más venideras o precoces), la altura sobre el nivel del mar (a mayor altura más demora) y las condiciones climáticas, especialmente la lluvia (en tiempo seco se obtiene mayor rendimiento en almidón). En promedio el cultivo alcanza los mayores contenidos de almidón a los 9 o 10 meses.

Luego de decidida la cosecha se empieza por eliminar el follaje mediante machete, dejando unos tocones o tallos de 10 a 15 cm de alto. El follaje se tira en medio de los surcos para que no obstaculice las siguientes labores. Posteriormente, utilizando un azadón, se remueve la tierra circundante a los rizomas para aflojarlos; luego, se arranca la cepa asiendo la planta por los tocones. Cuando la planta presenta rizomas profundos es necesario apalancar la cepa con el azadón para permitir el arranque. Una vez arrancada la cepa se procede a sacudirla para desprender la tierra adherida y luego manualmente se separan los rizomas de los tocones, seleccionando a la vez los colinos que servirán de semilla en el próximo cultivo. Luego, en una labor dispendiosa, otra persona pasa recogiendo los rizomas y mediante un cuchillo elimina las raicillas y algunas escamas de coloración morada o parda que presentan los rizomas. Los agricultores afirman que se debe realizar esta labor pues si no se eliminan las raicillas y las escamas se afecta la calidad del almidón, especialmente su color. Los rizomas son amontonados y posteriormente recogidos y empacados en costales usados de fique o polipropileno para su transporte. El transporte es realizado generalmente en bestias hasta el sitio donde se ha de realizar el rallado.

3. DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES DE EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN

El proceso de obtención del almidón se inicia con el lavado de los rizomas, el cual se realiza en tanques o en recipientes de diferente tamaño, dependiendo de la escala del proceso. El lavado se hace también en forma manual, frotando los rizomas para desprender la tierra que aún pueda tener adherida. De acuerdo con una evaluación realizada en San Agustín, Huila, se consumen cerca de 1,8 litros de agua por cada kilogramo de rizomas, equivalente a 20,4 litros por kilogramo de almidón seco. El consumo de agua en esta labor es muy variable, siendo mayor en épocas de invierno cuando los rizomas traen más tierra adherida de los lotes de cosecha.

Una vez lavados, se realiza la operación de rallado de los rizomas. En Cundinamarca es corriente la utilización de rallos mecánicos accionados por motores. Para esto, los productores contratan una persona que les presta el servicio de rallado en la finca, cobrándoles a razón de \$8.000 por tonelada de rizoma rallada.

En el Huila la operación de rallado tradicionalmente se realiza en forma manual, mediante pequeños rallos metálicos, pero esta labor es muy dispendiosa y poco eficiente. Los productores manifiestan que una persona ralla cerca de 50 kg de rizomas en un día de trabajo (6,25 kg/h); según testimonio de los productores esto desestimula el cultivo comercial de la achira en la región, pues el rendimiento es muy bajo y no se dispone de mano de obra para rallar la achira de áreas grandes. CORPOICA ha diseñado un rallo mecánico, el cual es accionado mediante un pequeño motor a gasolina. El rendimiento con este rallo es de 1.400 kg/h y se estima que considerando tiempos muertos la capacidad real del rallo puede ser de 700 kg/h, la cual es bastante superior a la alcanzada manualmente.

La masa obtenida del rallado es tamizada manualmente utilizando telas de muscelina o mallas muy finas. Para lograr la separación eficiente del almidón se utiliza abundante agua, restregando simultáneamente la masa contra el tamiz y apretándola periódicamente con las manos. Se considera que esta labor es la más dispendiosa pues requiere bastante esfuerzo y causa manchas en las manos. En el Huila se calcula que en el tamizado se consumen 2,1 litros de agua por kilogramo de rizoma (23,6 l/kg de almidón seco). Para hacer más eficiente la operación, CORPOICA está evaluando un tamiz rotatorio que de acuerdo con pruebas preliminares disminuye en un 47% el tiempo requerido en el tamizado, ofreciendo una capacidad de 180 kilogramos de rizomas por hora. De la operación de tamizado se obtiene una "lechada", donde se encuentra suspendido el almidón, y el afrecho, el cual puede ser utilizado como abono orgánico en el cultivo.

Posteriormente se inicia el lavado del almidón que consiste en operaciones sucesivas de adición de agua, decantación del almidón y evacuación del agua. En Cundinamarca la labor de lavado del almidón se realiza en bateas de madera móviles o en tanques de cemento con desfogue para evacuar el agua. En el Huila, donde la producción es más pequeña, se utilizan baldes, ollas u otros recipientes domésticos. Durante el proceso, el almidón se deja decantar por un período corto de 10 a 15 minutos, ya que por el gran tamaño de sus gránulos, sedimenta rápidamente. Normalmente se realizan 3 a 5 ciclos de lavado hasta que el almidón alcance una tonalidad muy blanca. De la operación de lavado se retira un sobrenadante de color marrón conocido como "mancha" el cual debe ser eliminado pues afecta la calidad del almidón y su precio en el mercado. Se calcula que en la operación de lavado del almidón, bajo las condiciones del Huila, se consumen 7,1 litros de agua por kilogramo de almidón seco.

Una vez limpio, el almidón es secado al sol extendiéndolo en patios, paseras de café, o sobre plásticos. El tiempo de secado es variable de acuerdo con las condiciones climáticas, pero generalmente tarda entre 1 y 2 días hasta alcanzar una humedad cercana al 12%. Se recomienda extender el almidón sobre plásticos de color negro que absorben más eficientemente la radiación solar y aceleran la operación de secado.

Luego del secado, el almidón es empacado en sacos por 50 o 62 kilogramos, o en bolsas plásticas por libras, cuando se trata de producciones pequeñas, y en esta forma es vendido en el mercado. Es frecuente que los productores guarden la producción para el consumo familiar de todo un año y almacenen el almidón durante algunos días o meses en espera de buenos precios. En este sentido cabe resaltar que el almidón de achira es un producto inerte que resiste el almacenamiento durante largos períodos.

4. ANÁLISIS DE COSTOS DE CULTIVO Y PROCESO

A continuación se analizan las estructuras de costos y de ingresos de la producción de almidón de achira en las regiones de Cundinamarca y Huila, de acuerdo con información recolectada por los ingenieros agrónomos Jaime Torres y Guillermo Caicedo, investigadores de CORPOICA.

En las Tablas 1 y 2 se presenta la estructura de costos y su resumen para la región de Cundinamarca, y en la Tabla 3 se analizan los ingresos y la rentabilidad de la actividad productiva.

Tabla 1. Costos de producción del almidón de achira en Cundinamarca para 1998

Concepto	Cantidad	Unidad	Precio unitario, \$	Valor parcial, \$	Participación, %
Insumos y servicios en el cultivo					
Semilla	1,875	Tonelada	320.000	600.000	14,31
Fertilizante 10-30-10	0,8	Tonelada	500.000	400.000	9,54
Arada (alquiler yunta)	6	Día-yunta	8.000	48.000	1,14
Transporte rizomas	12	Día-mula	3.000	36.000	0,86
Subtotal insumos y servicios				1'084.000	25,85
Mano de obra cultivo					
Arada	6	Jornal	12.000	72.000	1,72
Surcada, ahoyada y fertilización	11	Jornal	12.000	132.000	3,15
Siembra	7	Jornal	12.000	84.000	2,00
Deshierba y aporque	20	Jornal	12.000	240.000	5,72
Arrancada rizomas	40	Jornal	12.000	480.000	11,45
Transporte rizomas	6	Jornal	12.000	72.000	1,72
Subtotal mano obra	90	Jornal		1'080.000	25,76
Costo indirecto cultivo					
Arriendo	1	Hectárea	200.000	200.000	4,77
Intereses cultivo (20%)*				315.200	7,52
Subtotal costo indirecto				515.200	12,29
Costo total de cultivo				2'679.200	63,90
Procesamiento					
Mano de obra proceso					
Limpieza rizomas	30	Jornal	12.000	360.000	8,59
Lavado y rallada	20	Jornal	12.000	240.000	5,72
Colado	40	Jornal	13.000	520.000	12,40
Secado y empaque almidón	10	Jornal	12.000	120.000	2,86
Subtotal mano de obra	100	Jornal		1'240.000	29,57
Insumos y servicios proceso					
Alquiler del rallo	22,5	t rizoma	8.000	180.000	4,29
Empaque almidón	60	Lona	250	15.000	0,36
Transporte almidón	3,75	Tonelada	20.000	75.000	1,79
Cedazo	4	Metro	900	3.600	0,09
Subtotal insumos y servicios				273.600	6,53
Costo total de proceso				1'513.600	36,10
Costos totales				4'192.800	100,00
* Se calcula el 20% sobre la suma de costos de cultivo, sin incluir costo de cosecha y transporte de rizomas					

Tabla 2. Resumen de los costos de producción del almidón de achira en Cundinamarca

Concepto	Cantidad	Unidad	Valor unitario, \$/t	Valor parcial, \$/t	Participación, %
Materia prima	6	t rizoma	119.076	714.453	63,9
Mano de obra	213,33	Horas-hombre	1.550	330.667	29,6
Alquiler equipo	6	t rizoma	8.000	48.000	4,3
Insumos y servicios				24.960	2,2
Total				1'118.080	100,00

Tabla 3. Análisis de ingresos y rentabilidad de la producción de achira en Cundinamarca

Concepto	Cantidad	Unidad	Valor unitario, \$/ha	Valor parcial, \$/ha
Ingreso por venta	3,75	Tonelada	1'600.000	6'000.000
Costo de producción	3,75	Tonelada	1'118.080	4'192.800
Utilidad				1'807.200
Relación beneficio/costo, %	43,1%			
Precio de equilibrio, \$/t	1'118.080			

Dentro de la estructura se observa que los costos de cultivo, representan el 64% de los costos de producción del almidón, correspondiendo el 51% a costos directos y el 13% a costos indirectos. Dentro de los costos de cultivo los de mayor significancia son los de cosecha que representan más del 11% y los de control de malezas y aporque que representan más del 5% del costo total.

La fase de proceso representa el 36% de los costos de producción del almidón, siendo las labores de mayor peso el tamizado (colado) y el lavado de rizomas. Cabe resaltar que dentro de la estructura no se ha considerado el costo del agua, la cual en la actualidad no implica erogaciones en efectivo.

Se destaca también que los costos de mano de obra representan cerca del 30% de los costos de proceso, generándose el equivalente de 26,7 jornales por cada tonelada de almidón producido.

A partir de la estructura de ingresos se calcula que por hectárea cosechada un productor recibe un ingreso neto de cerca de \$1'807.200 por hectárea y de \$481.920 por tonelada de almidón. La relación beneficio - costo indica que por cada \$100 que se invierten, se obtienen \$43,10 de ganancia o utilidad.

En las Tablas 4 y 5 se muestran los costos de producción y su resumen, y en la Tabla 6 los ingresos y la rentabilidad de la producción de almidón de achira en el Huila. Se observa en este caso que los costos de cultivo representan el 60% del costo total. Las labores de mayor significancia son el abonamiento, el control de malezas, la cosecha, el lavado de rizomas, el rallado y la colada.

En esta región el productor recibe un ingreso neto de \$1'337.750 por hectárea y de \$495.463 por tonelada.

Tabla 4. Costos de producción del almidón de achira en Huila para 1998

Concepto	Cantidad	Unidad	Precio unitario, \$	Valor parcial, \$	Participación, %
Insumos y servicios en el cultivo					
Semilla	1,25	Tonelada	160.000	200.000	4,79
Abono orgánico	2,5	Tonelada	192.000	480.000	11,49
Transporte rizomas	18	día-mula	2.500	45.000	1,08
Empaque rizomas	542	Costales	100	54.200	1,30
Subtotal insumos y servicios				779.200	18,65
Mano de obra cultivo					
Arada	12	Jornal	10.000	120.000	2,87
Siembra	15	Jornal	10.000	150.000	3,59
Aplicación de fertilizantes	5	Jornal	10000	50.000	1,20
Control de malezas (2)	40	Jornal	10000	400.000	9,58
Manejo integrado de plagas	3	Jornal	10000	30.000	0,72
Arrancada rizomas	40	Jornal	10.000	400.000	9,58
Transporte rizomas	9	Jornal	10.000	90.000	2,15
Subtotal mano obra	124	Jornal		1'240.000	29,69
Costo indirecto cultivo					
Arriendo	1	Hectárea	200.000	200.000	4,79
Intereses cultivo (20%)*				286.000	6,85
Subtotal costo indirecto				486.000	11,64
Costo total de cultivo				2'505.200	59,98
Procesamiento					
Mano de obra proceso					
Limpieza rizomas	25	Jornal	10.000	250.000	5,99
Lavado y rallada	56	Jornal	10.000	560.000	13,41
Colado	40	Jornal	10.000	400.000	9,58
Secado y empaque almidón	10	Jornal	10.000	100.000	2,39
Subtotal mano de obra	131	Jornal		1'310.000	31,36
Insumos y servicios proceso					
Alquiler de maquinaria	27	t rizoma	8.000	216.000	5,17
Empaque almidón	54	Tula / 50kg	200	10.800	0,26
Transporte almidón	2,7	t almidón	50.000	135.000	3,23
Subtotal insumos y servicios				361.800	8,66
Costo total de proceso				1'671.800	40,02
Costos totales				4'177.000	100,00
* Se calcula el 20% sobre la suma de costos de cultivo, sin incluir costo de cosecha y transporte de rizomas					

Tabla 5. Resumen de los costos de producción del almidón de achira en el Huila

Concepto	Cantidad	Unidad	Valor unitario, \$/t	Valor parcial, \$/t	Participación, %
Materia prima	10	t rizoma	92.785	927.852	60,0
Mano de obra	388,14	Horas-hombre	1.250	485.185	31,4
Alquiler equipo	6	t rizoma	8.000	80.000	5,2
Insumos y servicios				54.000	3,4
Total				1'547.037	100,00

Tabla 6. Análisis de ingresos y rentabilidad de la producción de almidón de achira en el Huila

Concepto	Cantidad	Unidad	Valor unitario, \$/ha	Valor parcial, \$/ha
Ingreso por venta	2,7	Tonelada	2'042.500	5'514.750
Costo de producción	2,7	Tonelada	1'547.037	4'177.000
Utilidad				1'337.750
Relación beneficio/costo, %	32,03			
Precio de equilibrio, \$/t	1'547.037			

Dentro de esta estructura, al igual que para el departamento de Cundinamarca, se observa que los costos del cultivo son más elevados que los costos del procesamiento del rizoma, siendo en el departamento del Huila más grande la diferencia que en Cundinamarca, esto puede ser por la carencia de maquinaria de tipo mecánico que facilite y disminuya tanto los tiempos de producción, como los costos.

Entre los limitantes más importantes se pueden mencionar los altos costos de producción, principalmente en la cosecha (arrancado, limpieza y lavado de rizomas), por la gran necesidad de mano de obra, superando el 30% de los costos. Solamente el costo de mano de obra para el rallado manual es mayor que el 60% del precio de venta del producto, y a pesar de que se reduce al 12% cuando se hace en forma mecánica, la falta de equipos adecuados genera pérdidas de almidón que pueden sumar el 30%.

Es importante resaltar que se debe introducir tecnología para mejorar el beneficio, disminuir los costos de producción y mejorar las condiciones de producción de la achira y sus productos, a fin de alcanzar niveles adecuados de competitividad y respaldar a los productores locales que ya han ganado, aunque en muy pequeña escala, un lugar en el mercado nacional e internacional.

Si se logra recuperar la competitividad del almidón de achira frente a otros almidones como el de yuca, trigo, maíz y papa, se está contribuyendo con los principios fundamentales de conservación de la biodiversidad, con alternativas comerciales para cultivos nativos, con la generación de un valor agregado significativo en el nivel rural, con el logro de una mayor participación de mano de obra familiar, especialmente de la mujer campesina, con el mejoramiento del empleo de los recursos ambientales y con el alcance de un gran potencial en mercados internos y externos.

4. ANÁLISIS DE LA COMERCIALIZACIÓN DEL ALMIDÓN

4.1. Generalidades

4.1.1. Comercialización interna. En la comercialización del almidón de achira el agente dominante es el intermediario. El sistema se basa en el esquema de la Figura 1.

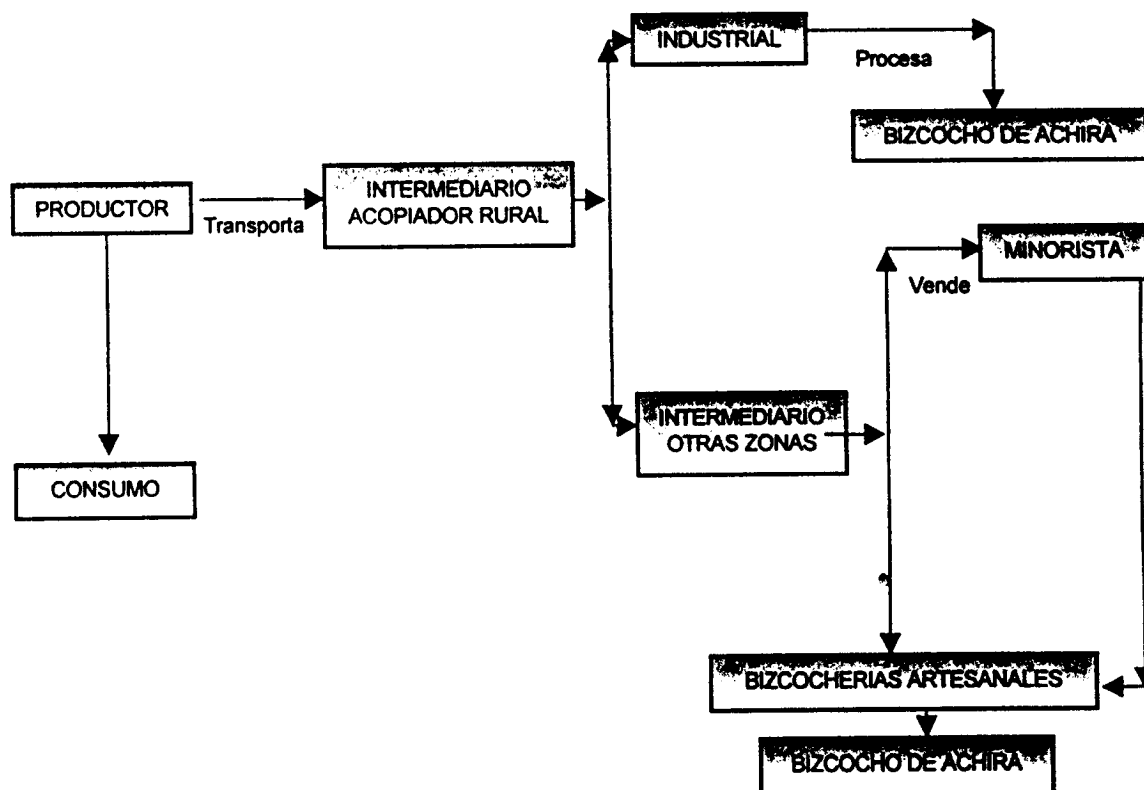


Figura 1. Sistema de la comercialización interna del bizcocho de achira

El cultivo de la achira ha disminuido en el departamento del Huila y por ende la producción de almidón, sin embargo, la industria que de éste se deriva se ha incrementado. Lo anterior trae como consecuencia directa, la importación de almidón por parte de las industrias bizcocheras, proveniente de otras regiones del país, como Cundinamarca, Nariño y Cauca, incrementando así los costos de materia prima del bizcocho, ya que el almidón se compra a los intermediarios, quienes deben obtener a su vez beneficios del intercambio.

En cuanto a las empresas que se dedican a la comercialización y distribución del almidón, se puede decir, que son de tipo artesanal por su tamaño, tecnología y carácter familiar. De acuerdo con una encuesta adelantada por CORPOICA en 1998, las pequeñas empresas productoras de bizcocho de achira en Neiva tienen relativa antigüedad, ya que la edad promedio de éstas es de 22 años y la de sus empresarios es de 46 años, quienes presentan poca capacitación y un grado de escolaridad bajo, pues sólo han cursado la secundaria incompleta, en la mayor parte de los casos, factor que puede explicar que aproximadamente el 46% de ellos no lleve algún tipo de registro y que del 14% restante, la mayoría diligencie únicamente registros contables.

La producción anual de almidón se estima en 1.800 toneladas y la demanda nacional en 2.000 toneladas. El déficit se suple con importaciones del Ecuador y con mezclas de almidones de yuca, trigo y papa, demeritando las características organolépticas propias del bizcocho de achira.

4.1.2. Comercialización externa. En el ámbito internacional es poco conocido el almidón de achira, excepto en los países suramericanos donde se consume regularmente, en diferentes formas alimenticias como coladas, natillas, bizcochos, etc., sin embargo, existen registros de producción de achira en el Asia, donde se ha utilizado el almidón para el desarrollo de fideos tipo oriental, que aprovechan las propiedades funcionales del almidón, estos fideos son de consumo diario sobretodo en Vietnam, quien probablemente sea el líder mundial en área plantada de achira (10.000 ha de achira, principalmente en zonas altas). Para 1995 en Vietnam se registró un total de 276 microempresas que produjeron 7.500 t de almidón, a partir de 34.000 t de rizomas de achira, esto significa que allí se trabaja con un rendimiento de aproximadamente el 22%. De estas 276 microempresas, 230 procesan simultáneamente fideos usando su propio almidón.

4.2. Análisis de la Distribución y Comercialización de Almidón de Achira en el Huila

Para realizar el análisis se realizó una encuesta a diferentes intermediarios de almidón de achira que operan en el departamento de Huila.

4.2.1. Comercialización de los Almidones. El 100% de los encuestados comercializa con almidones de achira y de yuca, y el 87,5% comercializa además, con fécula de maíz (Tabla 7); esta situación permite observar que la mayor parte de los intermediarios del almidón de achira conocen el mercado de almidones y comercializan almidones de diversas fuentes, para asegurar volúmenes de comercialización. Ningún comercializador depende exclusivamente del almidón de achira.

Tabla 7. Comercialización de los almidones por parte de los intermediarios

Productos comercializados de algunos almidones	Frecuencia absoluta	Porcentaje total, %
Achira	8	100%
Yuca	8	100%
Fécula de Maíz	7	87,5%

4.2.2. Frecuencia y cantidad comprada de almidón de achira. Los datos de la Tabla 8 muestran claramente que los intermediarios encuestados compran cada uno un promedio mensual de 5.963,57 kg de almidón de achira. De los cuales se puede calcular que en promedio se comercializan 576 toneladas de almidón de achira al año en la ciudad de Neiva.

