



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*



JOINT PROCEEDINGS



TROPICAL REGION

**21st Annual Meeting
of the Caribbean Food Crops Society
and
32nd Annual Meeting of the American Society for
Horticultural Science — Tropical Region**

technology for agricultural development

**Hilton Hotel, Port of Spain, Trinidad
8 - 13 September 1985**

Host Institutions

- Caribbean Agricultural
Research and Development
Institute
- Ministry of Agriculture, Lands
and Food Production, Trinidad
& Tobago
- Faculty of Agriculture,
University of the West Indies

Published by the Caribbean Food Crops Society, Box 506, Isabela, Puerto Rico 00662

EFFECTOS DEL "RAYADO MARRON" DE LA YUCA SOBRE EL RENDIMIENTO Y ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS DEL ALMIDO NATIVO

Sonia Castroni y Eckbert Schulz

U.C.V. Facultad de Agronomía, Maracay, Aragua, Venezuela.

RESUMEN

Se seleccionaron clones de yuca susceptibles y tolerantes al rayado marrón. Sus raíces se almacenaron al ambiente (25–30°C; 40–55% HR) y en refrigeración (5–6°C; 80–90% HR) durante 72 y 144 horas. Se determinó el rendimiento de almidón en la pulpa fresca. Se caracterizó los almidones mediante su capacidad de hinchamiento, la solubilidad y la amilografía en suspensiones acuosas.

Mediante observaciones visuales y una documentación fotográfica del avance del deterioro se seleccionaron los clones 'UCV 2459' y 'UCV 2129' como muy susceptibles y los clones 'UCV 2320' y 'UCV 2277' como muy tolerantes al rayado marrón.

Hubo influencia del tiempo y tipo de almacenamiento sobre los rendimientos del almidón, su hinchamiento, solubilidad, temperatura de empaste y conducta amilografía. El almacenamiento de las raíces modificó progresivamente las curvas de viscosidad.

ABSTRACT

Cassava clones were selected for their susceptible and tolerant symptoms to the physiological disorder called "Vascular streaking". Their roots were stored at room temperature (25°C – 30°C, 40% – 55% RH) and at 5°C – 6°C, 80% – 90% RH for 72 and 144 hours.

The length and type of storage influenced the starch yields and solubility and swelling properties of fresh roots. Also there were changes in the starch.

Paste - viscosity in aqueous suspension was registered by an amylograph - Branbender.

Through visual observations and a series of photographs 'UCV 2459' and 'UCV 2129' clones were classified as very susceptible and 'UCV 2320' and 'UCV 2277' as tolerant to vascular streaking.

Las regiones tropicales suministran grades posibilidades para el desarrollo de cultivos de ciclo largo, tales como la yuca, la caña de azúcar y las musáceas; gracias a una constante y alta temperatura y energía radiante, lo que permite a estas plantas brindar los más elevados rendimientos energéticos por hectárea y por año a nivel mundial (11).

En Venezuela el cultivo de la yuca rinde en promedio 10 Ton/ha con una mínima utilización de insumos, las cuales son equivalentes a 3.5 Ton/ha de cereales (8); esta producción es extremadamente importante, pues el país importa alrededor del 65% de los cereales que requiere, siendo en su mayoría destinados a las producciones avícolas y porcinas (14).

Si bien, la yuca constituye una alternativa valiosa dentro de la agricultura tropical, hay un serio problema en el almacenamiento de sus raíces tuberosas frescas después de la cosecha, debido a alteraciones de la pulpa que se manifiestan como finas estrías, primero azuladas y luego marrones, a través de los haces vasculares, conocidas como "rayado marrón". Posteriormente este tejido se descompone y es invadido por organismos saprófitos que aceleran el proceso (10).

Este trabajo fue diseñado para seleccionar aquellos clones de yuca que manifiesten la mayor susceptibilidad y la mayor tolerancia al "rayado marrón"; así como, evaluar el efecto del deterioro sobre el rendimiento, y ciertas propiedades físicas del almidón nativo (no modificado) en los clones seleccionados.

Materiales y métodos

El material empleado fue proporcionado por la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, e incluye los clones de yuca de mejores características agronómicas y comerciales.

I. Selección Del Clon Mas Susceptible Y Del Mas Tolerante Al "Rayado Marron"

La selección se efectuó en plantas de 6 meses de edad de los clones 'UCV 2459', 'UCV 2626', 'UCV 2578', 'UCV 2292', 'UCV 2277', 'UCV 2320', 'Valencia' y 'UCV 2129'.

De cada clon se cosechó una planta y de ella, se seleccionaron 4 raíces reservantes comerciales. 2 de las cuales se cortaron a nivel de pedúnculo y las 2 restantes, a 5cm aproximadamente de la zona proximal. Todas las raíces se identificaron, se pesaron y se colocaron sobre un mesón a temperatura ambiente (23°C – 30°C).

