

# Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca



# Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca

BOLETÍN  
DE SERVICIOS  
AGRÍCOLAS  
DE LA FAO

163

por

**Johanna Aristizábal**

**Teresa Sánchez**

Autoras

y

**Danilo Mejía Lorío**

Coordinador técnico

Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria

Las opiniones expresadas en esta publicación son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

La mención u omisión de compañías, sus productos o nombres comerciales específicos no implica, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, aprobación o juicio alguno.

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

ISBN 978-92-5-305677-4

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este producto informativo para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción del material contenido en este producto informativo para reventa u otros fines comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización deberán dirigirse al Jefe de la Subdirección de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación Electrónica de la Dirección de Comunicación de la FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia, o por correo electrónico a [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org)

© FAO 2007

# Índice

<b>Prefacio</b>	<b>ix</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>x</b>
<b>Siglas</b>	<b>xi</b>
<b>Símbolos</b>	<b>xii</b>
<b>1. La yuca</b>	<b>1</b>
Variedades de yuca	1
Métodos de producción de yuca en pequeña, mediana y gran escala	3
<b>2. Mercado y comercialización de la yuca</b>	<b>13</b>
Producción, superficie y rendimiento mundial de la yuca	14
Consumo mundial	17
<b>3. Productos alimenticios</b>	<b>19</b>
Ejemplos de alimentos tradicionales	19
Panes y tortas	20
Toxicidad y liberación de ácido cianhídrico de la yuca	22
<b>4. Deterioro poscosecha y conservación de las raíces de yuca</b>	<b>27</b>
Deterioro fisiológico y microbiano	27
Factores que inciden en el deterioro poscosecha de yuca	28
Técnicas de curado y conservación de yuca	29
<b>5. Características del almidón de yuca</b>	<b>33</b>
Componentes del almidón	33
Propiedades físicoquímicas del almidón	35
Propiedades funcionales del almidón	36
<b>6. Almidones modificados</b>	<b>41</b>
Usos del almidón en productos alimentarios y no alimentarios	44
<b>7. Extracción del almidón de yuca</b>	<b>49</b>
Manufactura de almidón a escala artesanal	50
Manufactura de almidón a mediana escala: semimecanizada	51
Tecnología mecanizada de extracción de almidón de yuca	54
Uso y tratamiento de los residuos del proceso de extracción de almidón	57
<b>8. Análisis físicoquímico del almidón</b>	<b>61</b>
Distribución del tamaño del gránulo	61
Contenido de materia seca	62
Pulpa	63
Determinación del color	64
Densidad aparente	65

---

Viscosidad Brookfield	66
Viscosidad alcalina	67
Consistencia de la pasta	68
Viscoamilograma Brabender	70
Temperatura de gelatinización	72
Índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento	73
Claridad de la pasta	75
Fosfolípidos	76
Contenido de almidón	78
Contenido de amilosa/amilopectina	80
Nitrógeno total	82
Azúcares reductores	84
Valor reductor alcalino	87
Acidez titulable y pH	89
Contenido de cenizas	91
<b>9. Análisis microbiológico</b>	<b>93</b>
Conteo total	93
Conteo de <i>Escherichia coli</i>	95
Conteo de hongos y levaduras	97
<b>10. Otros análisis</b>	<b>99</b>
Contenido de ácido cianhídrico en yuca - método cualitativo	99
Contenido de ácido cianhídrico en yuca - método cuantitativo	101
Volumen específico	103
Estimación del contenido de materia seca y de almidón en yuca. Método de gravedad específica	105
Deterioro fisiológico en raíces de yuca	107
<b>11. Factores de calidad de la yuca y requerimientos del almidón de yuca</b>	<b>109</b>
Requerimientos de calidad de la yuca según su uso final	109
Factores que inciden en la calidad de la yuca	111
Relación entre la calidad de la yuca y sus parámetros físicoquímicos	112
Requerimientos físicoquímicos y microbiológicos del almidón de yuca	113
<b>12. Otras fuentes de almidón</b>	<b>115</b>
Maíz	118
Trigo	120
Arroz	121
Papa	123
Batata	125
Arrurruz	127
Sago	127
<b>Bibliografía</b>	<b>129</b>