Tabla 8. Frecuencia y cantidad de compra del almidón de achira por los encuestados

N° encuesta	Cantidad comprada, kg	Fq. compra diaria	Cantidad comprada mensual, kg
1	400	7	1.714
2	620	7	2.657
3	62	7	266
4	620	2,8	6.643
5	620	2,8	6.643
6	1.240	1,4	26.571
7	350	7	1.500
8	400	7	1.714
Promedio =			5.963,57

4.2.3. Estacionalidad del mercado del almidón. Del total de los encuestados, el 12,5% contestaron que el uso del almidón de achira se incrementa en Abril y Julio, el 37,5% contestaron que el incremento de uso se presenta en Enero, Junio y Diciembre. De lo anterior se observa que existe estacionalidad en la demanda de almidón de achira en las épocas de vacaciones de mitad y fin de año y en la semana santa, lo cual permite colegir que el mercado depende en gran medida de la afluencia de turistas, quienes demandan el bizcocho de achira especialmente en estas fechas. En la Figura 2 se contempla mejor la situación planteada.

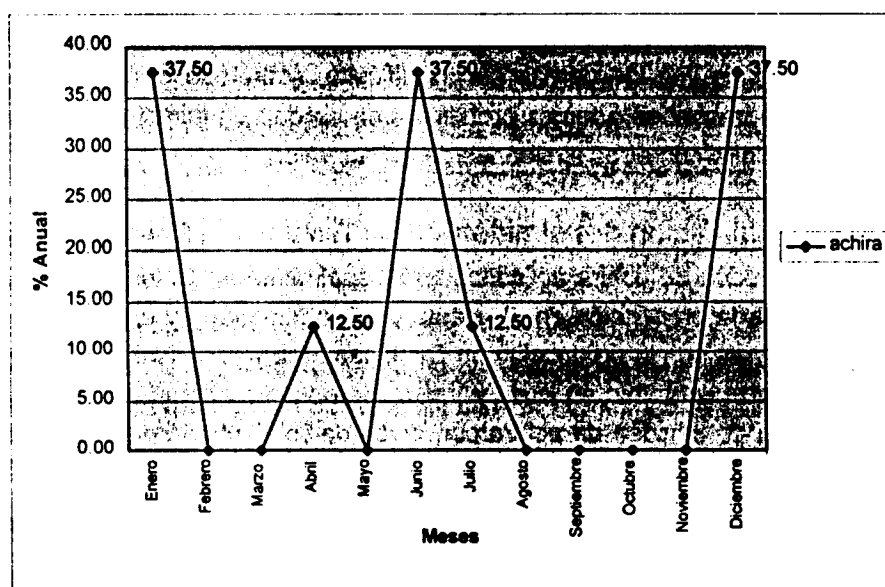


Figura 2. Estacionalidad de uso de los almidones por los intermediarios encuestados

4.2.4. Distribuidores. De los intermediarios encuestados el 25% compra al productor y al distribuidor, el 12,5% solamente al productor y el 62,5% únicamente al distribuidor. El 75% conocen el lugar de procedencia, ya sea el municipio o el departamento, así el almidón comercializado proviene por lo general del departamento de Cundinamarca, siendo el municipio de Cáqueza el que se menciona con más frecuencia como lugar de procedencia del almidón. Cabe destacar que muy poco almidón procede del Departamento del Huila.

4.2.5. Presentación del producto. Los empaques utilizados para los almidones, varían entre bultos de 50 kg, para un 37,5% de los encuestados, y bultos de 62 kg, para un 62,5% de los encuestados, por otra parte, el precio de compra por bulto es en promedio para la yuca de \$65.333, para la achira de \$102.125 y para la fécula de \$48.166 (Tabla 9). El precio del almidón de achira es prácticamente el doble que para los otros almidones, esto se debe, a que el costo de obtención del almidón de achira es comparativamente mucho más alto, principalmente por problemas de tecnificación en el cultivo y el proceso.

Tabla 9. Precio por kg de diferentes almidones

Almidón	Bulto de 62 kg	Bulto de 50 kg
Almidón de yuca	\$1.053,7 / kg	\$1.306,6 / kg
Almidón de achira	\$1.647 / kg	\$2.042,5 / kg
Fécula de maíz	\$776,8 / kg	\$963 / kg

4.2.6. Almacenamiento. El 50% de los intermediarios encuestados almacenan los almidones mensualmente, el 37,5% semanalmente y un 12,5% quincenalmente; de igual forma, un 75% de los mismos almacenan en bodega y el 25% restante en almacén y depósito; aparentemente no existen problemas de almacenamiento ya que el tiempo de duración de los almidones en bodega no supera al mes, tiempo en el cual los almidones aún conservan todas sus características.

4.2.7. Problemas de mercadeo. En cuanto a problemas de mercadeo a un 75% no se le dificulta adquirir los almidones y a los demás se les dificulta, sobretodo el de achira en época de escasez. Los entrevistados describen además problemas de calidad en los almidones, especialmente la mezcla del almidón de achira con otros almidones de menor valor.

4.2.8. Flujo de comercialización del almidón. En la Tabla 10 y la Figura 3 se indican las rutas de comercialización del almidón de achira aplicadas tradicionalmente en Colombia, se aprecia que la principal ruta corresponde a la producción en el oriente de Cundinamarca y el consumo en el Sur de Huila. Otras rutas secundarias son la producción en Cundinamarca y el consumo en Bogotá y Tolima, y la producción en Nariño y el consumo en Huila y Valle. Se observa además, que la zona del Huila es la principal consumidora de almidón de achira con cerca de 850 t, requiriendo importar almidón de otras regiones colombianas.

Tabla 10. Principales rutas de comercialización del almidón de achira

Rutas	Origen	Destino	Almidón comercializado, t/año
1	Cáqueza	Bogotá	500
2	Cáqueza	Tolima	200
3	Cáqueza	Huila	800
4	Bogotá	Valle del Cauca	100
5	Nariño	Valle del Cauca	50
6	Nariño	Huila	50
7	Huila	Huila	150

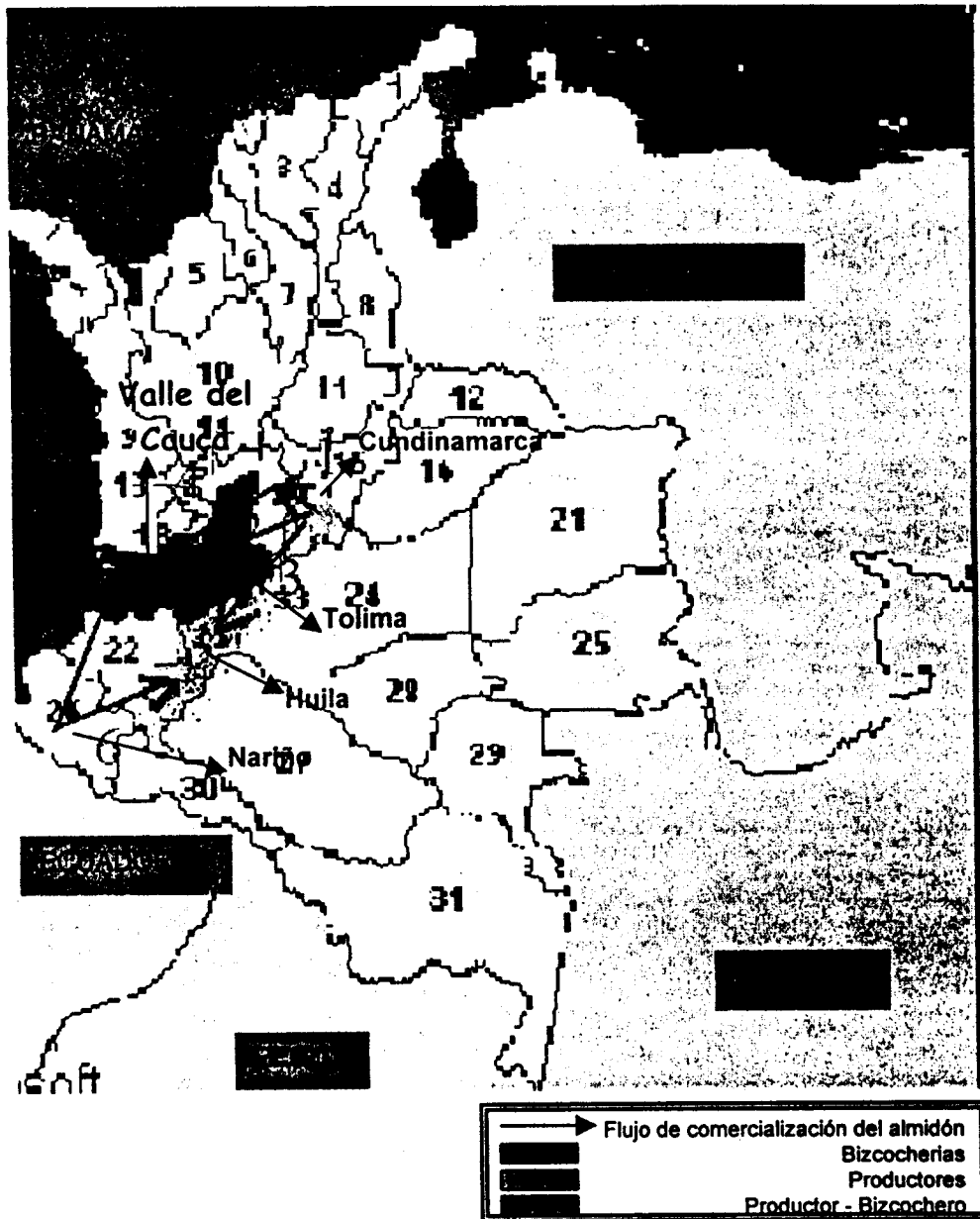


Figura 3. Flujo geográfico de la comercialización del almidón de achira

5. BIBLIOGRAFÍA

GARCÍA, Hugo. 1998. Producción y Extracción del Almidón de Achira.

CONDESAN, CIP y COSUDE. 1997. Guía para Nueve Raíces y Tubérculos Andinos. Programa BRTAs.

PRAIN G., WHEATLEY C. y DOY DUC Nguyen. The Potencial of Root Crop Processing for Rural Development in Vietnam.

CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DEL ALMIDÓN DE ACHIRA

Sandra Lilibiana Arias R.¹

Hugo Reinel García B.²

Diana Milena Gélvez G.³

Jazmín Edith Pulido D.⁴

1. INTRODUCCIÓN

La producción del almidón de achira se ha visto afectada por la disminución de su demanda a causa de una limitada diversificación de usos y por la competencia de almidones de menor precio como los de yuca, trigo y papa, los cuales al mezclarlos con el de achira, además de disminuir las oportunidades de aprovechamiento del almidón, deterioran la calidad de los productos obtenidos y afectan sensiblemente su mercadeo al crear desconfianza entre industriales y consumidores.

Con el fin de atacar esta problemática, CORPOICA viene desarrollando investigaciones dirigidas al conocimiento de las propiedades fisicoquímicas que permitan determinar la calidad del almidón de achira, generar una base sólida para fortalecer y complementar la norma técnica y proporcionar a las industrias métodos rápidos de detección de calidad para garantizar al consumidor productos óptimos.

2. METODOLOGÍA

El estudio de la caracterización fisicoquímica y establecimiento de parámetros de calidad para el almidón de achira, se realizó con la cofinanciación de PRONATTA bajo el liderazgo del Programa Nacional de Maquinaria Agrícola y Postcosecha de CORPOICA y con el apoyo tecnológico del Laboratorio de Farinología de CORPOICA. Se contó además con la participación de los laboratorios de Nutrición Animal y de Suelos de CORPOICA ubicados en el C.I. Tibaitatá, del Laboratorio Nacional de Insumos Agrícolas del ICA y del Laboratorio de Fisicoquímica de Carulla & Cía. S. A. La determinación del tamaño de gránulo por microscopio de barrido se realizó en el Laboratorio de Microscopía Electrónica de INGEOMINAS. Este artículo resume los resultados del proyecto de tesis de la Universidad de la Salle, titulado de igual forma, y de las actividades de investigación realizadas en el Laboratorio de Farinología de CORPOICA.

¹Ingeniera de Alimentos. Investigadora Consultora. Programa Nacional de Maquinaria Agrícola y Postcosecha - CORPOICA C.I. Tibaitatá. E-mail: slarias@yahoo.com

²Ingeniero Agrónomo M.Sc. Coordinador Programa Nacional de Maquinaria Agrícola y Postcosecha - CORPOICA C.I. Tibaitatá. A.A. 240142. Santafé de Bogotá D.C. E-mail: hgarcia@corpoica.org.co

^{3y4} Ingeniera de Alimentos. Universidad de La Salle.

2.1. Selección de Variedades a Estudiar en la Determinación de las Propiedades Físicoquímicas

Las variedades seleccionadas provenientes del departamento del Huila fueron:

- Por mayor producción de almidón: verde o lisa y nativa.
- Por buenas cualidades panificables: raizuda, roja Cáqueza y verde o lisa.

Se estableció el estudio adicional de una muestra comercial constituida por una mezcla de variedades de achira, adquirida a un intermediario en el departamento de Cundinamarca.

2.2. Selección de Variedades a Estudiar en el Análisis de Pureza y Calidad

Se realizó un análisis más exigente en la determinación de las variables de pureza y calidad, considerando el comportamiento de once muestras provenientes del departamento del Huila: nativa, verde o lisa, roja Cáqueza, raizuda, blanca Cáqueza, morada pinos, morada gallardo, blanca Alejandria, blanca Isnos, roja Pasto y blanca Pasto, junto a la muestra comercial proveniente de Cundinamarca.

2.3. Caracterización de las Propiedades Físicoquímicas

Los tratamientos se constituyeron por cada una de las variedades promisorias: verde o lisa, nativa, raizuda, roja Cáqueza y la muestra comercial, para los cuales el análisis se realizó por triplicado. Las variables de estudio correspondieron a las diferentes pruebas físicoquímicas definidas en la Tabla 1. El análisis de microscopía sólo se realizó para el almidón de las variedades verde o lisa, roja Cáqueza y para la muestra comercial.

Tabla 1. Análisis físicoquímicos aplicados al almidón de achira

Análisis	Método	Equipos	Referencia
Contenido de almidón	Decantación y desecación	Desecador	A.O.A.C., 1958, 41, (2) 288
Cenizas	Incineración o carbonización	Horno de mufla eléctrica	A.A.C.C. Method 08-17, 1968
Fibra bruta		Horno, mufla, desecador, equipo filtrante	A.A.C.C. Method 32-15, 1968
Grasa	Soxhlet	Extractor tipo soxleht	A.A.C.C. Method 30-20, 1967
pH	Potenciometría	Potenciómetro	A.O.A.C. Method 943.02
Proteína	Kjeldahl	Matraces kjeldahl y aparatos de destilación	A.A.C.C. Method 46-10, 1968
Diámetro gránulo	Microscopía	Microscopio electrónico de barrido.	Food and drug technical bulletin nº1, U.S.

A.O.A.C.: Official Methods of Analysis. A.A.C.C.: American Association of Cereal Chemistry. I.R.T.: Instituto de Racionalización del Trabajo. I.C.C.: International Association of Cereal Chemistry.

2.4. Estudio de Pureza y Calidad del Almidón de Achira

Con el fin de incorporar métodos confiables, de sencilla aplicación y de respuesta rápida en la determinación de la calidad del almidón de achira a nivel de campo e industrial, se propusieron los análisis de tiempo de sedimentación, humedad, densidad aparente y granulometría (Tabla 2), que practicados por triplicado sobre las once variedades y la muestra comercial, examinaron el comportamiento general del almidón puro.

Se seleccionaron los métodos con mayor estabilidad según la menor diferenciación de propiedades entre variedades, los que se aplicaron para el reconocimiento de posibles mezclas entre el almidón puro de achira y los almidones de papa, yuca y maíz, de mayor aplicación y comercialización industrial.

Finalmente, definido el método más práctico y de mayor seguridad, detector de notables diferencias por mezcla, se realizó sobre el almidón puro de achira un ensayo de sustitución con almidones de yuca, papa y maíz del 0, 5, 15, 25 y 100%, para detectar valores puntuales de contaminación por mezcla y algún tipo de tendencia.

Tabla 2. Pruebas para la evaluación de la calidad del almidón de achira

Análisis	Método	Equipos	Referencia
Tiempo de Sedimentación	Decantación	Cronómetro, probetas	Adaptado por autoras
Humedad	Deseccación	Estufa isoterma de calefacción eléctrica	I.R.T. Norma España 34400 h5
Densidad	Densidad aparente	Anillos metálicos volumétricos	Pruebas de densidad para suelos
Granulometría	Tamizado	Tamizado vibratorio con mallas N° 35, 50, 60, 100, 120, 170, 200, 230, 270, 325, 400, 500	Adaptado por autoras

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Vale la pena aclarar que, según Hurtado, 1997, los almidones extraídos a partir de fuentes no cereales (raíces y tubérculos), presentan alta variabilidad de sus características, debido a que obedecen a factores tales como genética de la variedad, fisiología de la planta y agentes agronómicos, correspondientes a suelo, clima, etc., por consiguiente, los datos obtenidos en la investigación, son aproximados y susceptibles de registrar fluctuaciones.

3.1. Caracterización de las Propiedades Físicoquímicas de las Variedades Promisorias de Almidón de Achira

En la Tabla 3 se han condensado las propiedades físicoquímicas determinadas por el estudio, para las variedades promisorias de almidón de achira, especificando en base húmeda y seca su promedio matemático, intervalo de valores y desviación estándar, con el fin de caracterizar su composición general. Adicionalmente, se tabulan los requisitos exigidos por el ICONTEC para el almidón de achira (NTC 3228) y los intervalos establecidos por diferentes autores para las propiedades representativas de los almidones de mayor conocimiento.

Tabla 3. Propiedades fisicoquímicas de los almidones de achira, arracacha, papa, yuca, maíz, trigo y arroz

	Almidón, %	Cenizas, %	Fibra, %	Grasa, %	pH	Proteína, %	Diámetro ¹ gránulo, µm
ALMIDÓN DE ACHIRA							
Variedad Nativa	81,3	0,21	0,002	0,052	6,1	0,26	
Muestra comercial	75,8	0,17	0,003	0,053	6,2	0,51	48,7
Variedad Verde	74,8	0,20	0,005	0,053	5,5	0,71	56,1
Variedad Roja Cáq.	72,1	0,30	0,005	0,09	6,3	0,29	57,8
Variedad Raizuda	71,2	0,40	0,003	0,048	5,7	0,18	
Promedio % b.h.	75,0	0,26	0,004	0,059	6,0	0,39	54,2
Intervalo, % b.h.	71,2 – 81,3	0,17 – 0,40	0,002 – 0,005	0,048 – 0,09	5,5 – 6,3	0,18 – 0,71	48,7 – 57,7
Desv. estándar, % b.h.	4,2	0,09	0,001	0,016	0,36	0,20	15,0
Intervalo, % b.s.	84,3 – 99,4	0,22 – 0,5	0,003 – 0,006	0,06 – 0,11	5,3 – 6,5	0,2 – 0,9	
Requisitos NTC 3228 ² , en masa	78 mínimo	0,5 máximo	0,2 máximo	0,5 máximo	5,5 – 6,0	1,0 máximo	
ALMIDÓN DE OTRAS ESPECIES							
Arracacha % b.s. ³	92,5 – 96	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,3 – 2,5	6,6	0,1 – 0,2	8 - 10
Papa % b.s. ³	96 – 98,5	0,1 – 0,4	0,1 – 0,2	0,1 – 1,4	6,0 – 7,0	0,3 – 0,7	23 – 31
Yuca % b.s. ³	93,5 – 96	0,1 – 2,1	0,2 – 0,8	0,2	5,0 – 7,0	0 - 0,04	11 – 12
Maíz % b.s. ³	92,5 – 96,5	0,1	0,1 – 0,3	0,1 – 1,3		0,1 – 0,4	12 – 15
Trigo % b.s. ³	96	0,3	0,3	1		0,1	13 - 19
Arroz % b.s. ³	96,5	0,2	0,3	0,3		1,2	6

¹ Método: microscopio electrónico de barrido, por medición longitudinal de gránulos tomados al azar, en ocho campos diferentes.

² ICONTEC. NTC 3228. Industrias Alimentarias. Almidón de Achira, Bogotá, 1989

³ Hurtado, J.J. Valorización Amiláceas "No Cereales" Cultivadas en los Países Andinos. Bogotá: CIAT - U. Jorge T. Lozano, 1997. Tesis Ingeniería Alimentos.

Fuente: Gélvez, D. y Pulido, J. Caracterización Fisicoquímica y Establecimiento de Parámetros de Calidad para el Almidón de Achira. Bogotá: CÔRPOICA - U. de La Salle, 1998. Tesis Ingeniería Alimentos.

3.1.1. Contenido de almidón. Como propiedad determinante de su pureza, el contenido de almidón de achira comparado con los almidones de arracacha, papa, yuca, trigo, maíz y arroz, sin ser bajo, es inferior a estos últimos, dada la presencia de sinnúmero de raicillas y otras impurezas, como en el caso de la raizuda, donde por la gran cantidad de raíces y la forma irregular de los rizomas, se dificulta el lavado de los mismos, apareciendo una mayor proporción de elementos extraños. Además, se debe tener en cuenta el elevado contenido de humedad del almidón de achira que, en algunos casos puede llegar al 25%. Al compararlos en base seca, algunos presentan un contenido de almidón normal y dentro de la norma (84%), y otros un nivel cercano al 100% (99,4%).

3.1.2. Contenido de ceniza. El almidón de achira presenta un contenido mineral bueno, superando a otros almidones obtenidos de arracacha, papa, yuca, maíz, trigo y arroz, valor que se sustenta con el análisis cualitativo de microscopía realizado a las variedades roja Cáqueza, verde y a la muestra comercial, que evidencia la presencia de trazas de cobre, hierro, potasio, azufre, carbono y oxígeno.

En la variedad raizuda su mayor contenido de ceniza, además de su composición mineral, indica contaminación a causa de pequeñas partículas de arena o de raicillas con tamaño aproximado al de los gránulos del almidón de achira, factor generado por la mala adecuación en el corte de las mismas y/o por los residuos no retirados de los intersticios durante el lavado.

3.1.3. Contenido de fibra. El valor para el almidón de achira (0,036%) se considera muy bajo y, casi despreciable, comparado con otros almidones extraídos de arracacha, papa, yuca, trigo, arroz y maíz, composición que posiblemente se debe a la fisiología del rizoma y a una eficiente separación de la fibra en el colado, lo cual supone que la mayoría de impurezas son de tipo mineral causadas por arena y no por fibra de sus raicillas u otros componentes.

3.1.4. Contenido de grasa. El bajo contenido de grasa del almidón de achira (0,06 a 0,1% b.s.) frente a los almidones de arracacha, papa, yuca, trigo, arroz y maíz, puede deberse a que el contenido original de grasa del rizoma es muy bajo (0,1% b.h.), según Montaldo, 1972. Esta mínima composición de grasa en el almidón de achira es muy importante, pues de lo contrario, su amilosa formaría complejos oleosos, incidiendo en la reducción de la capacidad de ligazón con el agua y por consiguiente, en la hinchazón y solubilización del mismo, lo cual también incidiría en la retrogradación del mismo, retardándola.