Las observaciones se realizaron a las 48 y a las 144 horas. Se consideró que éstas, eran suficientes para determinar cual clon era más susceptible y cual más tolerante al "rayado marrón".

Al cabo de las 48 horas se hicieron cortes longitudinales y transversales a 2 raíces de cada clon (una con pedúnculo y otra seccionada transversalmente a 5cm de la zona proximal) a fin de evaluar el avance del estriado vascular. Se estimó iniciado cuando aparecieron manchas oscuras iguales o mayores a 2mm.

A las 144 horas se repitió el procedimiento con las dos raíces restantes por clon. Paralelamente se registró el avance del deterioro a través de una documentación fotográfica.

II. Evaluación De Algunas Propiedades Físicas De Los Almidones Bajo Distintos Tratamientos

En esta segunda etapa del trabajo se utilizaron los clones 'UCV 2320', muy tolerante, y 'UCV 2459', muy susceptible al "rayado marrón", producto de la selección realizada previamente.

Tratamientos:

Una vez cosechadas, las raíces de 12 meses de edad se sometieron de forma inmediata a los siguientes tratamientos:

A. Conservación al ambiente:

Temperatura: 25°C – 30°C
Humedad relativa: 40% – 55%

B. Refrigeración:

Temperatura: 5°C – 6°C
Humedad relativa: 80% – 90%

Los valores de temperatura y humedad relativa se obtuvieron a través de un Higrotermógrafo Weather Tropic, Modelo 5025.

Toma de muestras:

El muestreo se realizó siempre sobre material fresco y en la medida en que el daño causado por el "rayado marrón", se incrementaba en función del tiempo de post-cosecha para cada uno de los tratamientos aplicados.

A medida que se realizaba la toma de muestras tal como lo indica el Cuadro 1, se procedió inmediatamente a la extracción del almidón. Para ello, las raíces de yuca se lavaron, se les eliminó la corteza, se pesaron 500g de pulpa, se cortaron en trozos pequeños y se molieron con agua en una licuadora. A continuación se separó el almidón de la suspensión acuosa por lavados sucesivos con agua a través de un tamiz de tela de algodón, el cual se comprimió sucesivamente en forma manual hasta extraer todo el líquido, dejándose sedimentar hasta el día siguiente. Posteriormente y en repetidas ocasiones, se eliminó la suspensión sobrenadante por decantación y se lavó el almidón sedimentado, resuspendiéndose en un nuevo volumen de agua. El almidón decantado se secó en estufa con corriente de aire durante 24 horas a una temperatura de 50°C. Finalmente se molió en un mortero y se colocó a temperatura ambiente (27°C) en envases plásticos herméticamente tapados para su posterior análisis.

Cuadro 1. Toma de las muestras para cada tratamiento respecto al tiempo de post-cosecha.

Tiempo (h)	Clon UCV 2459		Clon UCV 2320	
	Ambiente	Refrigeración	Ambiente	Refrigeración
0	X(T ₀)	-	X(T ₀)	-
72	X(T _{3A})	X(T _{3R})	X(T _{3A})	X(T _{3R})
144	X(T _{6A})	X(T _{6R})	X(T _{6A})	X(T _{6R})

X= toma de muestras.

Rendimiento (%) de almidón luego de secado a 50°C, en la pulpa fresca de 4 clones de yuca, previamente sometidos a distintas condiciones de almacenamiento (g almidón/100 g pulpa fresca).

El almidón seco se pesó y cada valor obtenido correspondió al contenido del mismo en 500 gramos de pulpa fresca. El rendimiento se expresó en porcentaje (gramos de almidón/100g de pulpa fresca).

Hinchamiento y solubilidad:

Para determinarlos se usó el método de Leach et al. (7). Se tomó un tubo de centrifuga previamente pesado al cual se agregó un gramo de almidón. Se le añadió 36ml de agua destilada y se introdujo en un baño de María a la temperatura deseada (55, 65, 75, 85°C) por 30 minutos, agitando frecuentemente para mantener la suspensión; transcurrido el tiempo se extrajo el tubo, se secó exteriormente, se dejó enfriar y se lavó el agitador con poca agua (menos de 3ml); posteriormente se agregó agua destilada hasta completar 40ml y se centrifugó durante 10 minutos a 350 r.p.m. Luego se separó el precipitado del sobrenadante.

El precipitado se secó a 45°C por 15 minutos en estufa con corriente de aire; luego se dejó enfriar y se pesó; por diferencia de peso se obtuvo el hinchamiento. Del sobrenadante se tomó una alícuota de 10ml, se colocó en un beacker previamente pesado y se evaporó a sequedad en una estufa a 120°C durante 4 horas; se dejó enfriar durante 30 minutos en un desecador y se pesó para calcular la solubilidad, la cual representa el residuo seco o fracción soluble, correspondiente al gramo de almidón original.