# Lista de cuadros

1.	Cifras seleccionadas de producción, área y rendimiento estimadas para el año 2005	15
2.	Propiedades de los componentes del almidón	35
3.	Características de los gránulos de almidón	36
4.	Cantidades para preparación de muestras	77
5.	Cantidades para preparación de la curva estándar	80
6.	Contenido de HCN según la escala de colores del método cualitativo	100
7.	Requisitos de calidad de raíces de yuca según su uso	110
8.	Requisitos físicoquímicos del almidón de yuca	113
9.	Requisitos microbiológicos del almidón de yuca	113
10.	Valor total de productos alimenticios seleccionados para países en desarrollo en 1993 y 2020	116
11.	Comparación cualitativa de parámetros de almidones	117
12.	Datos seleccionados de producción, área y rendimiento de maíz estimados para el año 2005	119
13.	Datos seleccionados de producción, área sembrada y rendimiento de trigo estimados para el año 2005	121
14.	Datos seleccionados de producción, área y rendimiento de arroz estimados para el año 2005	122
15.	Datos seleccionados de producción, área sembrada y rendimiento de papa estimados para el año 2005	124
16.	Datos seleccionados de producción, área y rendimiento de batata estimados para el año 2005	126

## Lista de figuras

1.	Producción mundial promedio de yuca en los períodos 1983-85, 1993-95 y prevista para 2005	14
2.	Rendimiento mundial promedio de yuca en los períodos 1983-85, 1993-95 y prevista para 2005	14
3.	Superficie mundial promedio de yuca en los períodos 1983-85, 1993-95 y prevista para 2005	14
4.	Usos principales de la producción mundial de yuca en los períodos 1983-85, 1993-95 y prevista para 2005	15
5.	Principales países exportadores de yuca (2001)	16
6.	Principales países importadores de yuca	16
7.	Esquema de la amilosa	33
8.	Esquema de la amilopectina	34
9.	Representación esquemática de los cambios de los gránulos de almidón durante el procesamiento hidrotérmico	37
10.	Perfil de viscosidades de diferentes almidones	39
11.	Modificaciones química y bioquímica del almidón	41
12.	Diagrama de flujo para la obtención de almidón de yuca	49
13.	Carta de colores para determinación cualitativa de HCN usando solución de picatro-alcálico	100
14.	Carta de colores para determinación de cianuro usando el «kit» de análisis de HCN	102
15.	Crecimiento proyectado para los principales cultivos alimenticios, 1993-2020	115

# Lista de láminas

1.	Labranza vertical y labranza convencional	4
2.	Preparación de caballones con bueyes (a) y caballoneador mecánico (b)	4
3.	Tratamiento de semilla (a) y almacenamiento de tallos (b)	5
4.	Brotos de retoños en agua para enraizar	6
5.	Siembra manual (a) y siembra mecanizada (b)	6
6.	Control de malezas con machete (a) y palín (b)	7
7.	Aplicación de herbicida con bomba de espalda (a) y bomba acoplada a tractor (b)	8
8.	Aplicación de plaguicida	9
9.	Cosecha de yuca con la mano (a) y con arrancador (b)	11
10.	Cosecha mecanizada de yuca usando cosechador flexible	11
11.	Cosechador rígido (a) y cosechador flexible (b)	12
12.	Deterioro fisiológico en raíces de yuca	27
13.	Deterioro microbiano en raíces de yuca	28
14.	Lavado de la yuca con los pies	50
15.	Pelado manual de raíces de yuca	50
16.	Rallado manual	51
17.	Colado de pulpa o material fibroso	51
18.	Secado sobre techos en tejas de zinc	51
19.	Secado sobre esteras	52
20.	Lavadora/peladora de raíces de yuca	52
21.	Rallador de raíces de yuca	52
22.	Coladora y tamiz vibratorio	52
23.	Tanques y canales de sedimentación	53
24.	Secado en patios de concreto	53
25.	Secado en bandejas	53
26.	Recepción de materia prima	54
27.	Prelimpieza de raíces	54
28.	Lavado y pelado de raíces	54
29.	Inspección de raíces	55
30.	Triturador	55
31.	Desintegrador	55
32.	Tamizadoras o extractoras	56
33.	Tanque pulmón o de bombeo	56
34.	Centrífuga primaria	56
35.	Centrífuga secundaria	57
36.	Filtro de vacío	57
37.	Canasta centrífuga	57
38.	Secador «flash» y silo de enfriamiento	58
39.	Silo de almacenamiento de fibras	58