3.1.5. pH. El almidón de achira presentó un pH (5,3 a 6,5) muy cercano a los de arracacha, papa y yuca, determinando una acidez aceptable, que lo cataloga como materia prima bien conservada y fresca. Un pH muy ácido indicaría la presencia de agentes blanqueadores (cloro), o la fermentación del almidón, reacción deseable en panadería para el almidón de yuca, pero no para el almidón de achira, porque representa un índice de contaminación. En realidad, la acidez característica de algunos de los productos panificados de este último, la determinan otros ingredientes en la formulación como el queso, por ejemplo.

3.1.6. Contenido de proteína. El contenido de proteína del almidón de achira (0,2 a 0,9% b.s.) supera los de arracacha, papa, yuca, trigo y maíz. A pesar de que un valor de proteína alto es importante nutricionalmente, los almidones que presentan un nivel alto de impurezas tienen contenidos superiores a 0,5% b.s. Por consiguiente, es necesario alcanzar la mayor purificación en la extracción ya que, según Mestres, 1996, solamente los contenidos de proteínas inferiores a 0,5% b.s. no interfieren en las propiedades funcionales del almidón.

3.1.7. Tamaño de partícula por microscopía. Se determina que los gránulos del almidón de achira tienen forma ovoidal, con diámetro promedio de 54 μ m, próximo al intervalo reportado por Hurtado, 1997 (25 μ m y 45 μ m), confirmando el mayor tamaño de gránulo conocido, con lo cual se diferencia de otras fuentes amiláceas no cereales de gránulo generalmente elipsoide o esférico con tamaños entre 2 - 34 μ m, y de los cereales, de gránulo principalmente poliédrico, con tamaños de 6 a 19 μ m.

3.2. Determinación de la Pureza y Calidad del Almidón de Achira

3.2.1. Comportamiento general del almidón puro de achira. En la Tabla 4 se observa el comportamiento del almidón de las diferentes variedades de achira según los parámetros establecidos para determinar su pureza y calidad.

Tabla 4. Parámetros de pureza y calidad del almidón de diferentes variedades de achira

Variedad	Sedimentación, min 5%Alm – 95% agua	Humedad, % b.h.	Densidad, g/cm ³ b.h.	Retención malla 38µm ¹ , % b.h.
Muestra comercial	11,1	22,9	0,66	1,6
Raizada	11,1	20,8	0,63	13,3
Nativa	11,1	18,2	0,63	15,7
Verde	13,3	17,5	0,65	18,2
Blanca Pasto	13,2	17,4	0,64	19,5
Blanca Isnos	11,1	16,0	0,64	15,0
Roja Cáqueza	10,7	14,5	0,68	27,3
Blanca Alejandria	8,4	14,1	0,66	27,1
Roja Pasto	13,1	14,0	0,68	24,3
Morada Gallardo	9,2	13,8	0,65	23,8
Blanca Cáqueza	7,5	13,7	0,66	29,1
Morada Pinos	8,4	13,7	0,696	28,4
Promedio, b.h.	11,5	18,8	0,65	15,3
Intervalo, b.h.	7,5 – 13,3	13,7 – 22,9	0,63 – 0,7	1,6 – 29,1
Desviación estándar, b.h.	0,98	2,99	0,018	11,97

¹ Tamiz que retuvo mayor porcentaje de almidón de achira

Fuente: Gélvez, D. y Pulido, J. Caracterización Físicoquímica y Establecimiento de Parámetros de Calidad, para el Almidón de Achira. Santafé de Bogotá: CORPOICA - Universidad de La Salle, 1998. Tesis Ingeniería Alimentos.

3.2.1.1. Tiempo de sedimentación. La baja dispersión de los datos entre las variedades en estudio, muestra un comportamiento estable en su determinación. Se obtuvo un intervalo entre 7,51 y 13,31 min para la sedimentación del almidón en una probeta de 25 cm³, tiempos considerados cortos. Aunque existe una resistencia inicial al contacto con el agua, rápidamente comienza a sumergirse y se inicia su precipitación.

3.2.1.2. Contenido de humedad. El almidón de achira presenta un alto porcentaje, probablemente por tiempos de secado cortos para ser comercializado rápidamente o por su empaque y forma de almacenamiento, la absorción de humedad del medio circundante, tanto en la zona productora como en el lugar de comercialización. Aún así, con valores críticos de humedad, el almidón de achira presenta baja susceptibilidad al ataque de microorganismos, según Montañés et al, 1998. Para humedades de 14,23 a 19,21% b.h. tan sólo crecieron 1.300 a 1.500 UFC/g de hongos, 120 a 200 UFC/g de levaduras y 9 a 200 NMP/g de coliformes totales, aceptables para consumo.

3.2.1.3. Densidad. Por presentar baja dispersión en sus valores, el almidón de achira exhibe un comportamiento relativamente estable entre variedades. Comparado con el agua posee menor densidad aparente 0,63 a 0,67 g/cm³, resultado que indica una gran porosidad de la masa de almidón ya que la densidad de cada grano es superior a la del agua.

3.2.1.4. Granulometría. Los valores obtenidos pueden representar la tendencia normal del almidón de achira, ya que de acuerdo con la Figura 1, las variedades analizadas muestran una relativa homogeneidad representada en la visualización de traslapes y una mínima dispersión. Determinándose que el diámetro del tamiz en el que los porcentajes superiores de retención corresponden a 38 µm, tamaño que según el intervalo 25 - 45 µm dado por Hurtado, 1997, lo cataloga como el almidón con mayor tamaño de gránulo conocido.

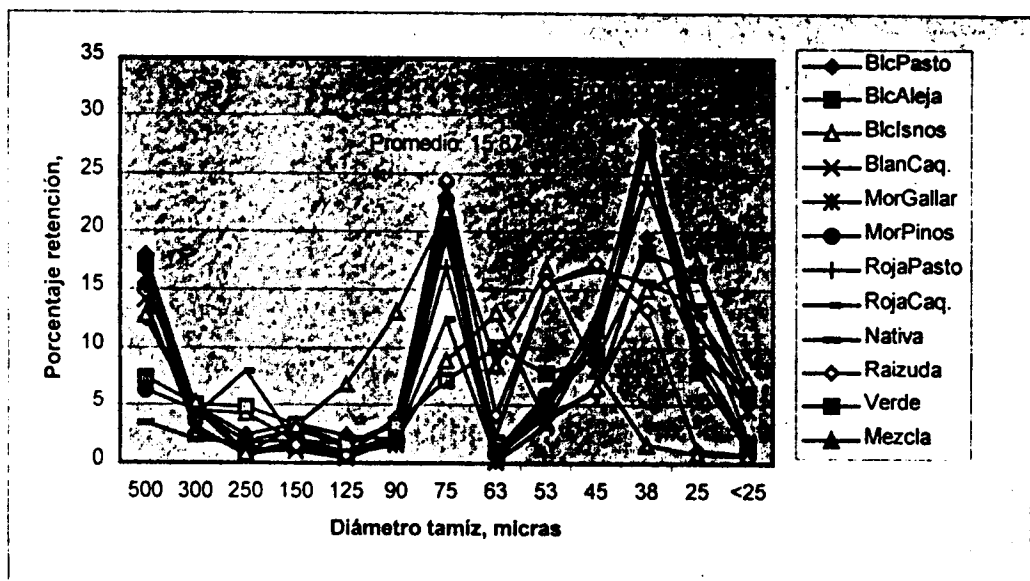


Figura 1. Distribución porcentual del diámetro del gránulo del almidón de diferentes variedades de achira

3.2.2. Comportamiento del almidón de achira con respecto a otros almidones. En la Tabla 5 se visualizan los resultados del análisis de pureza y calidad aplicado con el fin de determinar variaciones significativas en el comportamiento del almidón puro de achira frente a los almidones puros de papa, yuca y maíz. Cabe anotar que la determinación de la granulometría no se consideró, debido a la alta sensibilidad de la prueba al error por formación de conglomerados durante el tamizado, consecuencia de la influencia ejercida por el alto grado de variabilidad en las condiciones de almacenamiento de los diferentes almidones.

Tabla 5. Parámetros de pureza y calidad del almidón de diferentes variedades de achira

Tipo almidón puro Variables	Achira			Papa			Yuca			Maíz		
	Prom.	Min.	Máx.	Prom.	Min.	Máx.	Prom.	Min.	Máx.	Prom.	Min.	Máx.
Sedimentación, min 5%Alm - 95% agua	10,7	10,3	11,1	72,4	71,0	74,0	80,5	79,0	82,0	290,4	289,0	292,0
Humedad, % b.h.	16,3	15,7	17,0	16,5	14,2	18,8	11,3	9,0	13,6	11,2	8,9	13,5
Densidad, g/cm3 b.h.	0,66	0,65	0,66	0,69	0,67	0,70	0,69	0,67	0,70	0,48	0,47	0,50

Fuente: Gélvez, Diana y Pulido Jazmin. Caracterización Físicoquímica y Establecimiento de Parámetros de Calidad, para el Almidón de Achira. Santafé de Bogotá: CORPOICA - Universidad de La Salle, 1998. Tesis Ingeniería Alimentos.

3.2.2.1. Tiempo y velocidad de sedimentación. Se presentaron diferencias muy significativas entre los almidones, indicando de forma clara, comportamientos variables para cada uno de ellos. Mientras que el almidón de achira decanta rápidamente, el de maíz desciende en un tiempo considerablemente mayor, y los de papa y yuca, lo hacen en tiempos medios. Por consiguiente, el método de mayor confiabilidad por su alto nivel de diferenciación en la determinación de pureza y calidad del almidón de achira es el ANÁLISIS DE TIEMPO Y VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN cuya metodología se muestra en la Figura 2.

VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN

MATERIALES

- Probeta de 25 ml y altura 85 mm
- Balanza analítica
- Cronómetro
- Sistema de iluminación

PROCEDIMIENTO

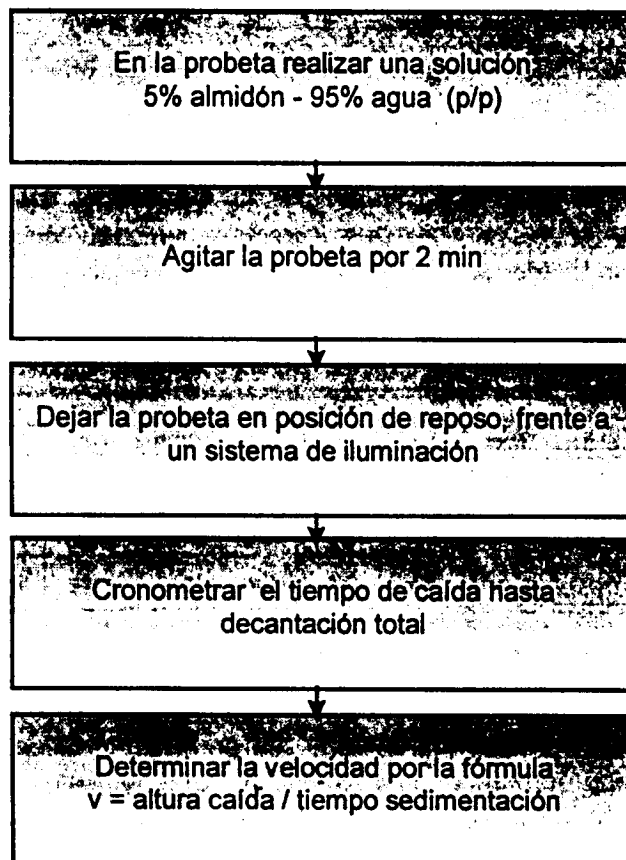


Figura 2. Metodología adoptada para la determinación del tiempo y velocidad de sedimentación de almidones

Relacionando los tiempos de sedimentación con la altura de la probeta de medición (85 mm), en la Tabla 6 se compara la velocidad de sedimentación de almidón puro de achira con mezclas de almidones de yuca, papa y maíz, en sustituciones de 0, 5, 15, 25 y 100%, utilizando una solución de 5% almidón (fracción donde se variaron las mezclas) - 95% agua.

Se puede observar que existe un comportamiento similar entre las mezclas de almidones, una baja dispersión y un ajuste a una curva de tipo exponencial. A medida que aumenta la sustitución con los almidones disminuye la velocidad, y en particular para la mezcla achira-maíz esta tiende a cero, respuesta dada por el diámetro de la partícula, densidad, humedad, gravedad, etc.

Tabla 6. Velocidades de sedimentación, en las mezclas achira-papa, achira.yuca y achira-maíz a diferentes relaciones de concentración

Sustitución	Mezcla achira-papa			Mezcla achira-yuca			Mezcla achira-maíz		
	Velocidades en cm/min			Velocidades en cm/min			Velocidades en cm/min		
100-0%	0,44	0,43	0,42	0,44	0,43	0,42	0,44	0,43	0,42
95-5%	0,28	0,28	0,3	0,14	0,14	0,15	0,06	0,06	0,06
85-15%	0,07	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,04	0,04	0,04
75-25%	0,04	0,04	0,03	0,071	0,075	0,073	0,04	0,04	0,04
0-100%	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,04	0,024	0,02	0,03

Fuente: Gévez, Diana y Pulido Jazmín. Caracterización Físicoquímica y Establecimiento de Parámetros de Calidad, para el Almidón de Achira. Santafé de Bogotá: CORPOICA - Universidad de La Salle, 1998. Tesis Ingeniería Alimentos.

3.2.2.2. Contenido de humedad. Los mayores porcentajes los poseen el almidón de papa y el de achira, frente a los menores de yuca y maíz; de lo cual se establece que un menor contenido de humedad en el almidón, retarda su descenso al sedimentar debido al mayor esfuerzo requerido para hidratarse.

3.2.2.3. Densidad. El almidón de achira ($0,66 \text{ g/cm}^3$), frente a los almidones de yuca y papa ($0,69 \text{ g/cm}^3$), presenta menor valor de densidad aparente, posiblemente por una mayor porosidad de la masa por la mayor esfericidad de los gránulos de almidón de achira.

4. CONCLUSIONES

Se definió que el almidón de achira, limpio y puro, obtenido de un proceso de extracción y comercializado sin adición de materias similares y/o mejoradores, debe presentar como características físicas: color blanco grisáceo, olor y sabor neutro, textura polvosa; y como características generales de composición: contenido de almidón de 71,1-81,3%, 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%.

Los parámetros indicadores de la pureza y calidad del almidón de achira están representados por tiempo de sedimentación 6,2 - 16,5 min, tamaño de partícula por granulometría 38 μ m - 75 μ m y por microscopía 33,9 μ m - 97,6 μ m, densidad 0,63 - 0,71g/cm³, pH = 5,5 - 6,2.

Frente a otras materias primas similares, el almidón de achira se reconoce por su alto contenido de humedad, sin embargo, debido a la acción conservadora de sus componentes, demuestra alta resistencia a las fluctuantes condiciones de almacenamiento, sin presentar deterioro en sus características fisicoquímicas y microbiológicas por períodos prolongados.

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.

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.

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.

5. BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACION NACIONAL DE INDUSTRIALES. Normas y Procedimientos Reglamentarios de la Industria de Alimentos. Cámara de la Industria de Alimentos. Santafé de Bogotá D.C., ANDI, 1995. (INVIMA 250, 253, 1241).

BELITZ, Hans Dieter y GROSCH, Werner. Química de los Alimentos. Zaragoza: Acribia, S.A., 1985. p. 433 - 436.

BRAUTLECHT, C. A. Starch Its Sources, Production and Uses. 1973

GAVIRIA, Luis Enrique. Manual de Métodos Analíticos para el Control de la Calidad de la Industria Alimentaria. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 1988. 142p.

GELVEZ, Diana y PULIDO, Jazmín. Caracterización Físicoquímica y Establecimiento de Parámetros de Calidad para el Almidón de Achira. Santafé de Bogotá: CORPOICA - Universidad de La Salle, 1998. 128 p.

HURTADO, Jhon Jairo. Valorización de las Amiláceas "No Cereales" Cultivadas en los Países Andinos: Estudio de las propiedades físicoquímicas y funcionales de sus almidones y de la resistencia a diferentes tratamientos estresantes. Santafé de Bogotá, D.C.: Universidad Jorge Tadeo Lozano – CIAT –CIRAD-SAR, 1997. 164p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Industrias Alimentarias. Almidón de Achira. Santafé de Bogotá D.C.: ICONTEC, 1989, 6 p. (NTC 3228).

MESTRES, C. Los Estados Físicos del Almidón. Conferencia Internacional del Almidón: Propiedades físicoquímicas, funcionales y nutricionales: usos. Quito (Ecuador): Escuela Politécnica Nacional, 8-10 de mayo de 1996. p. 1-17

MESTRES, C. y MOUQUET, C. Bases Físicoquímicas de la Viscosidad de Suspensiones de Almidón. Conferencia Internacional del Almidón: Propiedades físicoquímicas, funcionales y nutricionales: usos. Quito (Ecuador): Escuela Politécnica Nacional, 8-10 de mayo de 1996.

MONTALDO, A. Cultivos de Raíces y Tubérculos Tropicales. San José de Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 1991. 2ª ed. 407 p.

PINTO, R. Elaboración y Usos del Almidón de Yuca. Santafé de Bogotá D.C.: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Ministerio de Agricultura, 1985.

RUALES, J. Almidón, Complejos Amilo-lípidos e Interacciones Almidón-proteína. Simposio en Carbohidratos. Quito (Ecuador): Escuela Politécnica Nacional, 4-6 de octubre de 1993. p. 17 – 21

RUALES, J. Caracterización de las Propiedades Reológicas y Nutricionales del Almidón Nativo y Gelatinizado de Achira. Conferencia Internacional en Biodisponibilidad de Nutrientes. Quito (Ecuador): Escuela Politécnica Nacional, 1-3 de marzo de 1995. p. 179 – 188

SONI, L. S. et al. Physicochemical Properties of *Canna edulis* Starch: comparison with maize starch. 1990. Starch/Stärke. 42 (12): 460-464

WONG, Dominic. Química de los Alimentos. Zaragoza: Acribia S.A., 1989. p. 138 - 140.

PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA PANIFICACIÓN

Alberto Camargo Vargas¹

1. PROCESO DE PANIFICACIÓN

La elaboración de los diferentes tipos de panes tiene un común denominador en la similitud de las operaciones que se efectúan para su procesamiento total (Figura 1). El cambio más importante radica en el proceso de mezclado de la masa; sin embargo, es posible elaborar panes de corteza, molde, integrales, aliñados por cualquiera de los procesos, ya sea directo o por esponja.

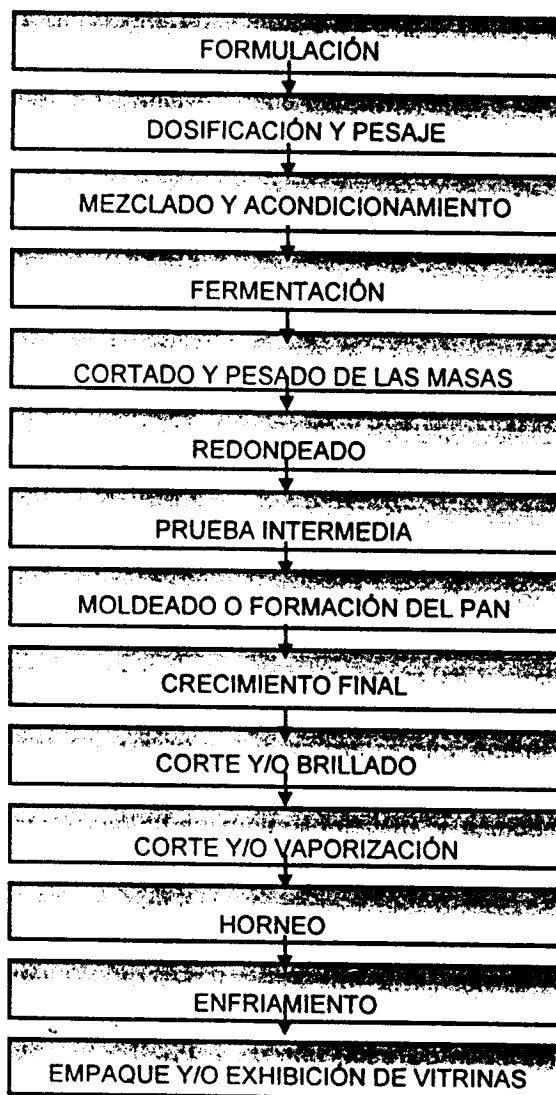


Figura 1. Operaciones implícitas en el proceso de panificación

¹ Instructor de Panadería. Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA. Centro de Hotelería y Turismo. Santafé de Bogotá D. C.

1.1. Formulación

El industrial de panadería, conocedor de las funciones de los diferentes ingredientes, puede realizar cambios importantes en sus fórmulas, que le permitan ajustarlas a la calidad de la harina, del producto y en algunos casos, a formulaciones solicitadas con características especiales.

Para conseguir el equilibrio en éstas formulaciones, se tiene una herramienta valiosa utilizando el porcentaje panadero, donde la harina siempre es considerada sobre la base del 100% no importando la cantidad a utilizar; los demás insumos usados se calculan según el porcentaje de éstos, con base en la harina tomada. Este método permite calcular mojes de cualquier tamaño, igualmente verificar si la fórmula empleada está balanceada.

Para conseguir excelentes resultados con éste sistema, es importante disponer de un formato de formulación estandarizado donde se incluya: nombre del insumo, porcentaje, cantidad base, valor unitario, valor total, proceso. Con ésta información puede evaluarse el rendimiento de la formulación, obteniendo el costo por unidad y el número de unidades elaboradas.

Se define balanceamiento como el uso de ingredientes en las proporciones exactas, teniendo en cuenta no solamente la función específica sino también los límites máximos y mínimos que han de ser utilizados.