Las formulas para calcular el hinchamiento y la solubilidad son las siguientes:

$$\text{Hinchamiento} = \frac{C - B}{B - A} \times 100$$

$$\text{Solubilidad} = \frac{E - D}{B - A} \times 400$$

A = Peso del tubo vacío

B = Peso del tubo con muestra

C = Peso del tubo luego de calentar a 45°C por 15 minutos

D = Peso del beacker vacío

E = Peso del beacker después de calentar a 120°C

Amilografía:

Para medir la viscosidad de la pasta del almidón se utilizó el viscoamilógrafo Brabender de velocidad constante, siguiendo la metodología de Mazurs y colaboradores (9) usada para pastas de pH 5 a 7, con una concentración de 6% de almidón. La curva se trazó calentando la suspensión de almidón desde 30°C hasta 95°C, manteniendo la pasta a 95°C durante 10 minutos y enfriándola a 50°C, donde se mantuvo por 10 minutos y se enfrió hasta 30°C.

Resultados y Discusion

1. SELECCION DEL CLON MAS SUSCEPTIBLE Y DEL MAS TOLERANTE AL "RAYADO MARRON"

Mediante una evaluación visual del avance del deterioro fisiológico en las raíces de yuca y una documentación fotográfica del mismo se seleccionaron a los clones 'UCV 2459' y 'UCV 2129' como los más susceptibles y a 'UCV 2320' y 'UCV 2277' como los más tolerantes al "rayado marrón". Entre ellos, el clon UCV 2459 (muy susceptible) y el clon UCV 2320 (muy tolerante) manifestaron un comportamiento extremo con relación al tiempo que transcurre desde la cosecha de las raíces hasta el inicio del deterioro.

II. EVALUACION DE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS DE LOS ALMIDONES BAJO DISTINTO TRATAMIENTOS

La determinación de rendimiento de almidón se realizó en raíces de 12 meses de edad, de los clones 'UCV 2459', 'UCV 2129' (amargos y susceptibles al "rayado marrón") y 'UCV 2277' (amargo y tolerante) y 'UCV 2320' (dulce y tolerante al deterioro); los resultados se observan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Rendimiento (%) de almidón luego de secado de 50°C, en la pulpa fresca de 4 clones de yuca, previamente sometidos a distintas condiciones de almacenamiento (g almidón/100 g pulpa fresca)

Tratamiento	Clones			
	'UCV 2129'	'UCV 2459'	'UCV 2277'	'UCV 2320'
T ₀	24,00	32,36	19,38	15,92
T _{3A}	18,34	20,02	15,62	14,65
T _{3R}	12,39	14,30	18,68	15,44
T _{6A}	10,94	9,34	15,54	12,46
T _{6R}	12,02	10,04	15,56	13,34

Observando los tratamientos testigos de los 4 clones se puede notar que existen diferencias en cuanto al contenido de almidón de sus raíces, obteniéndose los mayores porcentajes en aquellas amargas. Los rendimientos obtenidos de las raíces del tratamiento T₀ se ubican dentro del rango señalado por la literatura para raíces de yuca, el cual oscila entre 12% y 33% (5, 15).

Así mismo, se observa que, en función del tiempo de almacenamiento, las mayores variaciones se presentan en los clones susceptibles.

Como era de esperarse, el mayor rendimiento en almidón se obtiene en las raíces recién cosechadas (T₀) y su contenido en los mismos se modifica por las condiciones de almacenamiento. Así se observa que las pérdidas se incrementan con el tiempo de almacenamiento y son mayores en las raíces conservadas al ambiente, lo cual coincide con Pacheco (13), con excepción de los tratamientos T_{3A} y T_{3R} en los clones 'UCV 2459' y 'UCV 2129' (susceptibles).

Según Booth (1, 2) durante el almacenamiento ocurren conjuntamente con las pérdidas de agua, disminución en el contenido de materia seca por la respiración; se trata de pérdidas endógenas naturales, unidas a las pérdidas de agua por transpiración y marchitez. En el caso del almacenamiento de papas, Burton (4) ha señalado que ocurre una continua

conversión de almidón a azúcar, y de una forma de azúcar a otra, y de azúcares a almidón. Se ha aislado -Braverman (3) - la fosforilasa -P- enzima de la papa que puede sintetizar a partir de glucosa 1-fosfato una cadena lineal de amilosa, dado que la reacción de fosforilación es reversible:

$$n (\infty \text{ glucopiranososa - 1 fosfato}) \rightleftharpoons \text{amilosa} + n (\text{H}_3\text{PO}_4);$$

para que se inicie la reacción debe existir una sustancia "cebo" en forma de polímero pequeño de glucosa.

Probablemente este proceso sea la respuesta al por qué, en los clones susceptibles, el contenido de almidón fue mayor en el tratamiento T_{3A} que en el T_{3R}.