40. Equipo de tamizado de tipo Ro-tap	61
41. Viscosímetro Brookfield	66
42. Viscosímetro Engler	67
43. Viscosímetro Scott	68
44. Viscógrafo Brabender	70
45. Espectrofotómetro	84
46. «Kits» para determinación de cianuro semicuantitativo y cuantitativo	101
47. Análisis cuantitativo de HCN utilizando el «kit» de análisis de HCN	102
48. Equipo para determinación de volumen específico	103
49. Peso de las raíces frescas	105
50. Peso de raíces frescas de yuca en el aire de yuca en el agua	105
51. Secciones transversales de yuca ilustrando valores según escala de deterioro	107

## Prefacio

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) ha sido desde hace mucho tiempo una valiosa fuente alimenticia, de empleos y de ingresos para muchas comunidades agrícolas de países en vías de desarrollo principalmente de África, Asia y América Latina. El cultivo de la yuca evoluciona no sólo en términos de las tecnologías requeridas para su producción sino también en las fases de posproducción; en este sentido, la FAO ha venido contribuyendo en forma sustancial con publicaciones técnicas.

En 1956 la FAO presenta la primera obra *Elaboración de la yuca y sus productos en las industrias rurales*. Posteriormente, en 1977 publica *Elaboración de la yuca*, la cual incluye aspectos básicos que tratan sobre el cultivo de la yuca y otros temas relacionados con su procesamiento tales como la harina y el almidón, los productos horneados, los productos para consumo animal, la elaboración del almidón, los diversos usos de la yuca, el control de calidad de los productos, el comercio e industrialización, entre otros. Este libro sigue siendo una obra de consulta valiosa para los usuarios de los países miembros, pero se considera oportuno presentar, después de casi cincuenta años de las primeras publicaciones, una versión que incluya tecnologías modernas y actualizadas.

El Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria (AGST) de la FAO ha producido esta Guía a fin de que los gobiernos de los países miembros en los que la yuca se produce y representa un recurso valioso como alimento y como materia prima para la industrialización puedan promover tecnologías que les permitan producir y transformarla en condiciones más eficientes; estos productos de mayor calidad deberán ser cada vez más competitivos para un desarrollo agrícola e industrial sostenibles. Para preparar esta publicación se recurrió a un trabajo profesional de recopilación de las más recientes investigaciones e innovaciones técnicas validadas. Estas pueden ser utilizadas tanto por los productores de yuca como por quienes trabajan en el manejo industrial poscosecha de procesamiento y comercialización y de sus derivados como el almidón, a fin de satisfacer las necesidades del mercado y contribuir a la transferencia de tecnología.

En esta *Guía Técnica para Producción y Análisis de Almidón de la Yuca*, se han profundizado algunos aspectos tratados en las publicaciones anteriores con el objeto de resaltar la necesidad de mejorar las técnicas de producción y posproducción. Se revisan aspectos básicos aplicados a las variedades de yuca, los métodos de producción, el mercado, los usos y la comercialización; las técnicas de producción del almidón y sus propiedades, sus usos y modificaciones y finalmente se tratan los temas sobre la calidad y los análisis fisicoquímicos y microbiológicos que permiten establecer niveles de calidad para una mejor comercialización y seguridad del consumidor. Además se hace una comparación con otras fuentes de almidón.