1.2. Dosificación

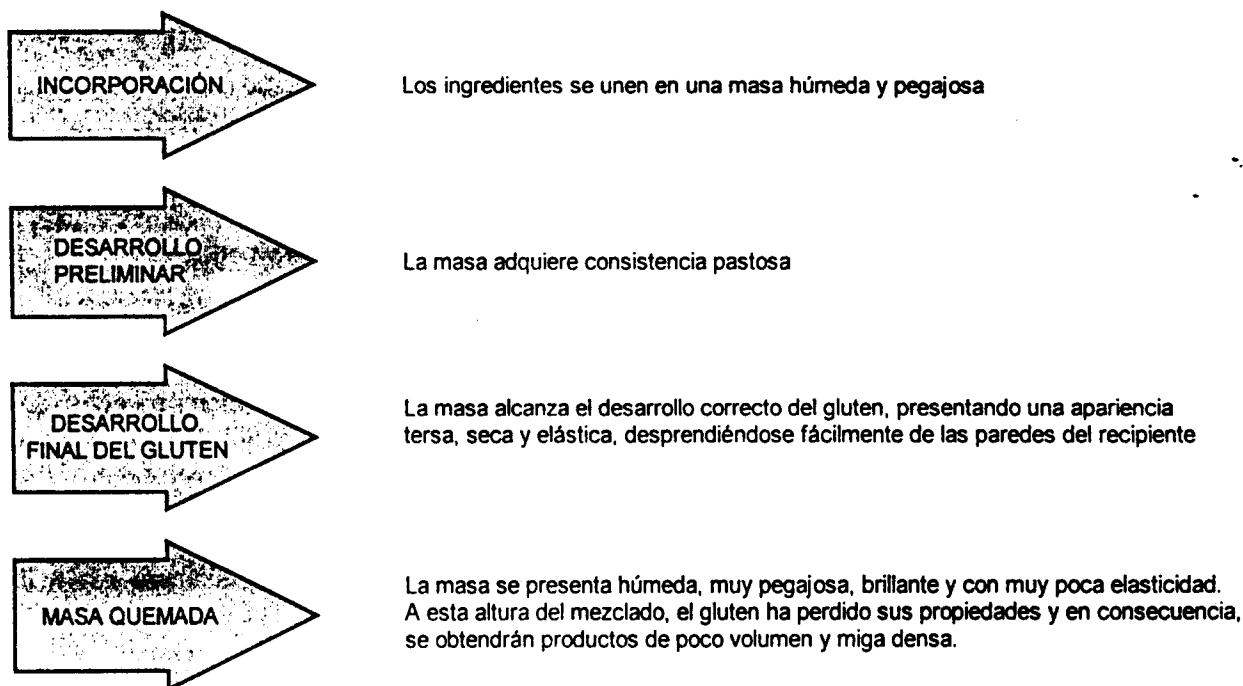
Esta operación, que recibe poca importancia, es determinante para la estabilidad de la calidad de los productos, como el costo verdadero de éstos. Para garantizar la precisión del pesado y medida, es importante que el industrial se concientice que debe dotar su panadería de instrumentos fiables que garanticen cantidades pesadas y medidas correspondientes a las de la formulación. Dependiendo del tamaño de la empresa, ésta operación puede ser manejada de diferentes formas:

- Sistema modular de pesado. Las grandes panaderías tienen establecida un área donde un operario se encarga de pesar determinados ingredientes, que son entregados en recipientes codificados al mojador o panadero, de acuerdo al consolidado de las comandas del día anterior.
- En la empresa pequeña y mediana, el mojador se encarga de pesar y medir todos los ingredientes, incluso de efectuar todas las operaciones del proceso.

1.3. Mezclado y Acondicionamiento / Fermentación

Por mezclado entendemos la operación de incorporar todos los ingredientes en un orden y tiempo que no altere las funciones y condiciones de cada uno de éstos, hasta obtener una homogeneización completa y un total acondicionamiento del gluten. El determinar el punto de acondicionamiento es una de las operaciones más críticas de la panificación, ya que de esto depende en buena parte, la calidad del producto final. El punto ideal se conoce cuando la masa adquiere suavidad, extensibilidad y al abrirla en una película muy fina, se hace transparente, dando la impresión de un tejido tipo seda.

Para determinar los tiempos de mezclado, es necesario conocer los aditivos agregados en el molino, así como en la panadería. Para cumplir el objetivo de mezclar y acondicionar es indispensable disponer de una amasadora que deberá ajustarse a las características de la empresa. Las masas mezcladas y acondicionadas en amasadoras siempre serán de mejores características que las obtenidas por el sistema de cilindrado y es importante aclarar que las masas mezcladas y acondicionadas en amasadora no requieren un posterior cilindrado. Cuando el mezclado y acondicionamiento se realizan en mezcladora se pueden observar claramente los siguientes pasos:



1.3.1. Mezclado mecánico. Al disponerse de una amasadora de mediana o de alta velocidad, la secuencia en la incorporación de los ingredientes debe ser:

- Determinación de la temperatura del agua.
- Adición de la sal, el azúcar y parte del agua para disolver estos ingredientes.
- Incorporación de harina y levadura. Dependiendo del tipo de levadura ésta operación puede variar.
- Cuando la masa se haya mezclado en unas dos terceras partes de la harina, se agrega la grasa y se continúa el mezclado hasta el total desarrollo del gluten.

1.3.2. Mezclado manual. Es el sistema más antiguo y el más usado en la pequeña empresa; aunque el propósito es cambiar la actitud del empresario y motivarlo para que evolucione hacia el uso de la mezcladora, a continuación se indican las reglas de preparación de la masa en forma manual:

- Mezclar la sal con la harina. Nunca mezclar sal con levadura.
- Cremar bien la grasa con el azúcar y parte de la harina.
- Disolver la levadura en parte del agua.

El mezclado manual funciona mejor con masas directas. Es casi imposible obtener una masa homogénea cuando se elabora manualmente, la mezcla que se obtiene es de apariencia rústica y el porcentaje de absorción es muy bajo, ya que se hace difícil la integración perfecta de la humedad, así como la distribución de los ingredientes. Este sistema de mezclado presenta muchos altibajos en la calidad de la producción.

1.3.3. Importancia de un buen mezclado. En la Tabla 1 se observan claramente los resultados de un mezclado mecánico óptimo comparados con un mezclado inadecuado.

Tabla 1. Diferencias entre un mezclado mecánico óptimo y uno inadecuado

Mezclado óptimo	Mezclado inadecuado
Alta absorción.	Baja absorción.
Excelente desarrollo del gluten.	Falta de elasticidad a la masa.
Masa de apariencia seca.	En cierta forma, masa húmeda y pegajosa.
Buen volumen del pan.	Acondicionamiento irregular de la masa.
Las características internas del pan mejoran en forma significativa.	Poco volumen del pan.
	Malas condiciones internas del pan: paredes de celdas gruesas, miga oscura y vetada, de textura ordinaria, poca conservación.

1.3.4. Proceso de la masa. Para la operación de mezclado se han utilizado básicamente: el proceso directo y el proceso de esponja, sea cual fuere el proceso empleado, siempre habrá un período donde se reúnan todos los ingredientes.

1.3.4.1. Proceso directo. En la masa directa todos los ingredientes utilizados son mezclados al mismo tiempo. Tienen una única mezcla y una única fermentación.

La masa directa es bajada cuando ha alcanzado su altura máxima. Esta se determina insertando los dedos en la masa a una profundidad de más o menos 10 cm, cuando aparentemente ha alcanzado el punto en el cual contiene el máximo de gas. Si al introducir los dedos, la masa comienza a bajarse poco a poco, entonces está lista. La primera bajada se utiliza como guía, para determinar la fermentación total necesaria de la masa. El objeto de bajar la masa es:

- Extraer el gas.
- Movilizar las células de levadura hacia nuevas fuentes de alimento.
- Igualar la temperatura en la masa.
- Conservar la masa en el lado dulce.

En la práctica, la necesidad de fermentación de la masa es establecida por el panadero experimentado, de acuerdo con la apariencia, aroma o tacto de la misma. Se deben utilizar artesas con suficiente capacidad, de 80 cm de largo por cada 50 kg de harina mezclada, para un adecuado desarrollo o crecimiento de la masa.

Las ventajas y desventajas de aplicar el proceso directo se expresan en las Tabla 2.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de la aplicación del proceso directo

Ventajas	Desventajas
Sabor diferente. Menor tiempo de fermentación. Menor costo de elaboración. Menor pérdida por fermentación. Reducción de espacio en el cuarto de fermentación.	Menor tolerancia al trabajo. Calidades pobres para hechura a máquina. No se puede reducir o aumentar la masa.

1.3.4.2. Proceso de esponja. Esponja es aquella masa que tiene dos períodos de mezcla y dos tiempos de fermentación. Inicialmente, parte de los ingredientes es mezclado y fermentado; la esponja, así fermentada, regresa luego a la mezcladora con el resto de los ingredientes y se le da otro período corto de fermentación, a esta etapa se le llama masa o refresco.

El método de esponja se considera el más popular, pero su uso depende de la opinión del panadero, el número y tamaño de artesas disponibles, el tamaño del cuarto de fermentación y del tipo de producto deseado.

Dentro de los diferentes tipos de esponjas utilizadas, se tienen:

- Esponja convencional.
- Esponja refrigerada.
- Esponja progresiva.
- 100 X 100 esponja (100%).
- Esponja "voladora".
- Esponja caliente.
- Esponja básica.
- Proceso o SOAKER esponja.

Los ingredientes esenciales en la esponja son: harina, agua y levadura. Esta es comúnmente llamada "esponja pobre". Sin embargo, las esponjas pueden contener además de estos ingredientes, porcentajes de sal, entonces se podría llamar esponja rica.

La consistencia de la esponja dependerá de su absorción de humedad. De acuerdo con el sistema de cálculo del panadero sobre el porcentaje de ingredientes, la absorción de la esponja debe basarse solamente en la harina de la misma. Los demás ingredientes se calculan con base en el total de la harina de la esponja y la masa.

Los esponjas se usan generalmente duras, sin embargo, a continuación se muestra una guía (Tabla 3) de las diferentes clases de esponja según sus porcentajes de absorción de humedad.

Tabla 3. Clases de esponjas en panificación

Clase de esponja	Absorción humedad, %
Esponja dura	56% o menos
Esponja medio firme	58%
Esponja floja	60%
Esponja medio floja	62%
Esponja floja	64%
Esponja líquida	70%

Las harinas de larga tolerancia o harinas fuertes se deben utilizar en la esponja, mientras que las harinas débiles o de corta tolerancia deben utilizarse en la etapa de la masa, cuando se utiliza una mezcla de las dos, puede utilizarse el mismo tipo de harina en ambas etapas: esponja y masa. Términos como: esponja de 60/40 - 70/30 - 80/20 se utilizan frecuentemente, el numerador representa la cantidad de harina fuerte en la esponja y el denominador la harina débil en la masa.

El proceso de mezcla de la esponja es similar al de la masa directa. Debido a la creación de calor por los cambios químicos durante el proceso de fermentación y a los tiempos más prolongados, las esponjas se mezclan generalmente de 24 a 25,6°C, aunque en algunos casos debe emplearse temperaturas más bajas. Las esponjas se calentarán aproximadamente de 1 a 2 grados por hora.

La mezcla de la esponja debe llevarse al punto en el cual se haya obtenido una distribución uniforme de los ingredientes y el gluten se haya formado y desarrollado parcialmente.

El tiempo promedio convencional de fermentación de la esponja oscila entre 4 y 5 horas y es determinado por factores como:

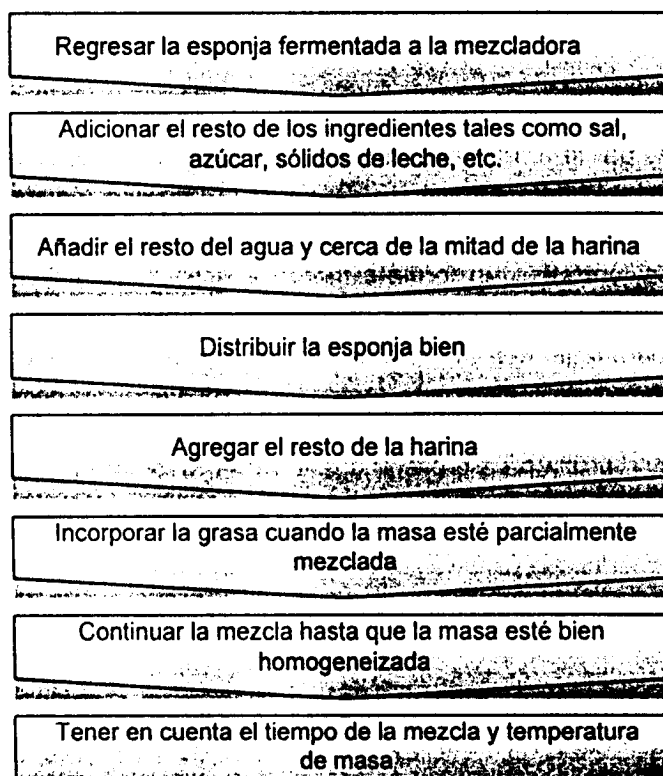
- Uso o no de alimento para levadura.
- Tipo o clase de harina y porcentaje utilizado.
- Fórmula.
- Uso de un ingrediente ácido.
- Consistencia de la esponja.
- Temperatura de la esponja.
- Tiempo de reposo después del refresco.
- Producto que se va a elaborar.

Las ventajas y desventajas de aplicar el proceso de esponja se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4. Ventajas y desventajas de la aplicación del proceso de esponja

Ventajas	Desventajas
Mejor control de uniformidad diaria del producto. Regulación en el período de fermentación. Mayor precisión en pesaje por divisora. Facilidad para moldear. Mejor volumen del pan. Mayor control para eliminar exceso o falta en la producción. Sabor diferente. Miga más blanca. Pan más suave.	Mayor cantidad de artesas. Mayor espacio en el cuarto de fermentación. Duplicación del tiempo de mezcla. Mayor costo mano de obra (costo elaboración). Incremento de las pérdidas por fermentación. Mayor consumo de potencia (energía eléctrica)

1.3.4.3. Procedimiento de mezcla - esponja y masa.



1.4. Cortado y Pesado de la Masa

Este se realiza con el uso de una divisora y/o un paso en el mesón de trabajo. La masa debe pesarse con precisión, para garantizar que el peso del pan horneado sea el que exige la ley y, así, al manejar pesos correctos aumentar la eficiencia de la planta. Para compensar las pérdidas por horneado el peso de la masa cruda debe ser superior al deseado en el pan cocido. Esta pérdida varía según las condiciones de la panadería oscilando entre 80 y 160 g por kg de pan horneado.

El operario que maneja la divisora usará sólo la cantidad de aceite y harina de espolvoreo necesaria para un eficiente funcionamiento de la máquina. El uso en exceso de estos materiales, no solamente será equivoco, sino también perjudicial en la calidad del pan. Para evitar características de "masa vieja" en el producto terminado, el tamaño de la masa debe ser tal que pueda pesarse en un período máximo de 15 a 20 minutos.

1.5. Redondeado

El propósito de esta operación es permitir a la masa recuperarse del maltrato sufrido en el corte o boleado y acondicionarla para la operación de moldeado. En panaderías pequeñas, la masa es dejada sobre el mesón puesta en tablas o en locales acondicionados. En plantas grandes se utilizan cámaras automáticas de desarrollo intermedio. El tiempo promedio de recuperación es de 10 a 20 minutos dependiendo de las condiciones de la empresa.

La masa debe protegerse de corrientes de aire y de la formación de corteza, además, debe dársele tiempo suficiente de recuperación para lograr un moldeado adecuado.

1.6. Moldeado

El objetivo del moldeado es dar la forma adecuada a la masa fermentada, suave y tersa. Esto puede realizarse a mano o por medio de máquinas moldeadoras. El moldeado requiere gran práctica manual, antes de que el panadero sea capaz de hacerlo rápidamente y bien hecho. Los principios del moldeado son: extensión de masa; enrollado en forma cilíndrica aplicándole suficiente presión para sellarla, extenderla arrollándola hasta el largo deseado. El pedazo de masa debe ser moldeado parejo sin romperle la corteza. Deberá tener el mismo diámetro a lo largo del pan. La costura deberá ser pareja y puesta hacia abajo en el molde. Mala colocación en los moldes causará panes dañados.

La harina de espolvoreo se utiliza para prevenir que la masa se pegue y debe aplicarse por parejo y utilizarla cuidadosamente. Cuando se usa en exceso, no permitirá un cierre adecuado y la masa tendrá vetas, huecos, pobre textura y una corteza no provocativa.

1.7. Crecimiento Final

El crecimiento final es un período de fermentación acelerado para airear y dar a la masa un grano parejo con buen volumen. Las mejores condiciones se consiguen a temperatura entre 32 a 35°C, con humedad relativa de 85%. Sin control de temperatura y humedad será casi imposible producir cortezas con la más alta calidad y uniformidad.

El control de la humedad es necesario para prevenir la formación de una corteza dura y seca en la superficie de la masa. Poca humedad ocasionará la aparición de corteza en forma de concha (caracol), gruesa y con menor color, resultando un producto de menor volumen. Alta humedad causará condensación sobre la masa generando una corteza gruesa y gomosa. Una temperatura del cuarto de crecimiento muy baja demorará el crecimiento del pan, en consecuencia, se hacen inoperantes los programas de producción y se perjudica el sabor del producto terminado. Una temperatura alta en el cuarto de crecimiento resultará en un pan con poco volumen, algo pesado y compacto, de tapa enconchada y corteza de color oscuro.

El exceso de crecimiento producirá una miga de grano abierto y desmoronable, sabor y aroma desagradables, lados colgantes, corteza pálida y baja conservación. El cortar y envolver moldes con crecimiento excesivo es muy difícil. Dando al pan un crecimiento correcto podría evitarse mucho desperdicio de papel y pan dañado.

El tiempo normal de crecimiento oscilará entre 45 y 60 minutos. Los factores que gobiernan el tiempo de crecimiento son: porcentaje de levadura en la fórmula, temperatura de la cámara de crecimiento y condiciones del ambiente de la fábrica o panadería. También dependerá de la cantidad de masa en determinado tipo de molde. Las siguientes sugerencias pueden utilizarse si se usa la cantidad adecuada de masa para un tipo particular de molde:

- A los panes de tapa redonda debe dárseles crecimiento completo, es decir, ligeramente encima del nivel del molde.
- Al pan de tapa cortada se le da medio punto, es lo suficiente para llenar las esquinas del molde, ganar algo de altura y deberá estar bajo nivel del molde.
- Al pan de suelo (Viena, pan de sal, etc.), debe dársele poco crecimiento, de lo contrario, el pan se bajará al ser cortado o cuando sea puesto en la pala o el palín para ser llevado al horno. Como guía práctica se puede decir que se les debe dejar crecer hasta cuando con una ligera impresión de los dedos, no se recupere rápidamente.

Para obtener uniformidad y mantener la calidad, es deseable dejar crecer el pan hasta determinada altura. Esto puede hacerse fácilmente con el uso de un indicador hecho de tablero de madera prensada o de metal más ancho que el ancho del molde, en el cual se corta un arco del tamaño deseado. Cuando el pan en crecimiento llena el arco, está listo para el horno. Se pueden hacer varios indicadores según las variedades del pan producido. Así se evitará estar adivinando, según juicio de los trabajadores, manteniéndose la uniformidad a pesar de cambios en el personal.

1.8. Vaporización

El uso de vapor a baja presión es necesario en algunos tipos de productos, especialmente en pan de suelo (pan de sal), para prevenir una rápida formación de la corteza y rajaduras. El vapor dará un brillo deseable en estos tipos de productos.

El horno debe saturarse con vapor antes de llenarlo y generalmente, se cierra cuando comienza a colorear el pan. El uso de vapor a alta presión o vapor húmedo en exceso produciría una corteza dura, en forma de concha y podría causar rajaduras.

1.9. Horneo

El objetivo es cocer la masa ligera, bien leudada y por medio del calor transformarla en un producto apetitoso de buen sabor y digestible. El pan debe hornearse a la temperatura adecuada para que adquiera un color uniforme en la tapa, lados, fondos y puntas. Dicha temperatura varía para la mayoría de los productos y hornos entre 190 y 273°C.

Los factores que afectan las temperaturas de horneado y el tiempo son:

- Clase de horno
- Tipo de fórmula
- Forma y tamaño del producto
- Características deseadas
- El tiempo de crecimiento del pan

Un horneado muy rápido debe evitarse pues causa una formación rápida de corteza y dará un producto crudo, apelmazado. Debe evitarse el horneado lento pues causa resecamiento de la corteza y de la miga, dará un producto pálido desagradable, seco, duro, de baja conservación y de mal sabor.

Masas ricas en altos porcentajes de azúcar y leche, caramelizan rápidamente, por consiguiente, deberán usarse temperaturas más bajas. Masas de fórmulas pobres, bajas en materiales caramelizables, deberán hornearse a temperaturas altas. La temperatura exacta y el tiempo de duración del horneado es un problema individual de cada empresa y deberá determinarse en la práctica.

UTILIZACIÓN DE LOS ALMIDONES EN LA INDUSTRIA PANIFICADORA

Alvaro Coca Cadena¹

1. GENERALIDADES DEL ALMIDÓN

El almidón se conoce hace miles de años, siendo llamado por los romanos *amylium*, palabra derivada del griego *amylón*, que significa "harina que no requiere molienda".

El almidón se forma en las hojas y partes verdes de la planta, siendo transportado en forma soluble (en azúcar) a las otras partes, en las que se emplea inmediatamente en la reconstrucción de tejidos o se deposita como material de reserva.

Es un coloide insoluble en la mayoría de los disolventes corrientes como agua, alcohol, éter. Sin embargo, por la acción del agua caliente sus gránulos se hinchan llegando incluso a romperse si el agua se encuentra en exceso, dado que los gránulos no son homogéneos, es decir, los mayores serán más fácilmente atacados por las enzimas diastásicas, y algunos sufrirán lesiones durante el proceso de molienda lo cual, los hará susceptibles de hidrólisis enzimática. En tanto que los no lesionados serán resistentes a la acción de las enzimas

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.

1.1. Tipos de Almidón

En Colombia el almidón se obtiene básicamente a partir de maíz, aunque existen otras fuentes que podrían ser utilizadas como el arroz, el trigo, la yuca, los tubérculos, los rizomas, etc.

Los métodos para obtención, en general, son similares a los del maíz, es decir, por molienda o vía húmeda, cuyo proceso de extracción es aproximadamente de 40 horas.

1.2. Modificación de los Almidones

Las tres propiedades claves de los almidones son:

- Gelificación
- Viscosidad
- Absorción de agua

Estas se pueden manipular para aumentarlas, reducir las, eliminarlas o potenciarlas, según los requerimientos de cada producto alimenticio. De lo anterior, se deriva un verdadero menú de aplicaciones, para que el técnico pueda escoger a su gusto el almidón que confiera al producto características en particular (Tabla 1).

¹ Químico Biólogo M. Sc. Instituto Colombiano Agropecuario – ICA – CEISA. Santafé de Bogotá D. C.

Tabla 1. Principales modificaciones de los almidones

Modificación	Consiste en	Y produce
Entrecruzamiento	Conformación de puentes sintéticos entre moléculas vecinas.	Aumento de la viscosidad y la resistencia en condiciones extremas de pH, calor o agitación.
Estabilización	Sustitución propílica en grupos hidroxilo.	Impedimento estérico para retrogradar a bajas temperaturas y reducción de temperatura de gelatinización.
Pregelatinización	Gelatinizar y deshidratar el almidón.	Almidones solubles "precocidos", modificados o no.
Blanqueado	Oxidación de pigmentos acompañantes por H ₂ O ₂ , KMnO ₄ o NaClO ₂ .	Almidones extrablancaos.
Conversión	Hidrólisis ácida de amilopectina a temperatura por debajo de la gelatinización.	Almidones de baja viscosidad, capaces de gelificar y retrogradar como las gomas dulces.
Sustitución lipofílica	Sustitución en hidróxilos por agentes lipofílicos.	Almidones con capacidad emulsificante y de fijación de aromas.
Sustitución hidrofóbica	Sustitución en hidróxilos por agentes hidrófobos.	Almidones no – mojables para talcos corporales, agentes de moldeo o para facilitar el flujo de sustancias secas.

1.3. Productos de Panificación Elaborados a Partir de Almidón

En la fabricación de productos panificados, el almidón como constituyente de los mismos, se considera el mejor ingrediente para modificar (dañar) la calidad de las harinas. Los principales productos conocidos son:

- Buñuelos
- Pandebono valluno
- Pandequeso antioqueño
- Almojábana
- Panderitos
- Bizcochuelos
- Colaciones
- Galletas
- Productos de pastelería
- Productos de panadería

1.3.1. Productos de queso. Con relación a la utilización del queso, es importante que se tenga en cuenta su contenido graso, el cual debe ser bajo.