En los clones tolerantes ('UCV 2277' y 'UCV 2320') se observa poca variación en el contenido de almidón a lo largo del tiempo de almacenamiento, con una mayor transformación del polímero en aquellas raíces conservadas al ambiente.

De lo anteriormente expuesto se puede afirmar, que el almacenamiento provoca pérdidas en términos de cantidad y calidad de las raíces de yuca, siendo éstas mayores en los clones susceptibles al "rayado marrón".

Análisis de los resultados de hinchamiento y solubilidad

Como se esperaba, hubo un mayor hinchamiento con incrementos de la temperatura en los almidones de ambos clones (Cuadro 3). Este comportamiento es consecuencia del efecto de la temperatura sobre los enlaces de hidrógeno, debilitándolos y permitiendo la absorción progresiva de agua por el gránulo; este proceso continúa hasta la temperatura de gelatinización del almidón; en la cual el gránulo presenta su máximo hinchamiento antes de que ocurra su ruptura y posterior solubilización (6).

Los almidones del clon susceptible ('UCV 2459') manifiestan un grado de hinchamiento variable de acuerdo al tratamiento post-cosecha aplicado. Aquellos que hinchan lentamente, evidencian un debilitamiento progresivo de las fuerzas de asociación dentro del gránulo (tratamientos T₀ y T_{3A} del clon UCV 2459). En contraste, los almidones del clon tolerante ('UCV 2320') hinchan en forma brusca bajo los distintos tratamientos, excepto el T_{6A}.

Cuadro 3. Porcentaje de hinchamiento a diferentes temperaturas de los almidones de 2 clones de yuca, sometidos preciamente a distintas condiciones de almacenamiento.

Temperaturas (°C)	Clones	Tratamientos				
		T ₀	T _{3A}	T _{3R}	T _{6A}	T _{6R}
55	UCV 2459	36, 23	159, 19	67, 05	107, 04	102, 59
	UCV 2320	153, 49	272, 74	263, 18	190, 25	148, 96
65	UCV 2459	750, 46	495, 91	1033, 39	1630, 39	1380, 19
	UCV 2320	1855, 37	2052, 23	2021, 56	1595, 78	1897, 96
75	UCV 2459	1833, 91	975, 30	2795, 63	3039, 41	3219, 04
	UCV 2320	3143, 56	3202, 51	3202, 05	2551, 72	3193, 39
85	UCV 2459	2466, 78	1385, 00	3206, 86	3199, 08	3270, 83
	UCV 2320	3204, 94	3185, 46	3161, 93	3246, 90	3182, 36

El valor más alto de hinchamiento es alcanzado por los almidones del tratamiento T_{6A} en el clon susceptible, ('UCV 2459') y por los almidones del tratamiento T_{6A} en el clon tolerante ('UCV 2320').

Es interesante destacar que el clon UCV 2320 manifiesta un poder de hinchamiento superior que el clon UCV 2459; esto es indicio, de una mayor porosidad de sus gránulos del almidón, lo cual permite una mayor absorción y reacción del agua caliente de la suspensión con los enlaces de hidrógeno de las moléculas; así mismo, puede ser consecuencia de una

mayor elasticidad de los enlaces de asociación molecular, lo cual le confiere al gránulo un mayor grado de hidratación y por consiguiente, un poder de hinchamiento superior.

Se observa, que el hinchamiento incrementó con la temperatura en los distintos tratamientos post-cosecha aplicados, con ligeras variaciones en el clon tolerante ('UCV 2320') a 85°C para los tratamientos T_{3A}, T_{3R} y T_{6A}, con respecto a la temperatura inmediata inferior, los cuales se consideran insignificantes (Figura 1 y 2).