Confiamos que esta nueva versión, producida por la Dirección de Infraestructura Rural y Agroindustrias (AGS), a través del Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria de la FAO, sirva como una fuente de consulta valiosa para todas aquellas personas como agricultores, investigadores, procesadores y otros que trabajan en toda la cadena agrícola e industrial de la yuca que va desde el campo hasta el consumidor.



**Geoffrey C. Mrema**  
Director

Dirección de Infraestructura Rural y Agroindustrias, AGS

# Agradecimientos

Las autoras desean agradecer a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y en particular al Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria de la Dirección de Sistemas de Apoyo a la Agricultura por la oportunidad y el constante apoyo ofrecido para la preparación de esta Guía, en especial para el trabajo de búsqueda de información y preparación del texto del documento. El hecho de que el tema principal sea la yuca, un cultivo de gran importancia en la alimentación de más de 1 000 millones de personas en todo el mundo, nos permite contribuir a la búsqueda de soluciones de los problemas de la producción y seguridad alimentarias.

Deseamos reconocer el apoyo del Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT (Cali, Colombia) por haber proporcionado y permitir el uso de información, datos y material técnico de gran valor a fin poder presentar una obra coherente y a la vez de aplicación práctica para el trabajo de investigadores, ingenieros agrónomos y extensionistas que están en contacto directo con los campesinos, incluyendo nuevos avances sobre producción, procesamiento, conservación, comercialización y análisis de la yuca y del almidón de yuca.

Es necesario agradecer expresamente el apoyo brindado en todo momento por Danilo Mejía Lorío del Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria de la FAO, quien proporcionó especialmente el liderazgo y la orientación técnica adecuada y un apoyo constante con comentarios y sugerencias fundamentales para el buen desarrollo del trabajo.

El coordinador técnico desea destacar que la realización de esta publicación ha sido posible gracias al apoyo y dedicación de numerosas personas a quienes deseamos hacer llegar nuestro más sincero reconocimiento.

En primer lugar deseamos agradecer a Johanna Aristizábal y Teresa Sánchez, autoras y entusiastas partícipes de este trabajo quienes con sus conocimientos y experiencia contribuyeron decisivamente a que esta publicación sea una realidad.

También debemos agradecer la revisión crítica del texto por parte de Roberto Cuevas García (AGST) y el apoyo recibido de Ed Seidler (AGSF), Andrew Shepherd (AGSF), Divine Njie (AGST) y del revisor externo Javier de la Cruz Medina del Instituto Tecnológico de Veracruz, México.

Del mismo modo se desea reconocer el apoyo permanente recibido de Shivaji Pandey, ex-Director de la Dirección de Servicios de Apoyo a la Agricultura, de Gavin Wall, Jefe del Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria y de François Mazaud, Oficial Superior de este Servicio.

Por último, pero igualmente importante, se agradece la edición técnica por parte de Cadmo Rosell, la preparación y formatación del texto por Lynette Chalk y la asistencia administrativa de Ann Drummond, Donna Kilcawley y Claudia Bastar.