El queso recomendado para el buen funcionamiento de almidones o mezclas para buñuelo es el queso costeño salado prensado, con contenido de sal medio y acidez baja (alta = viejo); para almojábana el indicado es el industrial campesino, otros tipos pueden utilizarse pero haciendo reformas en su proporción frente al almidón o la mezcla correspondiente.

1.3.1.1. Recomendaciones para el manejo del queso y su relación con el almidón.

- Tamaño de partícula uniforme
- Moler el queso (disco), no rallarlo
- El queso molido resiste hasta 3 horas sin sufrir cambios en su acidez
- Almacenar en refrigeración (8 a 10°C), nunca congelar
- Ambientar el queso antes de mezclarlo

1.3.2. Productos típicos y su relación con el almidón y mezclas industriales. La industria colombiana a través de los Derivados del Maíz, ha desarrollado para su utilización, productos de almidón previamente formulados y balanceados, denominados mezclas, estos son, *Colmaíz: buñuelos, pandebono, pandequeso, almojábanas y Fécula universal*. Las anteriores mezclas no constituyen en sí, una competencia para el amplio sector de la población que aún conserva sus costumbres autóctonas de elaboración de alimentos típicos regionales, como el empleo de almidón agrio de yuca y almidón de achira o sagú. Un ejemplo de lo anterior se puede apreciar en la Tabla 2.

Tabla 2. Productos de queso típicos y su relación con almidón y/o mezclas

Región	Producto	Almidón	Mezcla
Valle del Cauca	Pandebono Pandeyuca	Agrio- harina precocida	Pandebono Colmaíz
Antioquia, zona cafetera	Pandequeso	Agrio - harina maíz	Pandequeso Colmaíz
Altiplano cundiboyacense	Almojábana	Harina maíz	Almojábana Colmaíz
Tolima	Calentanos	Sagú	Fécula universal
Huila	Achiras	Sagú	Fécula universal

1.4. Almidón de Yuca

Es el producto de la selección, lavado, rallado, decantación, fermentación y secado de la yuca.

El proceso de fermentación es supremamente importante, ya que el almidón sufre modificaciones que incluyen dextrinización y producción de ácido láctico, butírico, acético y otros compuestos. El grado de dextrinización y la cantidad de tipo de ácido, seguramente tiene una relación directa con la fuerza o con el poder de expansión del producto en el horno.

Las función del almidón de yuca es, básicamente, apuntar los almidones y dextrinas necesarias para formar en la proteína del queso un complejo específico. Esta unión va a permitir la retención de burbujas de gas y / o vapor de agua dentro del producto durante el horneado, lo que va originar su expansión o crecimiento.

Se puede decir entonces, que el sistema de almidón es parecido al de gluten en las masas de harina de trigo. Sin embargo, es diferente en cuanto en el pan de yuca, la película elástica extensible se comienza a formar con la fusión del queso y la gelatinización del almidón durante el horneado, por lo tanto, la miga es formada por burbujas de gases y vapor de agua durante el horneado y no antes, como sucede con el pan de trigo.

1.4.1. Características sensoriales que aporta el almidón de yuca a sus productos.

Sabor: característico, gracias a los ácidos y productos de la fermentación.

Aroma: su olor fuerte influye en el producto.

Textura: la presencia de migas abiertas y ligeras, o, apretadas y densas, incide en la palatabilidad del producto.

Color: por el proceso de hidrólisis ácida y condiciones de fermentación, se producen azúcares simples y dextrinas que por reacción de Maillard, contribuyen positivamente en la tonalidad.

Conservación: las dextrinas producidas, tienen mayor poder de retención de agua dentro del producto horneado.

Con base en lo anterior, se pone en consideración de todos los participantes del curso - taller, las alternativas y bondades que presentan, para la industria de la panificación, los diferentes almidones así como, su proceso de modificación, el cual se constituye en un elemento clave en la búsqueda de posibles soluciones de problemas que a diario se presentan dentro de este campo.

2. BIBLIOGRAFÍA

ALIMENTOS HOY. Revistas de la Sociedad Colombiana de Ciencia y Tecnología. N° 2, 1992.

ALIMENTOS HOY. Revistas de la Sociedad Colombiana de Ciencia y Tecnología. N° 4, 1993.

COCA, C. A. Curso Tecnología y Procesamiento en Cereales. México: CINNYT, 1993.

ALBARRACÍN, B. P. Elaboración de Pan de Yuca. Santafé de Bogotá: Universidad de la Salle, 1994. Exposición Ingeniería de Alimentos, Octavo semestre.

MENDIVELSO, T.J.E. Estudio de la Influencia de la Radiación Solar y el Ácido Láctico, sobre la Adquisición del Poder de Panificación del Almidón Agrio de Yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Santafé de Bogotá: Universidad Jorge Tadeo Lozano, 1996. Tesis.

CONGOTE, Q.I. Industrias del Maíz. Servicio Comercial y Técnico a Clientes, 1998.

DESARROLLO DE FORMULACIONES PARA LA PRODUCCIÓN DE BIZCOCHO, BIZCOCHUELO, GALLETA Y PANECILLO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE ACHIRA

Johanna Montañés A.¹
 Mónica Marcela Salguero B.²
 Sandra Lilliana Arias R.³
 Alba Elizabeth Rivera T.⁴
 Hugo Reinel García B.⁵

1. INTRODUCCIÓN

La industrialización del bizcocho y otros productos de achira, actividad tradicional de los pobladores del Huila y la zona oriente de Cundinamarca, ha tenido un desarrollo de tipo artesanal con parámetros empíricos, no validados y la mayor parte de las veces guardados como secreto en la memoria de los panificadores locales. Por consiguiente, no existe una fórmula adecuada y replicable que permita masificar su consumo y por ende incrementar el del almidón. En el sondeo de información realizado para este estudio en los departamentos mencionados, se observó una notable variabilidad de las formulaciones empleadas en los establecimientos dedicados a la fabricación de productos a partir de almidón de achira, hecho reflejado en la diferencia de proporciones de los ingredientes, al igual que en los procesos, encontrándose muy pocas plantas con producción tecnificada.

Por consiguiente, con los resultados arrojados por la investigación, se pretende obtener productos óptimos que agraden y que por su efecto positivo, reflejen preferencias frente a los tradicionales, supliendo las necesidades del productor y consumidor habituales y no habituales de los mismos. En consecuencia aumentará la oferta del almidón de achira y se recuperarán mercados perdidos incrementando el consumo, lo que promoverá la competitividad haciendo atractivamente económicos este tipo de productos.

2. METODOLOGÍA

La realización del estudio de estandarización de las formulaciones de bizcocho, bizcochuelo, galleta y panecillo a partir del almidón de achira, se llevó a cabo con el apoyo financiero del convenio CORPOICA - PRONATTA, liderado por el Programa Nacional de Maquinaria Agrícola y Postcosecha, con la asesoría tecnológica del Laboratorio de Farinología con sede en el C.I. Tibaitatá y de los departamentos de Panadería y Aseguramiento de Calidad (Laboratorio Sensorial, Físicoquímico y Microbiológico) de Carulla & Cia. S.A.

El sondeo de información previo a la estandarización de los productos de achira con mayor comercialización (bizcocho y panecillo) se aplicó en Neiva y los municipios de Altamira y San Agustín en el Huila, y en el municipio de Quetame en Cundinamarca, para establecer las formulaciones tradicionales y procesos de elaboración existentes y para seleccionar las mejores opciones junto a las variedades con buen comportamiento en proceso.

¹Ingeniera de Alimentos, Universidad de La Salle. E-mail: johamont@yahoo.com

²Ingeniera de Alimentos, Universidad de La Salle. E-mail: monysalguero@hotmail.com

³Ingeniera Alimentos. Investigadora Consultora P. Nal. Maquinaria Agrícola y Postcosecha - CORPOICA C.I. Tibaitatá E-mail: starias@yahoo.com

⁴Especialista en Ciencia y Tecnología Alimentos Coordinadora Lab Farinología - CORPOICA C.I. Tibaitatá. A.A. 240142 Bogotá

⁵Ingeniero Agrónomo. M.Sc. Coordinador Prog. Nal. Maquinaria Agrícola y Postcosecha - CORPOICA C.I. Tibaitatá E-mail: hgarcia@corpoica.org.co

Una vez establecida la materia prima básica y preajustadas las formulaciones y condiciones de proceso, se realizó el modelo de estandarización de los productos (Figura 1), teniendo en cuenta la incidencia de diferentes proporciones de ingredientes adicionales a la formulación tradicional, basadas en el 100% de almidón de achira o de mezcla harina trigo-almidón, según el caso, para finalmente establecer las formulaciones básicas de cada producto.

La materia prima utilizada fue: almidón de achira (475µm), queso campesino semigraso (22,5% grasa, 54% humedad) de pH 5,5 - 5,8, cuajada industrial semigrasa de pH 6,4, harina de trigo todo uso, margarina, huevos tipo A, sal refinada, panela granulada (425µm), azúcar común granulada y pulverizada, esencia de hinojo y polvo de hornear. Las variedades de almidón de achira, se seleccionaron teniendo en cuenta un ensayo preliminar realizado a 11 materiales donde las variedades Roja, Verde y Raizada procedentes de Cáqueza presentaron el mejor potencial panificable, además de su buena respuesta a la comercialización.

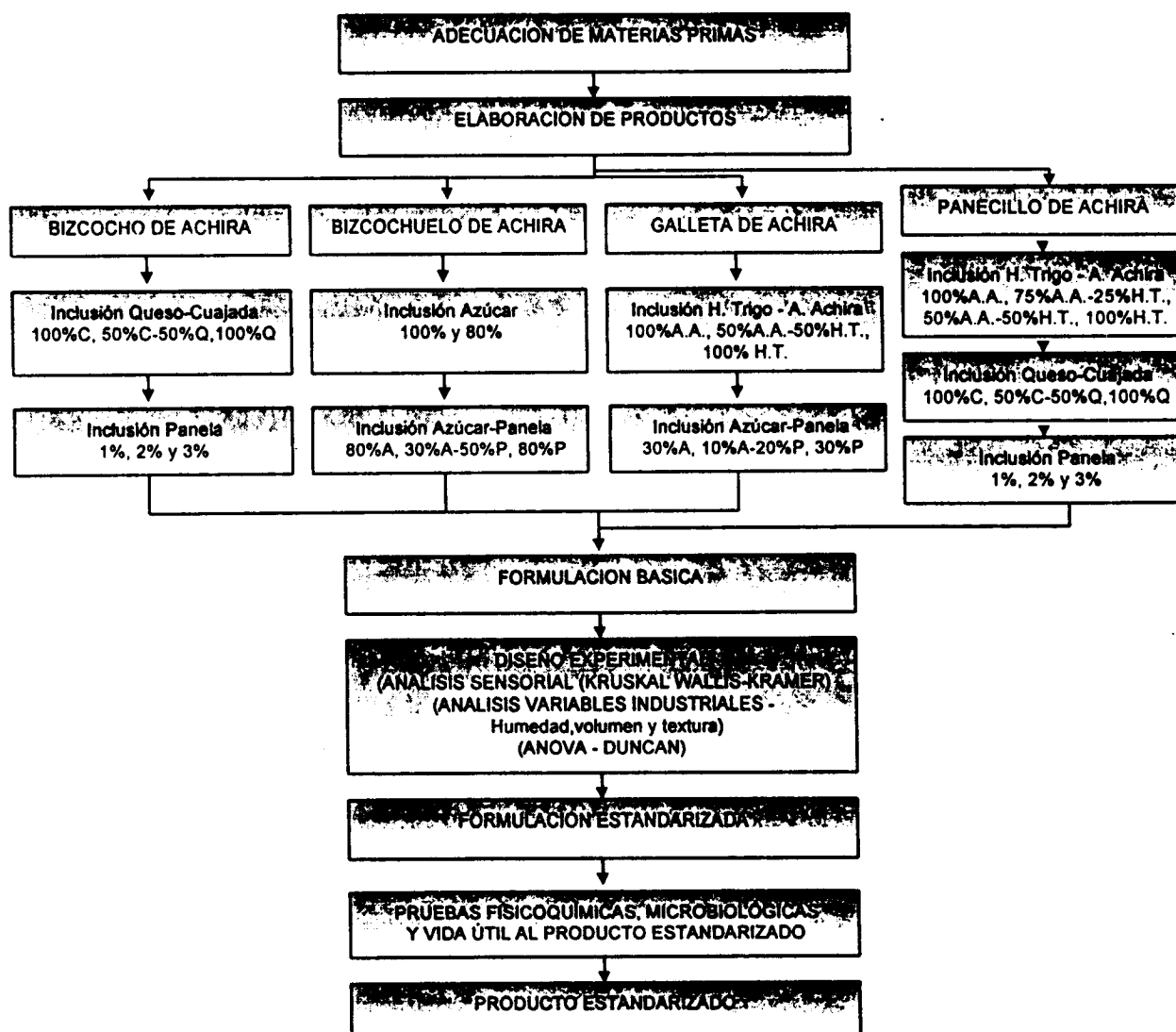


Figura 1. Diagrama de procedimientos para la estandarización de productos de achira

* Porcentaje tomado con base en la masa total del producto

Para el diseño experimental se establecieron nueve tratamientos o formulaciones teniendo en cuenta la interacción de almidones provenientes de las tres variedades seleccionadas por su potencial panificable y la modificación en las mezclas de los ingredientes con mayor influencia en el desarrollo de las características sobresalientes para cada producto.

El estudio se enfocó en la medición de dos conceptos importantes, primero una evaluación sensorial que tuvo en cuenta la opinión de mínimo 16 panelistas semientrenados para establecer su aceptación por los atributos de mayor percepción: presentación, color, aroma, textura, sabor, crocancia (en bizcocho), humedad y estructura interna (en panecillo) para determinar la preferencia por una determinada formulación. El segundo concepto buscaba la mejor formulación por variedad mediante la evaluación del comportamiento de variables de interés industrial: textura, humedad, volumen (bizcochuelo), expansión (galleta), pérdidas por cocción (panecillo), que para su análisis se realizaron por triplicado, obteniendo cada réplica a partir de diferentes hornos dentro de los cuales cada producto se ubicó en posiciones aleatorias. Complementariamente se determinó la existencia de interrelaciones para dichas variables industriales.

Después de conocer las formulación de mayor preferencia para los diferentes productos, se aplicó una prueba descriptiva con el fin de especificar las propiedades sensoriales de los mismos, información vital en la caracterización diferencial frente a otros productos similares.

Para la conformación de la ficha técnica descriptiva de cada uno de los productos formulados, se tuvo en cuenta su fotografía, definición, composición de la formulación, operaciones de proceso estandarizadas, caracterización de las propiedades sensoriales, fisicoquímicas y microbiológicas y determinación de vida útil.

3. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS ACTUALES DE PANIFICACIÓN

En la producción del bizcocho de achira, se observó un relativo balanceo en las diferentes formulaciones. Sin embargo, se destacaron los valores correspondientes a las bizcocherías ubicadas en Neiva por poseer formulaciones enriquecidas en cuajada, generadoras de productos con buena composición, alto nivel nutritivo y con características sensoriales aceptables, aunque con alto costo de producción. Las industrias urbanas, con un grado superior de tecnificación, poseen una línea de producción definida, con equipos como: congelador, balanza, prensa, ralladora, amasadora, molino, extrusora, dosificadora, hornos, escabiladeros y mesas de aluminio, frente a las pequeñas industrias artesanales, ubicadas en los municipios de Altamira y San Agustín, que escasamente utilizan como equipos de producción un molino casero adaptado a motor y un horno, generalmente de leña y en pocos casos de gas.

En el caso del panecillo de achira, la situación no es alentadora. A pesar de ser un producto con buena difusión y consumo en el oriente de Cundinamarca, no se ha enriquecido considerablemente en sus componentes. Las formulaciones tienen limitadas proporciones de cuajada y huevo, y una alta incorporación de almidón, lo cual se refleja en productos que, aunque de muy buen aroma y sabor, se tornan pálidos, muy duros, secos y de menor valor nutritivo. En cuanto a la inversión en nuevas técnicas de transformación, aunque es mínima, ha comenzado con el uso de refrigeradores y amasadoras en las plantas artesanales, complementando así la infraestructura molino con motor y horno de leña, a gas o eléctrico.

4. CARACTERIZACIÓN Y ADECUACIÓN DE LA MATERIA PRIMA BÁSICA

Antes de comenzar a establecer las diferentes formulaciones se realizó el análisis fisicoquímico y microbiológico de los principales ingredientes y posteriormente se procedió a adecuar las materias primas para mejorar entre sí su compatibilidad durante el proceso de panificación.

Considerando que el almidón de achira, el queso campesino y la panela se constituyen materias primas con mayor incidencia en el estado microbiológico de la masa, se les practicó los análisis fisicoquímicos y microbiológicos expresados en la Tabla 1, cuyos valores se encuentran entre los niveles de aceptación de acuerdo con los límites permitidos por las normas NTC 3228 para almidón de achira, resolución 01804 del Minsalud para queso campesino fresco y NTC 1311 para panela.

Tabla 1. Pruebas fisicoquímicas y microbiológicas de la materia prima

Análisis	V. Roja	V. Verde	V. Raizuda	Queso	Panela
Humedad, %	19,21	17,96	14,23	54,04	1,87
Cenizas, %	0,46	0,36	0,28	2,07	1,72
Grasa, %	0,32	0,3	0,24	22,50	--
Proteína, %	0,12	0,19	0,13	19,64	0,74
pH	5,5	5,9	5,7	5,7	6,0 [40%]
Coliformes totales, NMP/g	23	200	9	>2400	--
E. Coli, NMP/g	<3	<3	<3	<3	--
Staphyloco, UFC/g	--	--	--	<100	--
Hongos(H) y Levaduras (L), UFC/g	1300 H 200 L	1400 H 150 L	1500 H 120 L	--	--
Bacillus Cereus, UFC/g	<100	<100	100	--	--
E.C.S.R., UFC/g	<10	<10	<10	<10	--
Índice de aceptación	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable

La panela granulada se tamizó con una malla de 600µm, las partículas que no pasaron por la malla fueron pulverizadas y posteriormente mezcladas con las de menor tamaño, obteniéndose así panela granulada de 425µm. El almidón fue tamizado en una malla de 475µm, con el fin de retirar sus impurezas.

De este análisis se puede detectar el alto contenido de proteína y grasa que posee el queso, cuya aplicación en panificación complementa los bajos niveles presentes en los productos elaborados a partir de almidón de achira, sin embargo es importante controlar su humedad para evitar contaminaciones generadas por la misma. Con respecto al mayor contenido de cenizas, el queso junto a la panela ofrecen una buena cantidad, incrementando la calidad nutricional de los productos elaborados.

5. ESTABLECIMIENTO DE LA FORMULACIÓN DEL BIZCOCHO DE ACHIRA

5.1. Ensayos Preliminares

5.1.1. Determinación de la proporción de queso y cuajada en el bizcocho de achira. El propósito de este ensayo fue encontrar el ingrediente y cantidad apropiados, que dieran las mejores características al producto: buen sabor, textura arenosa y en especial, crocancia y estructura interna uniforme. Al emplear 100% de queso campesino fresco el producto presentó mejor apariencia y sabor, textura arenosa, crocancia agradable, estructura interna uniforme y mayor volumen, siendo estas características, propias de un bizcocho ideal.

Lo anterior se debe a que el queso posee menor humedad libre, mayor porcentaje de grasa y acidez que la cuajada tipo industrial. Cuando el bizcocho entra en contacto con el calor, se produce vapor de agua formándose una red de alvéolos, que es fuerte por la acidez y elástica y flexible por la grasa presente en el queso, formándose una estructura uniforme; mientras que la cuajada, con mayor humedad y menor proporción de grasa, forma una red débil e inelástica generando una estructura hueca en el producto.

5.1.2. Inclusión de panela en el bizcocho de achira. Se adicionó panela para dar al producto una mejor tonalidad, sin necesidad de recurrir a colorantes artificiales y para suavizar su estructura.

El porcentaje de panela, que aportó mejores características al producto fue el 2% sobre la masa total, obteniéndose mejor color y sabor; además, presentó estructura uniforme y textura suave y crocante. Esto se debe a que en esta proporción, se genera un punto de equilibrio entre la sal y la panela, resaltándose el aroma, sabor y color característicos de esta última, la cual por su composición química, produce reacciones de caramelización durante la cocción y tostado. Además, confiere suavidad a la textura, debido a que la solución de panela se distribuye en la masa y evita la evaporación total del agua de composición.

5.2. Desarrollo de la Formulación Estándar

Una vez definida las ventajas del queso sobre la cuajada y de la incorporación de la panela en la formulación, se procedió a definir el balance teniendo en cuenta la modificación en las mezclas de margarina y queso sobre 100% almidón de achira, con el fin de hallar la proporción adecuada para alcanzar un producto de buen color, sabor, textura y volumen, principalmente.

Además de las variables anteriores se realizó la evaluación sensorial sobre atributos tales como presentación, color, aroma, textura, sabor y crocancia, teniendo en cuenta, también, las variables industriales: volumen, textura y humedad en las muestras. En la Tabla 2 se muestra los tratamientos experimentales de acuerdo con los niveles de las variables a tratar.

Tabla 2. Plano experimental para selección de mejor formulación y variedad en bizcocho de achira

Fórmula	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Variedad almidón (100%)	Variedad roja			Variedad verde			Variedad raizuda		
Inclusión margarina, %	28	18	8	28	18	8	28	18	8
Inclusión queso, %	150	200	250	150	200	250	150	200	250

5.3. Evaluación Sensorial para el Bizcocho de Achira

En general, las formulaciones F1, F4 y F7 que poseían la menor proporción de queso y mayor de margarina (150% y 28%), y le brindaron al producto excelente sabor, textura y crocancia. A pesar de considerarse que con mayor cantidad de queso se podría alcanzar un mejor producto, su excesiva presencia produjo menor crocancia, mayor dureza y por consiguiente, poca arenosidad, debido a que al aumentar el contenido de humedad, ésta desbalanceó e inhibió la acción de los demás ingredientes facilitando la evaporación. Por el contrario, en las formulaciones destacadas, el mayor contenido de margarina, contribuyó al desarrollo de un sabor distintivo y además evitó la formación de una masa compacta, escamosa y fuertemente aglutinada.

Teniendo en cuenta la preferencia de los degustadores, se estableció la presencia de buenas características en todos los productos, en especial los elaborados con la variedad raizuda y su correspondiente formulación seleccionada F7, que debido a su menor contenido de humedad, proporcionó color agradable y buena textura y crocancia.

5.4. Análisis de las Variables Industriales para Bizcocho de Achira

Comparando las variables industriales de las mejores formulaciones seleccionadas (Tabla 3), la variedad raizuda, a pesar de conferir menor volumen, que aunque influye en el producto no es un factor determinante, generó bizcochos de menor humedad, proporcionando buenas características en textura y estructura, confirmando la preferencia del consumidor por dicha variedad.