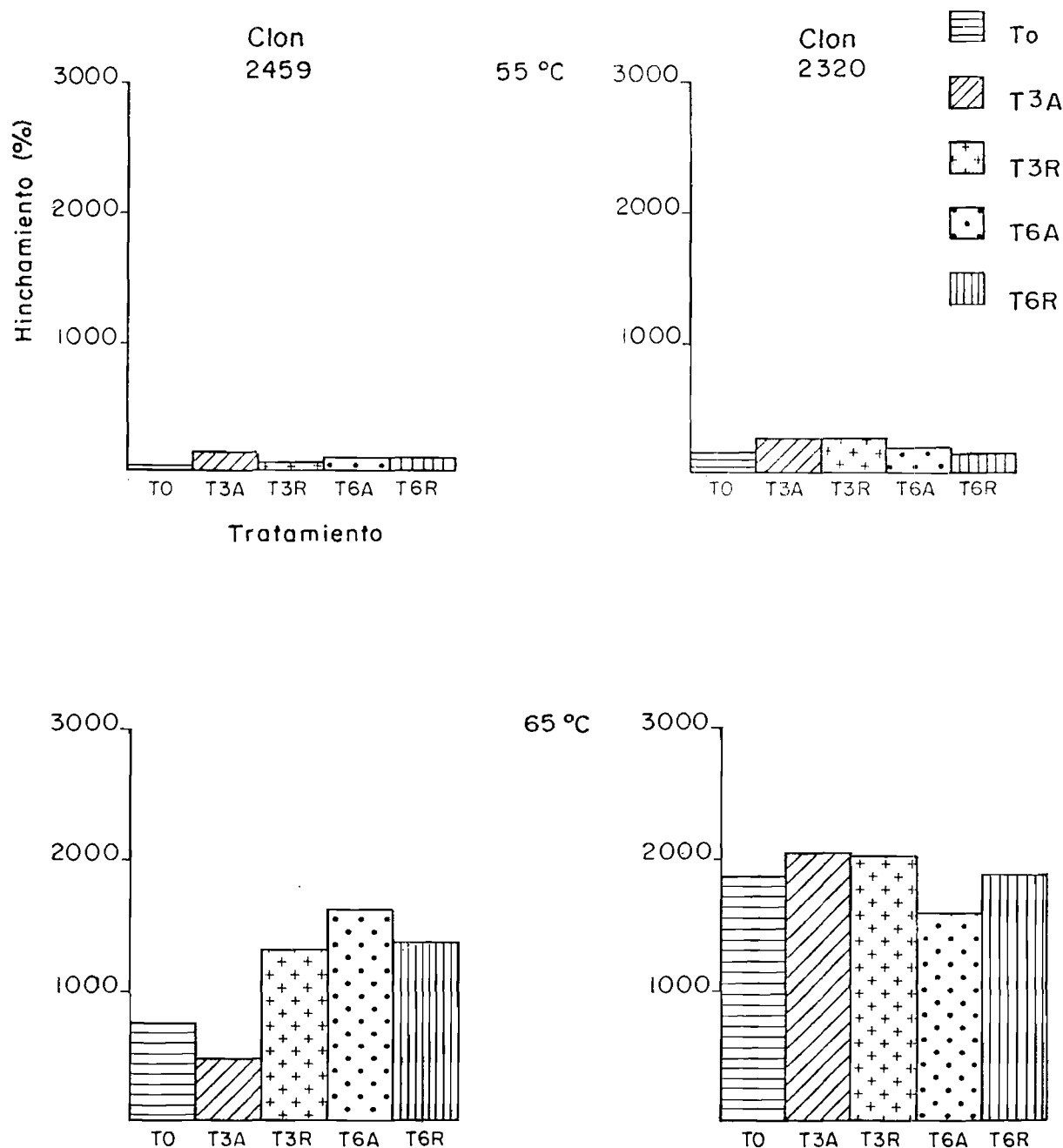


FIGURA 1. Histogramas de porcentajes de hinchamiento a 55°C y 65°C, de los almidones de los clones de yuca 'UCV 2459' y 'UCV 2320', sometidos previamente a distintas condiciones de almacenamiento.