# Siglas

AOAC	<i>(Association of Official Analytical Chemists- U.S.A)</i> Asociación de Analistas Químicos Oficiales -EE.UU.A.
CETEC	Corporación para Estudios Interdisciplinarios y Asesorías Técnicas (Colombia)
CCI	Corporación Colombia Internacional
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical (Colombia)
CIP	Centro Internacional de la Papa (Perú)
CIRAD	Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (Francia)
CLAYUCA	Consortio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca (Colombia)
CORPOTUNÍA	Corporación para el Desarrollo de Tunía (Colombia)
FAOSTAT	Base de datos estadísticos de la FAO
FDA	<i>(Food and Drug Administration –U.S.A.)</i> Administración Federal de Drogas y Alimentos – EE.UU.A.
FIDA	Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola
ICONTEC	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
IDRC	Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo
IFPRI	Instituto de Investigación en Políticas Alimentarias
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
IIT	Instituto de Investigaciones Tecnológicas
IITA	Instituto Internacional de Agricultura Tropical (Nigeria)
IMPACT	Modelo Internacional para el Análisis de Políticas de Productos Alimenticios y Comercio
IPGRI	Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos
ISI	<i>(International Starch Institute)</i> Instituto Internacional del Almidón
ISO	<i>(International Standards Organization)</i> Organización Internacional de Estandarización
MIP	Manejo Integrado de Plagas
NTC	Norma Técnica Colombiana
OMS	Organización Mundial de la Salud
PAC	Política Agrícola Común
PDAR-CIAT	Proyecto de Desarrollo Agroempresarial Rural-CIAT
PMY-CIAT	Proyecto de Mejoramiento de Yuca- CIAT
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
SW	Sur Oeste
TAC	Comité Técnico Consultivo <i>(Technical Advisory Committee)</i>
UE	Unión Europea
UNIVALLE	Universidad del Valle ( Colombia)

## Símbolos

±	más o menos
Σ	sumatoria
α-D-(1→4)	enlace alfa 1-4
α-D-(1→6)	enlace alfa 1-6
<	menor que
>	mayor que
Bé	Grados Baumé
C	Grados Centígrados
ABTS	Acido 2-2' Azinobis (3 etil bencetiazoline 6 sulfónico)
AL	Almidón
bh	Base húmeda (o fresca)
bs	Base seca
C <sub>4</sub> H <sub>7</sub> NO	Cianhidrina
C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> N <sub>3</sub> O <sub>7</sub>	Ácido pícrico
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	Acetona
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	Glucosa
C <sub>10</sub> H <sub>17</sub> O <sub>6</sub>	Linamarina
cm	Centímetros
CO <sub>2</sub>	Anhídrido carbónico
cP	Centipoises
DE	Equivalente de dextrosa
DQO	Demanda Química de Oxígeno
DS	Grado de sustitución
EMB	Eosina azul de metileno
Fd	Factor de dilución
g	Gramos
GE	Gravedad Específica
GOD	Glucosa Oxidasa
h	Horas
ha	Hectáreas
HCl	Ácido clorhídrico
HCN	Ácido cianhídrico
HNO <sub>3</sub>	Ácido nítrico
IIA	Índice de Absorción de Agua
ISA	Índice de Solubilidad en Agua
kg	Kilogramo
KI	Yoduro de potasio
L	Litros
LM	Absorbancia de la muestra
LSt	Absorbancia del estándar utilizado
m	Metros
μ	micro

---

M	Molaridad
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
meq	Miliequivalentes
mg	Miligramos
min	Minutos
mL	Militros
mm	Milímetros
MS	Materia seca
msnm	Metros sobre el nivel del mar
N	Normalidad
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Carbonato de sodio
NaOH	Hidróxido de sodio
nm	Nanómetros
N HCl	Normalidad de ácido clorhídrico
NMP	Número Más Probable
OGY	Oxitetraciclina glucosa extracto de levadura
P	Peso de muestra
p/p	Relación peso a peso
p/v	Relación peso a volumen
PFRAG	Peso fresco de raíces en el agua
PFRAI	Peso fresco de raíces en el aire
PH	Poder de hinchamiento
pH	Potencial hidrógeno
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	Ion fosfato
POD	Peroxidasa
ppm	Partes por millón (mg/kg)
PVC	Cloruro de polivinilo
RPM	Revoluciones por minuto
St <sub>g</sub>	Cantidad de glucosa que contiene el estándar utilizado
St <sub>p</sub>	Cantidad de fósforo que contiene el estándar utilizado
t	Toneladas métricas
UB	Unidades Brabender
UFC	Unidades Formadoras de Colonias
v/v	Relación volumen a volumen
Va	Volumen de la alícuota
Vd	Volumen después del tratamiento de la muestra
VRBA	Violeta cristal rojo neutro bilis