Tabla 3. Variables industriales para el bizcocho de achira

Variedad	Tratamiento	Volumen, cm ³	Textura, N/cm ²	Humedad, %
Roja	1	21,09	3,25	4,01
Verde	2	19,77	3,50	3,46
Raizuda	3	19,34	3,00	3,21

5.5. Comparación con su Respectivo Competidor Comercial

Conociendo la formulación estandarizada se realizó una prueba de aceptación y preferencia con sus competidores comerciales (Achiras del Huila, Ramo y Carulla), para la cual, la muestra Corpoica, presentó buenas características organolépticas, la muestra Ramo una excelente textura y crocancia, la muestra del Huila aceptación normal y, finalmente, la muestra Carulla indicó la necesidad de mejorar textura y crocancia. Con relación a la preferencia dada por los degustadores, las formulaciones de Corpoica, Huila y Ramo, mostraron aceptación normal, mientras la muestra de Carulla tuvo bajo nivel de preferencia.

5.6. Ficha Técnica Descriptiva del Bizcocho de Achira

La ficha técnica descriptiva para el bizcocho de achira, desarrollada con base en la formulación de mayor preferencia, sus condiciones de proceso estandarizadas, caracterización de sus propiedades sensoriales, fisicoquímicas y microbiológicas y determinación de su vida útil se observa en la Figura 2.

FICHA TÉCNICA DESCRIPTIVA DEL BIZCOCHO DE ACHIRA



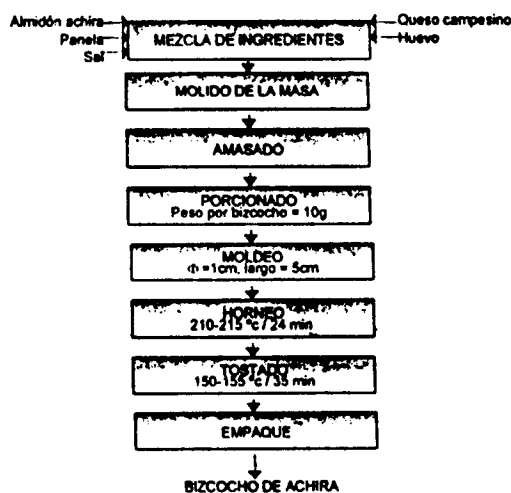
Definición

Es un producto elaborado con base en almidón de achira y queso como ingredientes principales, margarina y yema de huevo, sal y panela en menor grado de importancia.

Formulación estándar

Almidón de achira variedad raizuda, %	100,0
Queso campesino fresco semigraso (22,5% grasa) y pH 5,5 - 5,8, %	150,0
Margarina, %	28,0
Yema de huevo tipo A, %	8,0
Panela granulada diámetro 425 µm, %	6,4
Sal, %	1,6

Operaciones de proceso



Descripción sensorial

Presentación: Es un producto de forma cilíndrica uniforme, tamaño grande, de 5 cm de largo aprox.. de superficie arenosa, agradable y de color amarillo dorado uniforme.

Aroma: Suave pero definido a queso.

Sabor: residual a queso, bajo en grasa, nivel de sal adecuado y apetitoso.

Textura: Crocante, sensación arenosa y se deshace fácilmente en la boca.

Características fisicoquímicas

Extracto seco, %	98,6
Humedad, %	1,4
Cenizas, %	2,3
Proteína, %	16,4
Grasa, %	30,4

Características microbiológicas

Hongos y levaduras, UFC/g	<10
Mesófilos aerobios, UFC/g	<10
Coliformes totales, UFC/g	<10

Vida útil

Periodo, días	15
Temperatura almacenamiento, °C	17 - 22
Empaque:	polipropileno biorientado con calibre 0,3mm



Figura 2. Ficha técnica descriptiva del bizcocho de achira

6. ESTABLECIMIENTO DE LA FORMULACIÓN DEL BIZCOCHUELO DE ACHIRA

6.1. Ensayos Preliminares

6.1.1. Determinación del nivel de azúcar en el bizcochuelo de achira. La finalidad de este ensayo fue encontrar el nivel de azúcar adecuado para el producto. Se encontró que el 80% azúcar, aportó una estructura más cerrada, con alvéolos pequeños, estructura suave y sabor apropiado mientras que el nivel del 100% de azúcar presentó un producto de textura muy seca, frágil y demasiado dulce.

6.1.2. Adición de azúcar y panela al bizcochuelo de achira. La inclusión de panela se realizó con el fin de dar estabilidad y acentuar el color y sabor del producto, debido a que el empleo exclusivo de azúcar generó una estructura porosa, muy inestable, desmoronable, textura seca, alvéolos abiertos y deformes, desprendimiento de la corteza y color desagradable. La mejor combinación fue 50% de panela y 30% de azúcar, porque aportó al producto aroma acentuado, estructura abierta, corteza pareja y textura suave, debido al efecto de la panela sobre la propiedad de absorción, que le permite una mejor retención de humedad manteniendo por más tiempo su blandura inicial y retrasando el proceso de endurecimiento.

6.2. Diseño Experimental

En la Tabla 5 se observan los tratamientos establecidos para bizcochuelo de achira teniendo en cuenta la modificación en las mezclas de azúcar y panela sobre 100% almidón de achira, buscando la formulación adecuada incidente en un buen color, sabor, volumen, textura y resistencia, principalmente. Se realizó el estudio comparativo con base en el análisis sensorial de las variables presentación, color, aroma, sabor y textura, y teniendo en cuenta la evaluación del comportamiento de las variables industriales: volumen, textura y humedad en las muestras.

Tabla 5. Plano experimental para selección mejor formulación y variedad en bizcochuelo de achira

Fórmula	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Variedad almidón (100%)	Variedad roja			Variedad verde			Variedad raizuda		
Inclusión azúcar, %	30	40	80	30	40	80	30	40	80
Inclusión panela, %	50	40	0	50	40	0	50	40	0

6.3. Análisis Sensorial para el Bizcochuelo de Achira

En general, se prefirieron las formulaciones F1, F4 y F7 que poseían la mayor proporción de panela en la combinación 50% panela - 30% azúcar, ya que ésta brindó al producto excelente sabor, color, estabilidad y textura suave, debido principalmente, a las características propias de la panela.

Los degustadores mostraron agrado por los productos en general, pero la variedad roja con su formulación F1, tuvo mejores características globales, lo que generó en el producto una excelente preferencia, debido principalmente, a su presentación uniforme y textura más suave.

6.4. Análisis de las Variables Industriales para el Bizcochuelo de Achira

De acuerdo con los valores de interés industrial obtenidos para las formulaciones seleccionadas (Tabla 6), los productos de la variedad roja mostraron mayor humedad, factor reflejado en una buena presentación y en una textura suave y esponjosa, diferenciándose notablemente de las variedades verde y raizuda, respuesta que sustentó la preferencia del consumidor y que precisó una relación inversa entre humedad y variedad. Se demarcaron también diferencias en textura para el total de variedades, y para volumen específicamente, entre la roja y verde. Este comportamiento fue dado por la variedad del almidón, más no por la combinación de ingredientes, ya que todos los tratamientos poseían la misma formulación.

Tabla 6. Variables industriales para el bizcochuelo de achira

Variedad	Tratamiento	Volumen, cm ³	Textura, N/cm ²	Humedad, %
Roja	1	691,00	0,679	37,305
Verde	2	641,67	0,829	34,116
Raizuda	3	661,33	0,538	33,906

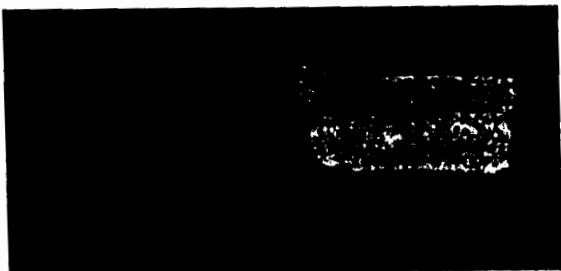
6.5. Comparación con su Competidor Comercial

Conociendo la formulación estandarizada, se realizó una prueba de aceptación y preferencia con el bizcochuelo artesanal del Huila, obteniéndose excelente preferencia por la muestra Corpoica por sus buenas características sensoriales, mientras la muestra de Huila mostró baja aceptación en todos sus atributos por tratarse de una formulación elaborada con sólo azúcar y claras de huevo, que originaron textura muy seca e inestable y un color muy pálido. Cabe anotar que este producto no tiene gran expansión en el mercado por falta de investigación y desarrollo.

6.6. Ficha Técnica Descriptiva del Bizcochuelo de Achira

La ficha técnica descriptiva para el bizcochuelo de achira, desarrollada con base en la formulación de mayor preferencia, sus condiciones de proceso estandarizadas, caracterización de sus propiedades sensoriales, fisicoquímicas y microbiológicas y determinación de su vida útil se observa en la Figura 3.

FICHA TÉCNICA DESCRIPTIVA DEL BIZCOCHUELO DE ACHIRA



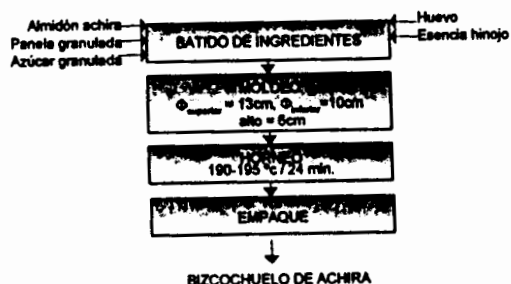
Definición

Es un producto elaborado con base en almidón de Achira, huevo, azúcar granulada, panela y esencia de hinojo.

Formulación estándar

Almidón de achira variedad roja, %	100,0
Huevo tipo A, %	150,0
Panela granulada diámetro 425 µm, %	50,0
Azúcar granulada, %	30,0
Esencia de hinojo, %	1,2

Operaciones de proceso



Descripción sensorial

Presentación: Es un producto cuya forma es similar a la de una torta, superficie porosa, corteza delgada, de color dorado oscuro uniforme; internamente es de color crema, de miga abierta y esponjoso.

Aroma: Suave pero definido a hinojo.

Sabor: Dulce, residual a esencia de hinojo.

Textura: Seca, esponjosa, uniforme de aire, se desmorona y deshace fácilmente en la boca.

Características fisicoquímicas

Extracto seco, %	69,5
Humedad, %	30,5
Cenizas, %	0,8
Proteína, %	6,8
Grasa, %	4,6

Características microbiológicas

Hongos y levaduras, UFC/g	<10
Mesófilos aerobios, UFC/g	<10
Coliformes totales, UFC/g	<10

Vida útil

Periodo, días	5
Temperatura almacenamiento, °c	17 - 22
Empaque:	polipropileno biorientado con calibre 0,3mm

Figura 3. Ficha técnica descriptiva del bizcochuelo de achira

7. ESTABLECIMIENTO DE LA FORMULACIÓN DE LA GALLETA DE ACHIRA

7.1. Ensayos Preliminares

7.1.1. Selección de la combinación harina de trigo - almidón de achira para la compactación ideal de la galleta. Este ensayo se realizó con el fin de obtener una galleta con mayor resistencia; ya que al utilizar 100% almidón de achira, la galleta se torna demasiado frágil, de estructura dispareja, superficie quebradiza, alvéolos grandes, textura seca y con poca expansión; debido a que el almidón, al no contener proteína que lo estructure, necesita de alimentos, como la harina de trigo y huevo, que si la posean, para formar durante el horneo, un complejo elástico extensible que, en conjunto con la gelatinización del almidón, de consistencia y estabilidad a la red que se forma.

Por consiguiente, se hizo necesario adicionar harina de trigo en diferentes proporciones para contrarrestar este defecto. Se buscó, entre varias combinaciones trigo - achira, la proporción que brindará mejor estructura, textura y expansión, encontrándose como combinación ideal H. trigo 50% - A. achira 50%, aportando a la galleta mayor expansión, superficie lisa, textura suave y firme, y disminución en temperatura y tiempo de horneo (190 - 195°C * 17 min).

7.1.2. Adición de la combinación azúcar - panela en la galleta de achira. Se procedió a incluir panela, con el fin de acentuar el sabor y color, y para mejorar demás atributos de la galleta, ya que con sólo azúcar, el producto presentaba tonalidad pálida, sabor débil y textura seca y arenosa.

Al comparar las proporciones en cada una de las fórmulas, la que aplicó panela 20% - azúcar 10%, mostró mayores ventajas sobre las demás, debido a su mejor tonalidad, sabor, apariencia externa y masa de fácil manejo, puesto que la panela en combinación con el azúcar, actúa como retenedor de humedad, mejorando su masticabilidad, suavidad y color en la corteza.

7.2. Diseño Experimental

Los tratamientos establecidos para la galleta de achira se visualizan en la Tabla 8, teniendo en cuenta la modificación en las mezclas de margarina y huevo sobre 100% almidón de achira, con el fin de hallar la proporción adecuada para alcanzar principalmente, buen color, sabor, textura y consistencia en el producto. Se realizó el estudio comparativo con base en el análisis sensorial de las variables presentación, color, aroma, sabor y textura, y teniendo en cuenta la evaluación del comportamiento de las variables industriales: expansión, textura y humedad, en las muestras.

Tabla 8. Plano experimental para seleccionar la mejor formulación y variedad en galleta de achira

Fórmula	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Variedad almidón (50%) - Harina trigo (50%)	V. roja - H.trigo			V. verde - H.trigo			V. raizuda - H.trigo		
Inclusión margarina, %	30	35	40	30	35	40	30	35	40
Inclusión huevo, %	16	11	6	16	11	6	16	11	6

7.3. Análisis Sensorial para la Galleta de Achira

En general, se observó preponderancia por las formulaciones F3, F6 y F9, que poseían la mayor proporción de margarina en la combinación 40% margarina - 6% huevo, ya que ésta le brindó al producto excelente sabor, color, estabilidad y textura suave, debido a las características propias de la margarina.

Se pudo detectar en los degustadores buena aceptación por el total de los productos, pero la variedad roja con su correspondiente formulación seleccionada F3, tuvo mejores características globales, resultando un producto con rotunda preferencia, debido a su presentación uniforme y textura más suave.

7.4. Análisis de las Variables Industriales para la Galleta de Achira

Comparando las variables industriales de las mejores formulaciones seleccionadas (Tabla 9), la variedad raizuda, con menor contenido de humedad y con mayor expansión, es decir, mayor área de evaporación, generó productos con mayor compactación y resistencia en textura pero con tal dureza que no logró la aceptación del consumidor, respuesta que se confirmó con los resultados del análisis sensorial, donde se evidenció la preferencia por la variedad roja, debido a su textura desmoronable y marcada diferencia en humedad con respecto no sólo a la variedad raizuda sino a la verde. Mientras que se apreció una relación inversa entre humedad y expansión y directa entre variedad y textura. De lo anterior se pudo considerar que la variedad influyó en todos los tratamientos y no la formulación, ya que esta fue la misma en todos los casos.

Tabla 9. Variables industriales para la galleta de achira

Variedad	Tratamiento	Expansión, cm ³	Textura, N/cm ²	Humedad, %
Roja	1	89,628	0,2721	3,0150
Verde	2	92,208	0,3030	2,5488
Raizuda	3	94,870	0,3552	2,4797

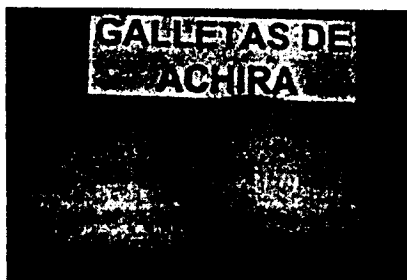
7.5. Comparación con su Respectivo Competidor Comercial

Conociendo la formulación estandarizada, se realizó una prueba de aceptación y preferencia con su respectivo competidor comercial (Galleta La Alemana). Entre las muestras no se hallaron diferencias significativas, posicionándose ambas en un rango normal de preferencia.

7.6. Ficha Técnica Descriptiva para la Galleta de Achira

La ficha técnica descriptiva para la galleta de achira desarrollada con base en la formulación de mayor preferencia, sus condiciones de proceso estandarizadas, caracterización de sus propiedades sensoriales, fisicoquímicas y microbiológicas y determinación de su vida útil se observa en la Figura 4.

FICHA TÉCNICA DESCRIPTIVA DE LA GALLETA DE ACHIRA



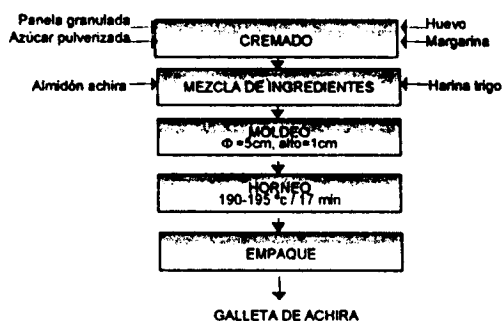
Definición

Es un producto elaborado con base en almidón de achira, harina de trigo, margarina, huevo, azúcar pulverizada y panela.

Formulación estándar

Almidón de achira variedad roja, %	50
Harina de trigo, %	50
Margarina, %	40
Panela granulada diámetro 425µm, %	20
Azúcar pulverizada, %	10
Huevo, %	6

Operaciones de proceso



Descripción sensorial

Presentación: Es un producto de forma redonda, de diámetro 5 cm y grosor homogéneo de 1 cm aprox., superficie rugosa, compacta, de color crema pálido y apetitosa.

Aroma: Suave pero definido a margarina.

Sabor: Dulce, suave, bajo en grasa con un tono fecular, casero.

Textura: Polvorosa, quebradiza, se desmorona con facilidad.

Características fisicoquímicas

Extracto seco, %	96,6
Humedad, %	3,4
Cenizas, %	0,7
Proteína, %	4,9
Grasa, %	21,5

Características microbiológicas

Hongos y Levaduras, UFC/g	<10
Mesófilos aerobios, UFC/g	<10
Coliformes totales, UFC/g	<10

Vida útil

Período, días	15
Temperatura almacenamiento, °c	17 - 22
Empaque:	polipropileno biorientado con calibre 0,3mm

Figura 4. Ficha técnica descriptiva de la galleta de achira

8. ESTABLECIMIENTO DE LA FORMULACIÓN DEL PANECILLO DE ACHIRA

8.1. Ensayos Preliminares

8.1.1. Selección de la adición harina de trigo - almidón de achira en panecillo de achira. Pretendiendo mejorar la textura áspera, seca y dura, y la estructura dispareja de la miga del pan "tradicional" de sagú o achira, cuyo empleo habitual de almidón de achira es del 100% en la formulación; se consideró la incorporación de harina de trigo aprovechando las propiedades estructurales que posee su proteína o gluten. Después de realizar diferentes sustituciones, prevaleciendo el mayor aprovechamiento del almidón de achira, la proporción 25% harina de trigo - 75% almidón se destacó por aportar al panecillo textura más blanda, suave y arenosa, y desarrollar mayor fuerza, elasticidad y poder estructural interno, sin incidir en su aroma y sabor característicos. La presencia de harina de trigo en la mezcla implicó la adición de mayor humedad, compensada con la suplementación de huevo, enriqueciendo, además, el producto.

8.1.2. Variación queso - cuajada en el panecillo de achira. El objeto de esta sustitución fue transferir las propiedades de fundido y elasticidad propias de estos productos lácteos, al panecillo de achira, para mejorar la distribución y apariencia del relleno y las propiedades de la masa, especialmente textura de la miga, además de ayudar a su expansión.

Se llevó a cabo una prueba inicial para conocer el grado de fundido de la cuajada tipo industrial y queso en el relleno, en el primer caso, al poseer muy bajo nivel de grasa, la cuajada no se fundió y conservó su forma durante todo el horneado, sin desplazarse a la superficie, efecto contrario presentó el queso campesino de pH 5,5 - 5,8 y de composición semigrasa (22,5% de grasa), que al fundirse se distribuyó uniformemente sobre la superficie, constituyendo el atractivo propio del producto.

En lo referente a la composición de la masa, la cuajada tipo industrial, caracterizada por no poseer sal y si un alto contenido de humedad, con bajo contenido de grasa y un pH de 6,4, originó una estructura más compacta y seca al panecillo, en consecuencia, una significativa dureza y menor volumen. La mezcla queso - cuajada, a pesar de contribuir en la mejor distribución de la miga, generó una textura áspera y seca y no estimuló el crecimiento del mismo, resultado de la pérdida de humedad proveniente de la cuajada. Finalmente, se prefirió el empleo de queso semigraso campesino, que por su menor contenido de humedad y mayor presencia de grasa (22,5%) y acidez (5,5 - 5,7), además de proporcionar buenas cualidades en estructura y crecimiento, junto a la acción de la harina de trigo, suavizó la textura interna, redundando en un buen producto.

8.1.3. Adición de panela en el panecillo de achira. Los productos elaborados con almidón de achira y entre ellos el panecillo, originalmente presentan tonalidad pálida a pesar de hornearse adecuadamente. La aplicación de panela granulada al 2% con base en la mezcla almidón 75% - harina de trigo 25%, aportó mejor coloración debido a las reacciones de pardeamiento que desarrolló durante el horneado, disminuyendo el tiempo de cocción de 24 a 22 min a una temperatura constante de 235 - 240 °c, suavizó la textura de la miga debido a su propiedad de retención de humedad y finalmente, suministró equilibrio sal / dulce en su sabor.

8.2. Diseño Experimental

En la Tabla 11 se observan los tratamientos establecidos para panecillo de achira teniendo en cuenta la modificación en las mezclas de margarina y huevo sobre 100% almidón de achira, buscando la formulación adecuada incidente en un buen color, sabor, estructura y textura finales, principalmente. El estudio comparativo entre formulaciones se realizó con base en el análisis sensorial de las variables presentación, color, aroma, sabor, textura y humedad, y teniendo en cuenta la evaluación del comportamiento de las variables industriales: pérdidas por cocción, textura y humedad en las muestras.

Tabla 11. Plano experimental para seleccionar mejor formulación y variedad en panecillo de achira

Fórmula	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Variedad almidón (75%) - Harina trigo (25%)	V. roja - H.trigo			V. verde - H.trigo			V. raizuda - H.trigo		
Inclusión margarina, %	16	20	24	16	20	24	16	20	24
Inclusión huevo, %	11	7	2,6	11	7	2,6	11	7	2,6

8.3. Análisis Sensorial para el Panecillo de Achira

En general, se mostró predilección por las formulaciones F3 y F9 que poseían la mayor proporción de margarina en la combinación 24% margarina - 2,6% huevo, ya que éstas, además de contribuir en el color y sabor agradables, impartieron principalmente, suavidad a la textura. Comportamiento debido en gran parte a la margarina, cuya agua de composición, por hallarse en emulsión, se evaporó con mayor dificultad en el horneado, factor que sumado al cambio de estado de su grasa por efecto del calor (sólido a líquido), facilitó su difusión a través de la estructura del panecillo confiriéndole mayor suavidad. La formulación F5 con diferente proporción (20% margarina - 7% huevo), pese a la menor cantidad de margarina, presentó igual aceptación, con características probablemente impartidas por el huevo adicionado en mayor porcentaje con respecto a las otras formulaciones, generando buena gustosidad y constituyendo un producto estructurado y consistente al coagularse por el calor.