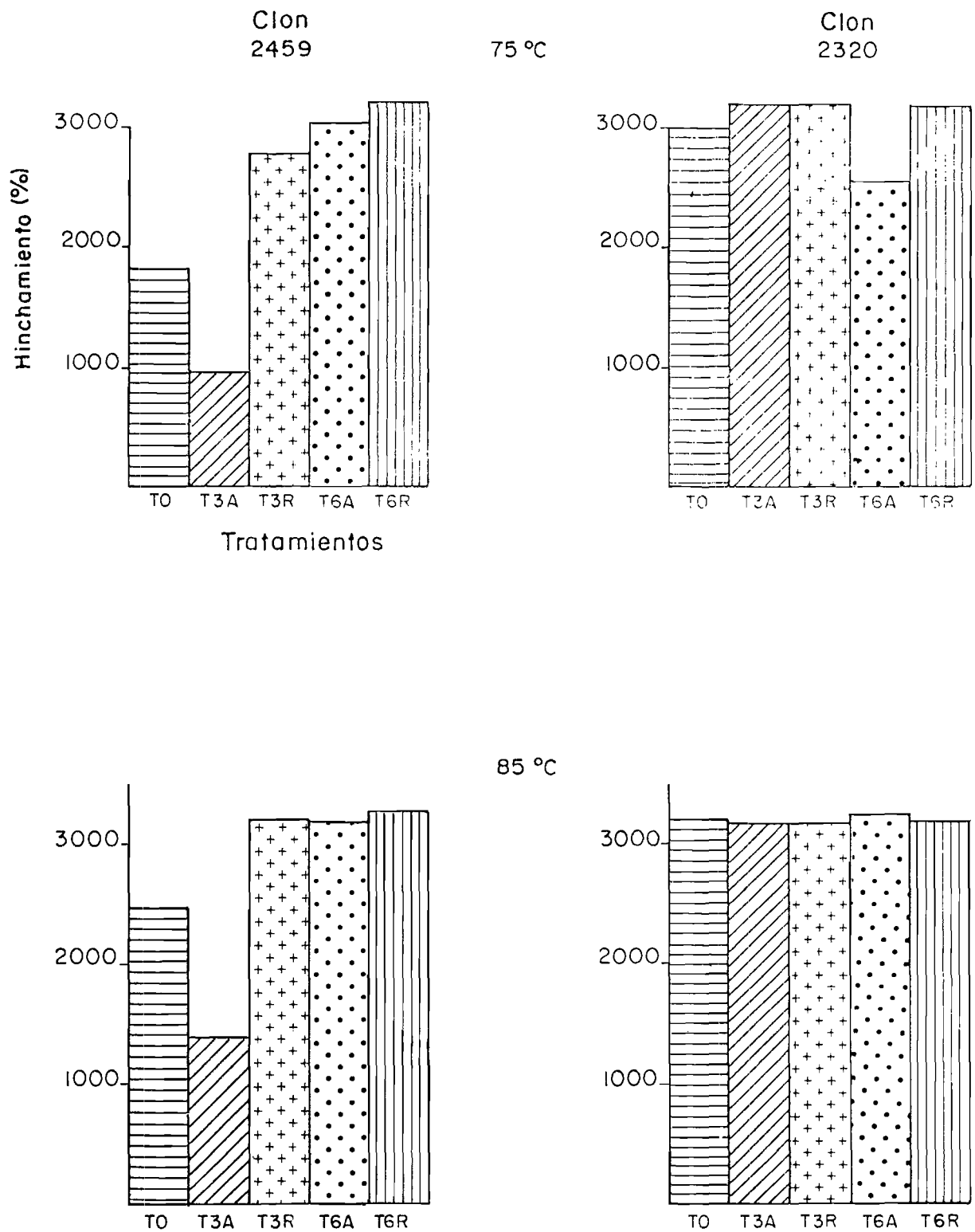


FIGURA 2. Histogramas de porcentaje de hinchamiento a 75°C y 85°C, de los almidones de los clones de yuca 'UCV 2459' y 'UCV 2320', so metidos previamente a distintas condiciones de almacenamien̄to.

Analizando los valores de hinchamiento obtenidos para cada tratamiento, se encuentra que éstos son prácticamente mínimos a 55 °C en ambos clones, en otras palabras no puede observarse una tendencia definida a esta temperatura, a diferencia de las restantes; T₀ representa el tratamiento testigo, el comportamiento de almidón nativo de yuca no sometido a almacenamiento. Se observa claramente, que este almidón no almacenado presenta un grado de hinchamiento inferior con relación a los restantes. Este comportamiento se manifiesta en ambos clones y a las distintas temperaturas con excepción del clon UCV 2320 a la temperatura de 75 °C y 85 °C cuyos valores de hinchamiento no difieren de los otros obtenidos en el almacenamiento. El comportamiento del almidón del tratamiento T₀, observando las gráficas de las figuras 1 y 2, permite deducir que de algún modo, el almacenamiento tiene un efecto sobre el grado de hinchamiento del gránulo.

Al analizar el comportamiento de los almidones del clon UCV 2459 bajo el tratamiento T_{3A}, especialmente si éste se compara con el tratamiento T_{6A} y con la curva de viscosidad del mismo T_{3A} (Figura 4), se puede deducir que ha ocurrido en estos almidones la formación de nuevos enlaces entre las moléculas adyacentes (enlaces cruzados), de una forma similar a la empleada en la tecnología de los alimentos al producirse los almidones llamados modificados.

En la formación de estos enlaces posiblemente hayan intervenido otras moléculas provenientes de fragmentos de almidón desintegrado, mono y disacáridos, etc., los cuales, en los gránulos de almidón sin hinchar reaccionan con los grupos hidroxilo de las moléculas vecinas, formando de esta manera una estructura reticular con enlaces cruzados cuya función es reforzar los puentes de hidrógeno dentro del gránulo, pudiendo así resistir la ruptura durante la cocción y controlar el hinchamiento (6). Con el incremento del tiempo de almacenamiento al ambiente y por consiguiente del deterioro (trata-

miento T_{6A} del clon UCV 2459), estos nuevos enlaces se debilitan y el hinchamiento aumenta.

El comportamiento de los gránulos de almidón el calentamiento en el clon UCV 2320, fue muy similar en los distintos tratamientos (Figuras 1 y 2). A diferencia del clon susceptible ('UCV 2459'), aquel no manifiesta variaciones notables en cuanto al grado de hinchamiento entre dichos tratamientos. Es importante destacar que los almidones sometidos a los tratamientos T_{3A} y T_{3R} mostraron un grado de hinchamiento muy similar bajo las diferentes temperaturas; con los tratamientos T_{6A} y T_{6R} para el mismo clon hubo algunas diferencias a 65 °C y 75 °C.

Las diferencias en cuanto al nivel de daño alcanzado determinó posiblemente, en este caso, el comportamiento de sus gránulos de almidón durante el calentamiento.

Los porcentajes de solubilidad encontrados para los almidones de ambos clones se muestran en el Cuadro 4. Su determinación se realizó a las temperaturas de 55 °C, 65 °C y 75 °C en todos los tratamientos.

En vista de que no hubo marcadas diferencias entre los valores obtenidos para los distintos tratamientos en las temperaturas mencionadas, se tomó el valor promedio y se tabuló y graficó el porcentaje de solubilidad para los rangos de temperatura: 55 °C – 65 °C y 65 °C – 75 °C.

En los histogramas de la Figura 3, se observa que la solubilidad del almidón incrementa con la temperatura. Al igual que el grado de hinchamiento, el porcentaje de solubilidad alcanzado por los almidones del clon UCV 2320, fue mayor que aquel logrado por los almidones del clon UCV 2459 en los distintos tratamientos; no obstante, los valores indican una solubilidad moderada en todos ellos. Los almidones mas solubles son aquellos del tratamiento T_{6R} en el clon susceptible ('UCV 2459') y los del tratamiento T_{3R} en el clon tolerante ('UCV 2320').

Cuadro 4. Porcentaje de solubilidad a diferentes rangos de temperatura, de los almidones de 2 clones de yuca, sometidos previamente a distantes condiciones de almacenamiento.

Rangos de temperatura (°C)	Tratamientos					
	Clones	T ₀	T _{3A}	T _{3R}	T _{6A}	T _{6R}
55-65	UCV 2459	3,57	5,11	3,66	4,85	5,85
	UCV 2320	6,56	7,00	8,15	5,42	7,14
65-75	UCV 2459	8,47	9,24	11,29	9,19	11,50
	UCV 2320	11,45	10,09	12,83	12,39	11,60