Los degustadores mostraron buena aceptación por todos los productos, a pesar de la sensación seca y arenosa propia del almidón, sobresaliendo la variedad raizuda F9, que reflejó mejores atributos, transfiriendo mejor color, presentación agradable, estructura uniforme y mayor suavidad.

8.4. Análisis de las Variables Industriales para el Panecillo de Achira

De acuerdo con los valores de interés industrial obtenidos para las formulaciones seleccionadas (Tabla 12), el producto más húmedo fue el de la variedad verde con almidón de 17,96% de humedad sumado a la mayor adición de huevo, que al generar un mayor delta de pérdidas por horneado, y por endurecimiento frente a la evaporación, presentó menor resistencia a la compresión, mostrando textura más consistente, pero desmoronable y estructura inelástica. Caso contrario al de la formulación de la variedad raizuda, conformada por almidón de 14,23% de humedad y menor proporción de huevo, cuyo producto mostró mayor equilibrio margarina - huevo prefiriéndose para consumo por la mayor suavidad en su textura. Por consiguiente, la variedad con la cual se elaboró el producto, incidió de forma directa sobre la humedad de la formulación. Para las variables porcentaje de pérdidas por horneado y textura se apreció un comportamiento muy similar entre variedades.

Tabla 12. Variables industriales para el panecillo de achira

Variedad	Tratamiento	Textura, N/cm ²	Humedad, %	Pérdidas horneo, %
Roja	1	3,76	22,39	16,57
Verde	2	3,26	24,37	17,48
Raizuda	3	3,49	21,43	17,1

8.5. Comparación con su Respectivo Competidor Comercial

Conociendo la formulación estandarizada, se realizó una prueba de aceptación y preferencia con su respectivo competidor comercial (Panecillo de Quetame), Para la cual la muestra Corpoica presentó una mejor aceptación que la de Quetame, posicionándose en un rango normal de preferencia, mientras que la muestra de Quetame no agradó, principalmente, por su aroma. Dentro de las características sobresalientes de la muestra Corpoica, se detectaron su mejor presentación, aroma y sabor característico a queso, además de su textura suave pero arenosa y la destacada presencia de buena cantidad de nutrientes dada por los ingredientes que la componen.

8.6. Optimización de la Formulación Estándar del Panecillo de Achira

En cuanto a la formulación estandarizada, la textura, atributo de mayor incidencia en la aceptación del consumidor, a pesar de haber sido mejorada con respecto a las formulaciones tradicionales, presentó en menor proporción, un nivel de sequedad, arenosidad y desmoronamiento característico, inherente a las propiedades del almidón. Para subsanar este inconveniente, se realizó un nuevo estudio comparativo, basado en la variación de la proporción de queso semigraso campesino, en la formulación (Tabla 13), con respecto a la mezcla almidón 75% - H. trigo 25%.

Tabla 13. Formulaciones con inclusión de queso para la optimización de la formulación estándar

Formulación	FA	FB	FC
Inclusión de queso, %	100	150	180
Interpretación	Estándar (Baja)	Intermedia	Alta

8.7. Análisis Sensorial Aplicado en la Optimización de la Formulación Estándar

El análisis sensorial determinó la preferencia por la formulación FC, constituida por la mayor proporción de queso, que le confirió presentación externa llamativa por su color dorado, aroma y sabor intenso, además de su textura suave y esponjosa, con alvéolos de distribución uniforme. El queso, como aditivo de mayor proporción en la formulación, transfirió aroma y sabor agradables acentuados debido a su intervalo óptimo de acidez, pH 5,5 a 5,8 y en conjunto con su proteína (19,64%), nivel graso (22,5%) y humedad intermedia (54,04%), mejoró notablemente la textura y estructura al dispersarse con facilidad en la masa durante el horneo. Cabe anotar que este mismo tipo de queso se utilizó para rellenar panecillo e igualmente mostró buenos resultados en sus atributos.

Los productos elaborados con la formulación FC alcanzaron una excelente aceptación por parte de los degustadores, mientras que en la formulación FA, el nivel de resequedad y dureza, definió su menor calificación, confirmándose el importante efecto regenerador del queso sobre el total de las características del panecillo. Por otra parte, la formulación FB mostró características intermedias, de buena aceptación: corteza dorada, equilibrio en el sabor, principalmente, queso - achira y textura blanda, levemente suave y harinosa, considerándose importante por conservar las características del almidón de achira, que con una mayor proporción de queso tienden a enmascararse.

8.8. Análisis de las Variables Industriales para la Optimización de la Formulación Estándar

Comparando las variables industriales de las formulaciones a optimizar (Tabla 14), las marcadas diferencias por humedad y textura confirmaron el beneficioso efecto de una mayor adición de queso sobre la misma proporción de los demás ingredientes de la formulación estándar, expresado en muy buen comportamiento a nivel sensorial, que se confirma además, por poseer una textura sobresaliente frente a las demás formulaciones. De lo anterior, se establece una relación directa entre humedad del producto y proporción de queso adicionada y entre el queso y la textura, mientras que entre humedad y textura ésta es menor. Por consiguiente, con la mayor adición de queso semigraso campesino en la formulación, necesariamente se incorporó mayor humedad, y en dicha proporción, complementó los requerimientos de todos los componentes de la formulación, de modo que se originó un mejor balance entre la humedad que necesitó la masa para alcanzar buena textura y la que perdió en el horneado, así, existió la posibilidad de distribuirse libre y uniformemente permaneciendo en el producto aún después del horneado, lo que incidió en su posterior suavidad, esponjosidad y mayor resistencia a la compresión, por efecto de su significativa elasticidad.

Tabla 14. Variables industriales establecidas en la optimización de la formulación estándar

Formulación	Inclusión queso, %	Textura, N/cm ²	Humedad, %	Pérdidas horneado, %
FA	100	3,49	21,4	20,8
FB	150	4,05	23,6	20,0
FC	180	11,63	23,9	21,4

8.9. Ficha Técnica Descriptiva para el Panecillo de Achira

La ficha técnica descriptiva para el panecillo de achira, desarrollada con base en la formulación de mayor preferencia, sus condiciones de proceso estandarizadas, caracterización de sus propiedades sensoriales, fisicoquímicas y microbiológicas y determinación de su vida útil se observa en la Figura 5.

FICHA TÉCNICA DESCRIPTIVA DEL PANECILLO DE ACHIRA



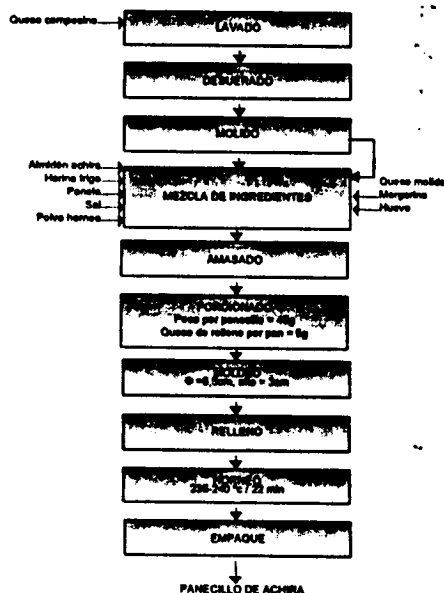
Definición

Es un producto elaborado con base en almidón de achira enriquecido con queso principalmente, e ingredientes como harina de trigo, margarina, huevo, panela, sal y polvo de hornear.

Formulación estándar

Almidón de achira variedad raizuda, %	75,0
Harina de trigo, %	25,0
Queso campesino fresco semigraso (22,5% grasa y pH 5,5 – 5,8), %	180,0
Margarina, %	24,0
Huevo tipo A, %	2,6
Panela granulada diámetro 425 µm, %	2,0
Sal refinada, %	0,3
Polvo de hornear, %	1,0

Operaciones de proceso



Descripción sensorial

Presentación: Es un producto de forma redonda voluminosa, con diámetro aproximado de 7 cm, de superficie dorada y aspecto aterciopelado, que posee queso derretido en la superficie, formando una capa de color entre café y amarillo. Su apariencia es blanda y esponjosa.

Aroma: Inmediato, intenso a queso (lácteo-ácido) con un leve componente de almidón y margarina.

Sabor: a queso, un poco ácido y levemente se siente el sabor a almidón, la liberación del sabor es rápida y permanece.

Textura: suave, de sensación esponjosa y blanda.

Sensación: deja sabor residual a queso (lácteo) y una sensación levemente seca.

Características fisicoquímicas

Extracto seco, %	76,13
Humedad, %	23,87
Cenizas, %	2,45
Proteína, %	14,43
Grasa, %	22,53
pH	5,71

Características microbiológicas

Hongos y Levaduras, UFC/g	<10
Mesófilos aerobios, UFC/g	<10
Coliformes totales, UFC/g	<10

Vida útil

Período, días	7
Temperatura almacenamiento, °c	17 - 22
Empaque:	polipropileno biorientado con calibre 0,3mm



Figura 5. Ficha técnica descriptiva del panecillo de achira

9. CONCLUSIONES

Aunque el bizcocho tradicional de achira se ha consolidado como un producto de gran importancia en la economía del Huila, sus prácticas de producción, tanto en procedimientos como en equipos, aún se hallan en un nivel tecnológico muy incipiente, ya que sólo la minoría se constituye como empresa distribuida por secciones individuales para cada operación y con equipos modernos correspondientes.

El panecillo de achira, a pesar de considerarse una opción viable de transformación y aprovechamiento del rizoma, en la actualidad se produce en pocas zonas del oriente de Cundinamarca y en condiciones poco desarrolladas, caracterizándose por la adecuación de una única área para la elaboración de todas las operaciones del proceso, y el empleo de equipos y utensilios aún rudimentarios.

El análisis fisicoquímico del almidón de achira reportó un bajo contenido proteico (0,15%); sin embargo, sus productos estandarizados (bizcocho, bizcochuelo, galleta y panecillo), se constituyen en una muy buena alternativa alimenticia, ya que sus formulaciones incorporan ingredientes con buen aporte nutricional (queso y huevo) y energético (panela).

El total de productos estandarizados reflejó buena expresión en las cualidades panificables constituidas por humedad, volumen, textura, expansión y pérdidas por cocción, al igual que en sus características sensoriales tales como sabor, aroma, color, textura y presentación, a través de todo el estudio evaluativo aplicado en la investigación.

La formulación para el bizcocho de achira de mayor aceptación por los consumidores, fue aquella en la que se utilizó principalmente 150% queso campesino fresco, 28% margarina y 100% almidón variedad raizada, presentando características propias tales como color dorado, aroma y sabor a queso, estructura interna uniforme y textura suave, arenosa y crocante.

En la elaboración del bizcocho de achira, la humedad del producto en sí y del almidón utilizado dentro de la formulación estándar balanceada, representan los factores de mayor importancia en la consecución de su estructura suave quebradiza y textura crocante, así, aunque la variedad raizada, por su menor humedad generó menor volumen, constituyó productos con atributos de mayor aceptación para consumo.

Según la composición fisicoquímica del bizcocho de achira, éste es un producto enriquecido y nutritivo por acción de sus ingredientes, primordialmente el queso, que le aporta alto porcentaje de proteína.

La formulación del bizcochuelo de achira de mayor aceptación y preferencia por los consumidores, incorporó principalmente 30% de azúcar granulada, 50% de panela granulada y 100% de almidón, variedad roja, presentando características sensoriales agradables como superficie externa de color dorado oscuro y miga interna de tonalidad amarillo crema, estructura esponjosa, textura elástica, suave y agradable sabor y aroma a hinojo.

La producción de un bizcochuelo de achira con presentación atractiva, poca resequeidad y textura suave y esponjosa, propiedades correspondientes a los productos elaborados con la variedad roja, depende de su humedad y la del almidón empleado dentro de la formulación estándar balanceada.

La composición fisicoquímica indicó que el bizcochuelo de achira por ser elaborado con ingredientes como almidón de achira, azúcar, panela y alta proporción de huevo, puede considerarse con doble funcionalidad, principalmente como un producto energético, cualidad dada por los carbohidratos y en menor escala como formador, por su nivel de proteína.

La formulación de la galleta de achira más preferida por los consumidores fue la elaborada principalmente con 40% de margarina, 6% de huevo, 50% de harina trigo y 50% de almidón variedad roja, presentando tonalidad crema, aroma y sabor a margarina, textura suave y desmoronable al paladar.

Para obtener una galleta de achira de textura arenosa y buena resistencia, la influencia de la humedad propia y del almidón de elaboración en la formulación estándar balanceada, es vital ya que a mayor valor existirá menor expansión y por consiguiente, menor evaporación que endurezca la galleta, de ahí que los productos de la variedad roja al poseer estas características, reflejan mayor aceptación por el consumidor.

De acuerdo con la composición fisicoquímica de la galleta de achira, ésta se constituye en un alimento altamente energético, que por ser un pasaboca agradable, generalmente se consume con alimentos de buen contenido proteico como leche y derivados, que la complementan y la hacen nutritiva.

La formulación del panecillo de achira que mostró mayor preferencia por los consumidores fue la conformada primordialmente por 180% de queso semigraso campesino, 24% de margarina, 2,6% de huevo y mezcla de 75% almidón de la variedad raizuda y 25% harina de trigo, caracterizada por presentar corteza dorada uniforme, superficie lisa y aterciopelada, de aroma y sabor intenso a queso con leve acidez y menor sensación a achira, de textura suave, blanda, esponjosa y levemente seca.

La textura semihúmeda, suave y blanda deseable en el panecillo de achira depende de su humedad y la de su almidón, que en la adecuada combinación margarina - huevo de su formulación estándar, confiere además una presentación agradable y estructura uniforme en especial para la variedad raizuda.

La optimización de la formulación estandarizada para el panecillo de achira, en lo referente a un mayor equilibrio en suavidad, elasticidad y esponjosidad determinó la importancia de la relación directa entre humedad y proporción de queso incorporada y entre esta última y textura, siendo la mayor proporción de queso, la que balancea mejor los requerimientos de humedad en el producto y en el medio circundante durante el horneado, confiriendo presentación llamativa externa (color dorado), intensidad en el aroma y sabor y textura suave y esponjosa, con alvéolos de distribución uniforme.

La composición fisicoquímica del panecillo de achira lo clasifican como un producto con buena respuesta nutricional, destacándose por su valor proteico y principalmente energético, con un contenido de grasa medio, características aportadas por sus ingredientes, en especial queso y margarina, incorporados en la formulación.

El período máximo de vida útil para el bizcocho y la galleta de achira es de 15 días a 22°C, catalogándose como alimentos poco perecederos, mientras que para el panecillo y bizcochuelo de achira las características organolépticas originales, se conservaron por 7 y 5 días a temperatura ambiente y 22°C, respectivamente, por lo que se consideran moderadamente perecederos.

Aunque el almidón de achira, por sus propiedades fisicoquímicas y panificables, responde a las exigencias de aplicación panadera tanto para los pequeños productores como para la gran industria, su nivel de pureza de extracción debe mejorar, para evitar posibles problemas de producción.

Las variedades promisorias tanto a nivel fisicoquímico como de aplicación alimenticia: roja y raizuda principalmente, no se diferencian de forma significativa en su comportamiento, por consiguiente, pueden ser aplicadas indiferentemente en la elaboración de productos panificados, e incluso se pueden mezclar, sin causar modificaciones en los resultados finales.

Los productos panificados obtenidos a partir del almidón de achira, se caracterizan fundamentalmente por provocar una sensación semiseca al paladar, que fácilmente se neutraliza con el consumo adicional de productos líquidos enriquecidos.

10. BIBLIOGRAFÍA

ARIAS, Sandra L. y RIVERA, Alba E. Determinación de las Posibilidades de Utilización de Tubérculos Autóctonos Colombianos en la Elaboración de Productos Horneados. Santafé de Bogotá D.C.: CORPOICA, 1997. 9 p.

ASOCIACION NACIONAL DE INDUSTRIALES. Normas y Procedimientos Reglamentarios de la Industria de Alimentos. Cámara de la Industria de Alimentos. Santafé de Bogotá D.C., ANDI, 1995. (INVIMA 250, 253, 1241).

BELITZ, Hans Dieter y GROSCH, Werner. Química de los Alimentos. Zaragoza: Acribia, S.A., 1985. p. 433 - 436.

CALAVERAS, Jesús. Tratado de Panificación y Bollería. Madrid: AMV Ediciones, 1996. p. 151 - 159.

CHARLEY, Helen. Preparación de Alimentos: Su Tecnología. México: Ediciones Orientación S.A. de C.V., 1990. p. 435 - 440.

DUNCAN, Manley. Tecnología de la Industria Galletera. Zaragoza: Acribia S.A., 1989. p. 213 - 217.

ESTRADA, S. J. et al. Estudio Técnico – Económico de la Elaboración de Productos Estables de Arracacha. Santafé de Bogotá D.C., 1984. p. 55 – 90.

GARCIA, Hugo R. et al. La Panela Biológica: Recomendaciones para Su Obtención. Cundinamarca - Boyacá: CORPOICA, 1997. p. 5 - 8.

HOSENEY, R. Carl. Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales. Zaragoza: Acribia S.A., 1991. p. 245 - 259.

HURTADO, Jhon Jairo. 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. Santafé de Bogotá, D.C.: Universidad Jorge Tadeo Lozano – CIAT – CIRAD-SAR, 1997. 164p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Industrias Alimentarias. Almidón de Achira. Santafé de Bogotá D.C.: ICONTEC, 1989, 6 p. (NTC 3228).

MADRID, Vicente A. Manual de Industrias Alimentarias. Madrid: AMV Edic., 1989. p. 147, 457 - 459.

MINISTERIO NACIONAL DE SALUD. Galleta. Santafé de Bogotá D.C.: MINSALUD, 1984. 4p. (Decreto 11488).

MINISTERIO DE SALUD. Queso Fresco. Santafé de Bogotá: MINSALUD, 1989. 5p. (Res. 01804).

MONTALDO, A. Cultivos de Raíces y Tubérculos Tropicales. San José de Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 1991. 2ª ed. 407 p.

MONTAÑÉS, Johanna y SALGUERO, Mónica. Estandarización de la Formulación de Bizcocho, Bizcochuelo y Galleta Elaborados a Partir del Almidón de Achira. Santafé de Bogotá: CORPOICA - Universidad de La Salle, 1998. 116p.

QUAGLIA, Giovanni. Ciencia y Tecnología de la Panificación. Zaragoza: Acribia, 1991. p. 31 - 46.

RUALES, J. Caracterización de las Propiedades Reológicas y Nutricionales del Almidón Nativo y Gelatinizado de Achira. Conferencia Internacional en Biodisponibilidad de Nutrientes. Quito (Ecuador): Escuela Politécnica Nacional, 1-3 de marzo de 1995. p. 179 - 188

WALPOLE, Ronald E. y MYERS, Raymond H. Probabilidad y Estadística. México: Mc. Graw Hill, 1995. p. 484 - 487, 643 - 645.

WATTS, B. M. et al. Métodos Sensoriales Básicos para la Evaluación de Alimentos. Ottawa - Canadá: International Development Research Centre, 1992. p. 52 - 67.

EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS

Blanca Lilliana Useche Contreras¹

En la actualidad las empresas de alimentos han comenzado a utilizar la evaluación sensorial como uno de los puntos primordiales en el control de calidad, obteniendo de forma rápida una información global sobre el producto. Complementando estos resultados con los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, pueden dar una información integral sobre la calidad del producto final.

Desde la antigüedad las sensaciones de olor y sabor han influenciado el desarrollo de la humanidad y sus hábitos alimenticios, así el hombre prehistórico cambió sus costumbres de acuerdo con la alimentación con que contara, alcanzando el sedentarismo al descubrir los cereales y comenzar a cultivarlos; en el antiguo Egipto el uso de esencias hacía parte de sus ritos y cultos siendo empleadas por las clases jerárquicas; en la Biblia existen registros del uso de inciensos y aceites para purificar y alabar dentro de los ritos de los judíos, en la China era de gran importancia el uso de especias en la alimentación, entre otros hechos.

Siendo tan importantes estas características en los alimentos, sólo se tomaron como herramienta de investigación a partir de la segunda guerra mundial, presentándose rechazos de las tropas a las raciones enviadas, éstas aunque se encontraban calculadas para los requerimientos alimenticios de los soldados, no eran aceptadas. Usando el análisis sensorial se encontró que el problema consistía en el cambio de las propiedades de los alimentos durante el transporte, factor que influenciaba la aceptación del producto.

En este escrito se intenta hacer un breve resumen sobre el análisis sensorial y crear nuevas expectativas entre los lectores que quieran profundizar en este tema.

1. IMPORTANCIA

La importancia de la Evaluación Sensorial en la industria alimentaria consiste en su empleo como instrumento para encontrar la aceptabilidad de un producto por el consumidor, disminuir costos usando muestras para análisis de preferencia, hallar la aceptación de un producto calificando sus características mediante diferentes tipos de pruebas, además, de usar las respuestas sensoriales para el desarrollo de nuevos olores, control de alteraciones en el producto por almacenamiento, adición de preservativos, fortificantes y también en la detección de contaminantes, entre otros.

La evaluación sensorial necesita de un panel de degustadores como instrumento, que a nivel industrial puede ser entrenado o especializado de acuerdo con los resultados que se desean obtener y que a nivel de consumidor, se realiza cuando se requiere hacer un estudio del mercado.

¹ Química. Especialista Estadística. Jefe del Laboratorio de Análisis Sensorial. Departamento de Control de Calidad. CARULLA & CIA. S. A.

Al realizar un análisis se deben tener en cuenta varios factores que pueden influir en la evaluación, como la selección de los panelistas, que deben ser personas con ganas de colaborar, de buena salud, que tengan buena memoria sensorial y que no estén involucradas con la elaboración del producto; la preparación y presentación de la muestra al degustador; la selección del test más adecuado, de acuerdo con lo que se quiera analizar de la muestra y la elección de un método conveniente para el análisis de los resultados.

2. METODOLOGÍA

Al realizar un análisis sensorial, es necesario seguir una metodología lo más lógica posible, para asegurar la adecuada realización del mismo, siguiendo los siguientes pasos:

2.1. Diseño del Experimento

En este paso se deben tener en cuenta todas las variables que van a influir en el análisis, como son establecer el objetivo del proyecto, el objetivo del análisis, las condiciones del método analítico, las muestras, los degustadores, formatos a usar en la prueba, tipos de porciones a servir y el análisis de resultados.

Es necesario tener claro cual es el objetivo del análisis que se desea realizar y ubicarlo en una de estas opciones.

- Seleccionar jurados y analizar la percepción.
- Correlacionar la parte sensorial con resultados de análisis fisicoquímicos y microbiológicos.
- Estudiar efectos en el procesamiento, mantenimiento de la calidad, evaluación de las materias primas, estabilidad en el almacenamiento o en reducción de costos.
- Evaluar calidad.
- Determinar la reacción del consumidor.

En la preparación de la muestra es fundamental la limpieza y exactitud usadas, los productos deben presentarse a los degustadores en idénticas condiciones de temperatura, tamaño de la porción, en utensilios de cristal o cerámica de color blanco sin ningún tipo de adorno que puede influir en la atención del panelista.

Las muestras se presentan al degustador codificadas con un número de tres cifras buscadas al azar y que tienen la misma aceptación, de esta manera se busca que el análisis sea lo más objetivo posible, ya que el panelista no será influenciado por la marca.

2.2. Elección del Método

Dependiendo de que tipo de estudio se desea realizar, los métodos se dividen en dos grandes grupos, los métodos objetivos y los métodos subjetivos, en el primero, se trabaja con jueces analíticos que emitan conceptos lo más objetivos posibles sin tener en cuenta gustos personales y, en el segundo método, se trabaja con consumidores teniendo en cuenta sus gustos e inclinaciones.

2.2.1. Métodos objetivos. Estos métodos se dividen en dos grandes grupos de acuerdo con el tipo de personal que se necesite, existiendo los métodos de diferencia y los métodos analíticos.

Métodos de diferencia: usan diferentes pruebas para establecer paralelos de comparación entre las muestras, buscando los factores que influyen en la uniformidad del producto. Las pruebas más usuales son:

- **Triangular:** en esta prueba se presentan tres muestras a los panelistas dos de las cuales son iguales y una es diferente, aunque la diferencia entre las muestras es muy pequeña. Con esta prueba se busca que el panelista encuentre la muestra diferente.
- **Dúo-Trío:** en ella es necesario el uso de un patrón para familiarizar al panelista con la muestra, luego se entrega al degustador dos muestras en donde una es el problema y la otra es el patrón. En esta prueba se pide que identifique cual de las dos muestras es igual al patrón.
- **Comparación pareada:** en la prueba se entregan dos muestras al degustador y se le pide que indique si las muestras son iguales o diferentes y la razón para este juicio.
- **Comparación múltiple:** en la prueba se entrega al degustador el patrón y luego varias muestras que el debe comparar contra el mismo.

Las pruebas triangular y dúo-trío se usan para entrenamiento de panelistas o para detectar diferencias muy pequeñas entre los productos.

Métodos analíticos: en los cuales se trabaja con jurados altamente calificados para evaluar muestras complejas, encontrar factores de alteración o diferencias en la intensidad de sabores que puedan influir en el mejoramiento del producto. Las pruebas más comunes en este método son:

- **Muestra única o estímulo único:** en la prueba se trabaja con un sólo producto, buscando que con las cualidades especiales de los panelistas, se puedan determinar sabores y olores extraños.
- **De perfil:** se realizan para determinar análisis de sabor, olor y textura, trabajando con jueces altamente entrenados.
- **De sensibilidad:** en esta prueba se buscan los límites mínimos de percepción y se reconocen tipos de diferencias en los productos.

2.2.2. Métodos subjetivos. En estos métodos las muestras se analizan usando pruebas de preferencia o en pruebas que buscan obtener la respuesta del consumidor frente a un nuevo producto, modificación en la formulación o en el hábito alimenticio.

2.3. Selección de los Panelistas

Para elegir a los integrantes de un panel es necesario que tengan una serie de características que los hagan lo más aptos posibles. Dentro de esas características están: tener interés por la actividad, facilidad de concentración, evitar que sean bebedores y fumadores, encontrarse en buen estado de salud, personas con buena memoria sensorial, que tengan habilidad para reconocer olores y sabores, que cumplan con la condición de no comer, fumar o beber una hora antes de la degustación y que sean responsables con las actividades que se realicen.

Teniendo el grupo de personas clasificadas, serán entrenadas en caso de trabajar con métodos objetivos y se seleccionarán de acuerdo con sus habilidades, para obtener las mejores respuestas posibles, de acuerdo con el objetivo del análisis.

2.4. Elección de la Escala

Al hacer una evaluación sensorial es de primordial importancia medir el análisis para asumirlo como una disciplina científica. Para realizar la medición se debe escoger el tipo de test, los objetivos, tener clasificados a los jueces y conocer los requerimientos del producto, que den idea de cual es la escala más adecuada.

Al medir las respuestas obtenidas por estímulos sensoriales, se facilita la operación de cuantificar y analizar estadísticamente los datos para obtener bases lógicas en el juzgamiento de un producto.

Conociendo el objetivo y el test se procede a escoger el tipo de escala, dentro de cuatro categorías, dependiendo del tratamiento matemático que reciban las respuestas, éstas se describen a continuación:

2.4.1. Escala nominal. Aplicada en clasificación o nombramiento. Usa los números como etiquetas, códigos o como otro tipo de clasificación a la respuesta, para colocarlas en categorías. En este tipo de escalas se trabaja con preguntas abiertas y las respuestas obtenidas son analizadas y colocadas en categorías que representan un mínimo de estos comentarios. La escala es usada para hacer clasificaciones demográficas en preguntas como sexo, edad e ingresos, en clasificación de usos de un producto, etc.

2.4.2. Escala ordinal. Aplicada en ordenamiento o categorización. Usa números o palabras de organización como mayor a menor, alto y bajo con respecto a algún atributo seleccionado. Este tipo de escala es usada en métodos de comparación, estratificación y discriminación. Los resultados obtenidos con esta escala son analizados estadísticamente para tener una visión más amplia.

2.4.3. Escala de intervalo. Aplicada para medir magnitudes, asumiendo distancias iguales entre los puntos de la escala. En esta escala se trabaja con intervalos o distancias entre puntos, con magnitudes iguales y con cero arbitrario. Esta escala es empleada para métodos de comparación, rangos, métodos de bisección y en categorías de apareamiento. Los intervalos se consideran una buena escala cuantitativa y facilitan la aplicación de análisis estadístico.

2.4.4. Escala de razón. Aplicada para medir magnitudes, asumiendo igualdad de razones entre los puntos de la escala. Tiene similitud con la escala de intervalos, pero en esta se trabaja con una razón constante entre los puntos y tiene cero absoluto. Las operaciones que se pueden desarrollar con esta escala son de estimación de magnitud, magnitud del producto, razón de estimación y razón del producto. Los resultados tienen la facilidad de poder ser analizados estadísticamente.

2.5. Elección del Método Estadístico

Teniendo seleccionado el test a aplicar y el tipo de escala en la medición, es necesario seleccionar el método estadístico para analizar correctamente los resultados obtenidos. De acuerdo con el tipo de test se precisan los términos, por ejemplo, para una comparación se puede trabajar con el test de Student o buscar métodos para determinar diferencias significativas al comparar productos entre sí.

En la elección es necesario conocer que existen dos tipos de métodos estadísticos, los paramétricos y los no paramétricos, que se diferencian en la distribución que utilizan.

2.5.1. Métodos paramétricos. En esta estadística se trabaja con estimación de parámetros para comprobar hipótesis, para esto se atribuye que los datos están distribuidos normalmente. Este método es usado cuando se trabaja con escalas de intervalo y de razón.

2.5.2. Métodos no paramétricos. En este tipo de estadística se trabaja comparando distribuciones y no parámetros, es usada cuando no se conoce la distribución normal de los datos y entonces se trabaja con una distribución libre de los mismos; la versatilidad de la estadística no paramétrica hace que sea un buen instrumento de trabajo en el análisis sensorial. Este método es usado cuando se trabaja con escalas nominales y ordinales.

Dependiendo del método utilizado se escogerán las pruebas más adecuadas en el análisis estadístico de los resultados, datos que se pueden encontrar en cualquier libro de estadística para profundizar en el tema.

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD: MICROBIOLOGÍA Y EMPAQUES

María Cristina López ¹
Adriana Coral D. ²

Los alimentos que consumimos rara vez son estériles, contienen asociaciones microbianas que dependen de cómo se multiplican, sobreviven e interaccionan en el alimento en el transcurso del tiempo.

Los alimentos por su propia naturaleza son nutritivos y metabolizables y es de esperar que ofrezcan verdaderos substratos para el crecimiento y metabolismo de los microorganismos.

1. PROCEDENCIA DE LOS MICROORGANISMOS CAUSANTES DE CONTAMINACIÓN

Según su procedencia, los microorganismos se pueden clasificar del siguiente modo:

- Origen endógeno: ya presentes en el alimento antes de su industrialización, es decir, en la materia prima.
- Origen exógeno: introducidos en el alimento durante los procesos de transformación, distribución, almacenamiento y conservación.

La cantidad de microorganismos depende de:

- Las propiedades del alimento
- La atmósfera donde se almacena
- Los efectos del tratamiento a que ha sido sometido el alimento

Las posibles causales y manifestación de contaminación en alimentos, se resumen en la Figura 1.

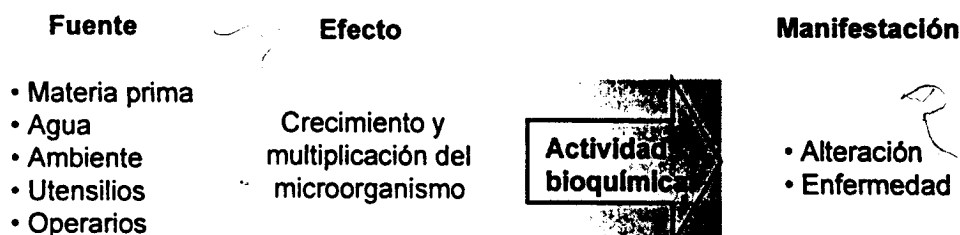


Figura 1. Causas y efectos de la contaminación en los alimentos

¹Jefe Laboratorio de Microbiología, Departamento Aseguramiento de la Calidad - CARULLA & CIA. S. A.

² Coordinadora Departamento Aseguramiento de la Calidad - CARULLA & CIA. S. A.

2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SELECCIÓN DE LA MICROFLORA CONTAMINANTE

De las muchas especies de microorganismos que pueden encontrarse inicialmente en el alimento solamente unos pocos están dotados de las capacidades fisiológicas que les permiten multiplicarse masivamente en las condiciones concretas que ofrece el alimento y el medio ambiente donde se encuentra. Estas especies son las que proliferan y ocasionan cambios bioquímicos peculiares que son los responsables de la alteración del producto.

Los factores que influyen en la selección de la microflora presente inicialmente en los alimentos, puede agruparse de la siguiente manera:

- Factores Intrínsecos: son aquellas propiedades físicas y de composición química del propio alimento. Por ejemplo: a_w , pH, acidez, potencial redox, factores nutricionales, etc.
- Factores Extrínsecos: o propios del ambiente, donde se conserva o almacena el alimento. Por ejemplo: temperatura, humedad, etc.
- Tratamientos Tecnológicos: hace referencia a los tratamientos a los cuales ha sido sometido el alimento, principalmente, térmicos y físicos. Por ejemplo: horneado, etc.
- Factores Implícitos: hace referencia a las relaciones de dependencia o competencia entre los microorganismos. Por ejemplo: antagonismo, etc.

2.1. Factores Intrínsecos

2.1.1. Actividad del agua, a_w . Manifiesta la necesidad del microorganismo por agua, y tiene influencia sobre el crecimiento de éstos.

Ejemplo: bacterias $a_w = 0,91 - 0,95$ (jamón, queso)

hongos $a_w = 0,60 - 0,80$ (panadería)

2.1.2. pH (acidez). Tanto el crecimiento como el metabolismo de los microorganismos están influenciados por el pH del alimento.

Ejemplo: bacterias pH = 6,0 - 8,0

hongos pH = 3,5 - 4,0

2.1.3. Potencial redox. Manifiesta la tendencia de un medio para oxidar o reducir. Permite clasificar los microorganismos como anaerobios, aerobios y facultativos.

Ejemplo: bacterias aerobias Eh (+)

bacterias anaerobias Eh (-)

2.1.4. **Requerimientos nutricionales.** Los alimentos proporcionan sustancias nutritivas para la mayoría de microorganismos.

Ejemplo: los hongos se adaptan con mayor facilidad a cualquier sustrato (almidones)

2.1.5. Constituyentes antimicrobianos

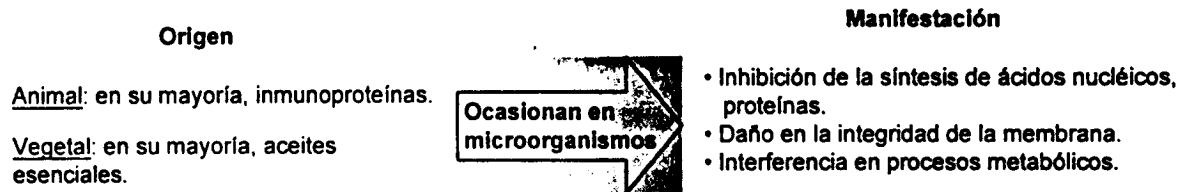


Figura 2. Efecto de los constituyentes antimicrobianos de los alimentos sobre los microorganismos

2.2. Factores Extrínsecos

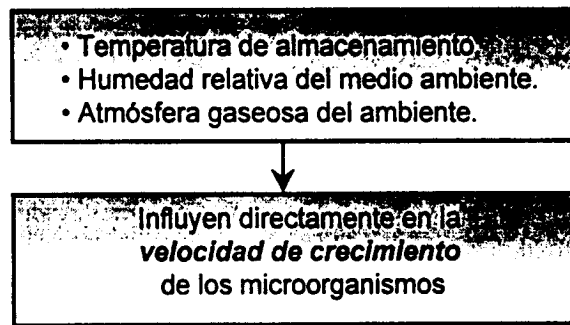


Figura 3. Influencia de los factores extrínsecos sobre los microorganismos

2.3. Tratamientos Tecnológicos

La temperatura por encima de aquella a la cual los microorganismos crecen, producen inevitablemente su muerte o les provoca lesiones subletales.

2.3.1. **Efecto del horneado.** En productos de panadería, durante el horneado la temperatura interna de la masa se aproxima o excede los 100 °c, con lo que se logra la destrucción de los hongos, levaduras y bacterias.

3. MICROBIOLOGÍA EN PRODUCTOS DE PANADERÍA

3.1. Fuentes de Contaminación

La gran mayoría, si no la totalidad de microorganismos, no logran sobrevivir las altas temperaturas durante el horneado, por tanto, la contaminación de este tipo de productos, se presenta en etapas posteriores de enfriamiento, empaque y almacenamiento donde los mohos juegan un papel importante.

3.2. Factores que Favorecen la Contaminación

3.2.1. Materias primas. La harina y/o almidón, ingredientes básicos en la preparación de productos de panadería, constituyen un factor incidente en la contaminación, ya que éstos, son ricos en carbohidratos, proteínas y/o grasas que favorecen el crecimiento de hongos. Adicionalmente, la temperatura, humedad relativa y actividad de agua, son elementos directamente relacionados con la proliferación de hongos, por esta razón, se deben establecer las condiciones adecuadas de almacenamiento de dichas materias primas, tal como se indica a continuación:

- Buena ventilación: previene condensaciones, reduce y equilibra la temperatura para evitar el calentamiento de las materias primas.
- Control de temperatura: las temperaturas cercanas a las ambientales, facilitan el crecimiento de microorganismos.
- Medidas permanentes de limpieza y desinfección.

3.2.2. Ambiente. El aire es un transportador de variados microorganismos, la variedad y el número de éstos, está determinada por las fuentes de contaminación que existan. Factores como la luz, la humedad, temperatura y evaporación proporcionan el hábitat ideal para el desarrollo de los hongos.

Los hongos ambientales son considerados los principales contaminantes biológicos para productos de panadería, dentro de éstos los más conocidos son los géneros: *Penicillium sp*, *Aspergillus sp*, *Rhizopus sp*, *Mucor sp*, entre otros.

Los hongos son capaces de crecer sobre variedad de sustratos y diversidad de condiciones ambientales, esto hace que los alimentos durante su procesamiento, transporte y almacenamiento, sean susceptibles a la invasión de micotoxinas generadas por dichos microorganismos patógenos; afortunadamente, éstos productos mohosos no son consumidos conscientemente por las personas, lo que ayuda a prevenir posibles enfermedades.

3.2.3. Equipos. Es una causa muy probable de contaminación debido a que las esporas de los hongos presentes en el ambiente, pueden sedimentar en las superficies de estos, para evitarlo se requiere limpieza y desinfección tanto de los equipos como del personal operario.

3.2.4. Operarios. Otra posible causa de contaminación, es la manipulación de los productos por parte de los operarios, quienes se convierten en transportadores mecánicos de esporas, al pasar de zonas de alta contaminación a zonas de baja contaminación, sin ninguna restricción.

3.2.5. Enfriamiento. Los productos de panadería, luego del homeo, deben ser rápidamente enfriados en ambientes sanos y con ventilación adecuada, para evitar que en el empaque se formen condensaciones de agua que puedan permitir el desarrollo de mohos.

En conclusión, los anteriores factores pueden interactuar, afectando el procesamiento total de panadería, repercutiendo en un área total de operaciones altamente contaminada y consecuentemente, en productos de muy pobre calidad (Figura 4).

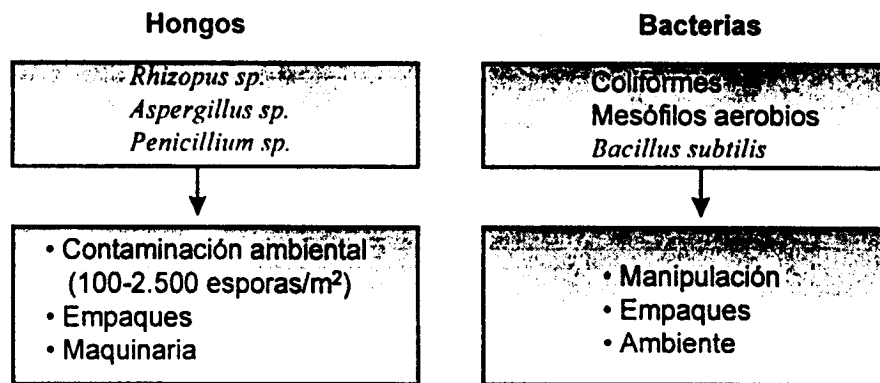


Figura 4. Interacción de los factores implícitos en la contaminación del procesamiento de productos de panadería

3.3. Control de la Contaminación

Teniendo en cuenta que el principal control es la prevención del crecimiento y propagación de hongos, se pueden establecer las siguientes medidas:

- Mantener el producto seco.
- No empaçar el producto en caliente.
- Realizar un enfriamiento rápido, en ambiente fresco y sin contaminación.
- Aplicar Buenas Practicas de Manufactura (BMP), enfatizando en la adecuada higiene de operarios y equipos.
- Mantener un a_w reducido (sal/dulce), reforzado por un material de empaque impermeable al vapor.
- Evitar cambios bruscos de temperatura, que incidan en la formación de condensaciones en el interior del empaque.
- Adicionar, en algunos casos, sustancias químicas (ácido sórbico, propionato de calcio)
- Control de ambiente.

3.4. Pruebas de Laboratorio Implícitas en el Aseguramiento de la Calidad

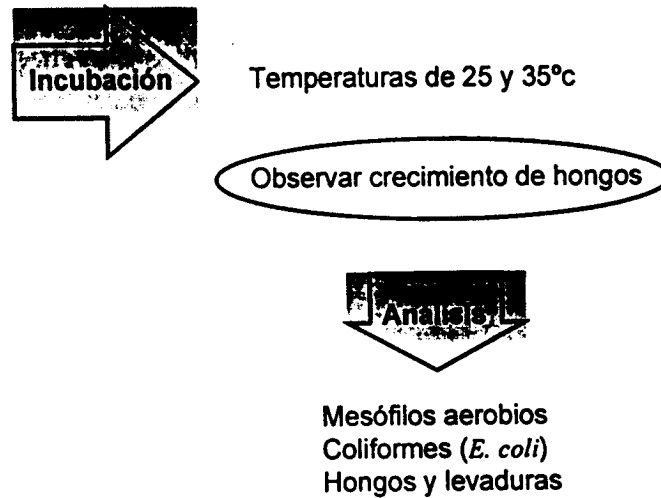


Figura 5. Pruebas de laboratorio implícitas en el aseguramiento de la calidad

4. EMPAQUES

4.1. Propósito de un Empaque

Preservar la calidad de los alimentos y protegerlos del daño que pudiera producirse durante el almacenamiento y distribución de los mismos. La protección ejercida puede ser de tres tipos:

- Química: impide el paso de vapor de agua, oxígeno y otros gases.
- Física: protege de la luz, polvo, suciedad, pérdida de peso y daños mecánicos.
- Biológica: detiene el acceso de microorganismos e insectos al alimento.

4.2. Factores Asociados en la Selección de Empaques

En la Figura 6 se esquematizan los factores de mayor influencia en la conservación de un alimento, éstos determinan los criterios de selección del empaque según su grado de incidencia interna y externa.

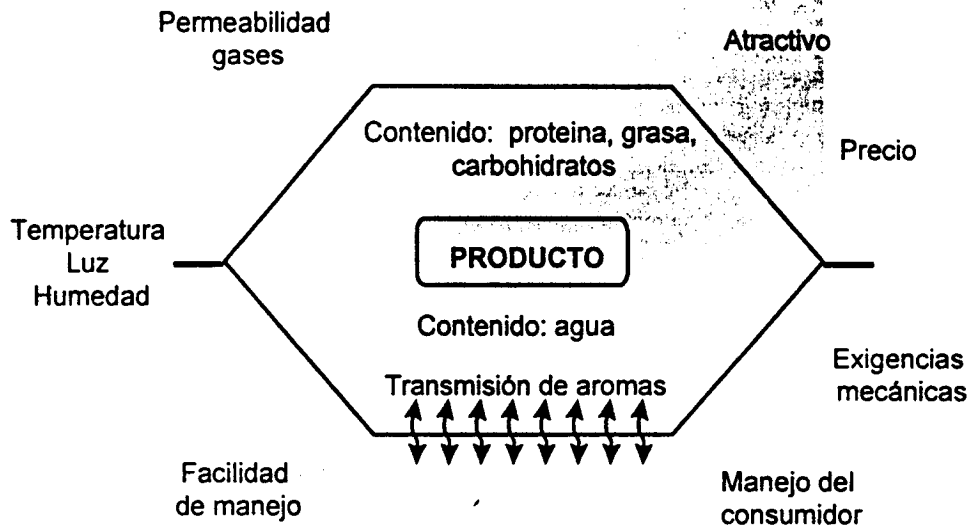


Figura 6. Factores asociados en la selección de empaques

4.3. Seguridad Microbiológica de los Empaques

Los niveles de microorganismos existentes en los empaques (polipropileno), son mínimos debido al proceso de extrusión a 220°C de los mismos. Los empaques pueden llegar a tener de 1 a 20 UFC por cada 1.000cm² de microorganismos, consecuencia de su exposición al ambiente.

4.4. Desarrollo de Microorganismos dentro de los Empaques

El crecimiento y actividad de microorganismos dentro del empaque en el alimento, dependen de:

- Idoneidad del alimento como medio de cultivo.
- Temperatura de almacenamiento.
- Actividad de agua (a_w).
- pH.
- Naturaleza de los gases retenidos dentro del empaque.
- Competencia entre microorganismos.