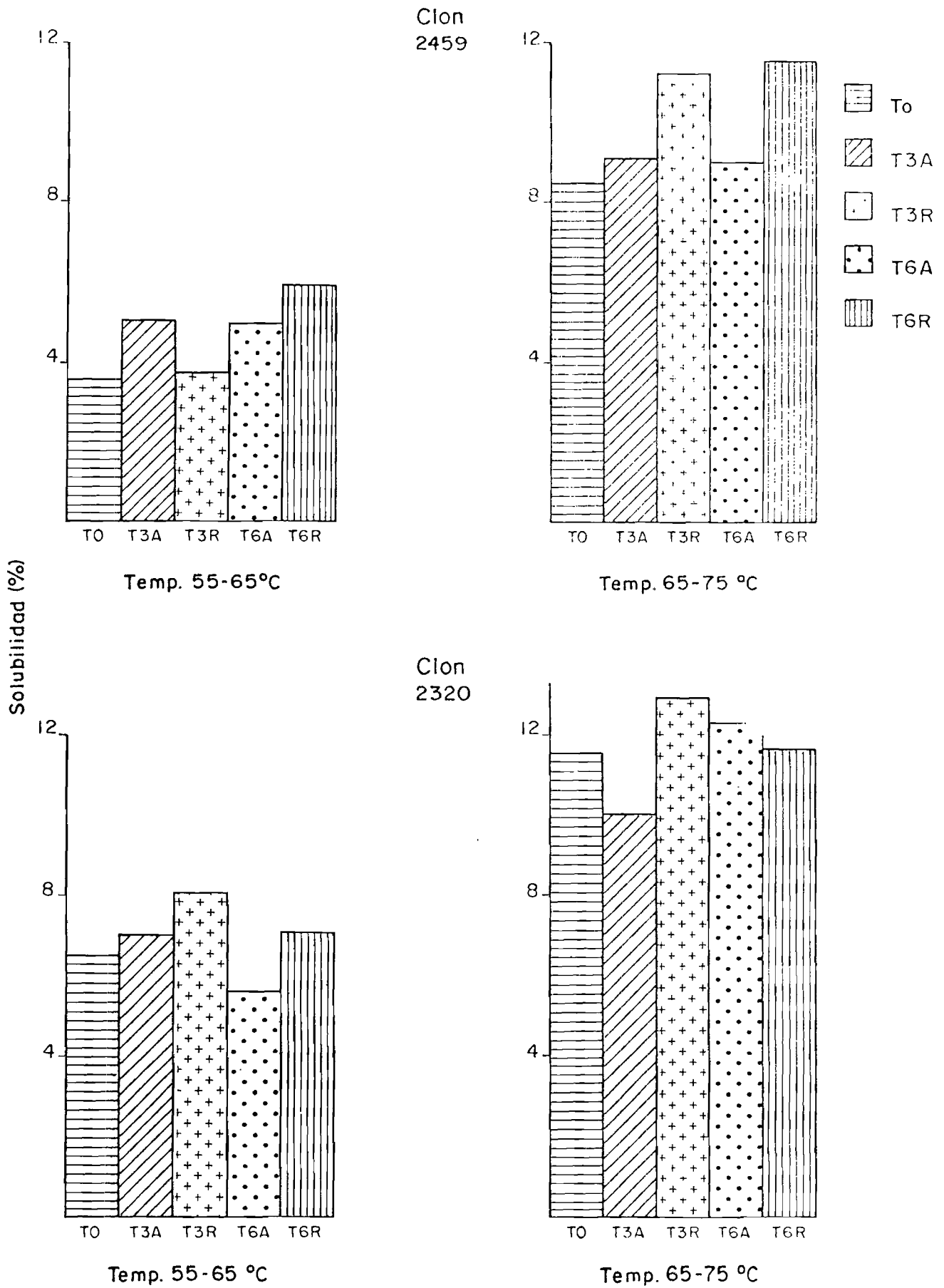


FIGURA 3. Histogramas de porcentaje de solubilidad a diferentes rangos de temperatura, de los almidones de los clones de yuca 'UCV 2459' y 'UCV 2320', sometidos previamente a distintas condiciones de almacenamiento.

Análisis de las propiedades reológicas de los almidones nativos bajo distintos tratamientos

Observando los amilogramas obtenidos para los almidones nativos de los clones de yuca sometidos a diferentes tratamientos post-cosecha, se destacan las variaciones en la temperatura de empaste y viscosidad de dichos almidones (Cuadro 5, Figuras 4 y 5). Los almidones del tratamiento testigo (T_0) del clon UCV 2459 empastan o gelatinizan a una temperatura más alta (68 °C) que los almidos del mismo tratamiento del clon 'UCV 2320 (65°C), lo cual evidencia mayor grado de asociación en las zonas amorfas de los gránulos en el primero.

Los rangos de temperatura de gelatinización varían con los distintos tratamientos, para el clon UCV 2459. Las temperaturas iniciales en el clon tolerante ('UCV 2320') son muy próximas, llegando a coincidir en algunos casos; dichas temperaturas varían entre 64 °C y 65 °C y las finales entre 77 °C y 86 °C. En el clon susceptible ('UCV 2459') la temperatura inicial oscila entre 67 °C y 71 °C y la final entre 76 °C y 95 °C, lo cual permite deducir que el deterioro de la raíz juega un papel importante en el comportamiento de la pasta de almidón durante su cocción. Así mismo, se observa que los valores de viscosidad máxima alcanzados por los almidones del clon UCV 2320 coinciden en todos los tratamientos con excepción del T_{6A} y son, en todos los casos, superiores a los logrados por el clon UCV 2459.

El declive de la viscosidad de la pasta de almidón cuando se mantiene la temperatura constante a 95 °C durante 10 min., es un índice de su estabilidad durante la cocción y éste se correlaciona positivamente con el grado de hinchamiento, de modo que aquellos almidones que hinchan más, son más susceptibles a la ruptura (6).

De acuerdo con esto y según se observa en la figura 5, el clon UCV 2320 manifiesta de modo general un declive pronunciado de su viscosidad comparado con el clon UCV 2459 lo cual tiene, a su vez,

relación directa con el menor grado de asociación de sus moléculas y por consiguiente, su mayor facilidad para hinchar.

El clon tolerante ('UCV 2320') presenta curvas de viscosidad muy semejantes entre sí; las diferencias que existen se manifiestan principalmente durante la etapa de enfriamiento, donde ocurre una gelificación o reaglomeración de moléculas, por la expulsión del agua y la formación de nuevas fuerzas intermoleculares, cuya magnitud está en función del tiempo y tipo de almacenamiento. La retrogradación incrementa con el tiempo de almacenaje y es mayor en los almidones conservados al ambiente.

Para este mismo clon, el amilograma correspondiente al tratamiento T_{6A} presenta ciertas diferencias con relación a los restantes; entre ellas: requiere mayor tiempo para alcanzar la máxima viscosidad siendo ésta menor que las logradas por las pastas de almidón de los otros tratamientos, esto tiene relación directa con su reducido grado de hinchamiento, analizado anteriormente. Su comportamiento cuando se mantiene la temperatura constante durante 10 minutos a 95 °C es semejante al de las otras curvas, sin embargo, durante la etapa de enfriamiento manifiesta el mayor grado de interacción molecular (retrogradación).

En las curvas de viscosidad del clon UCV 2459, se nota que aún cuando siguen una tendencia similar (con excepción de tratamiento T_{3A}), existen diferencias que justifican su mención.

Se observa que las pastas de almidón manifiestan una marcada variación en cuanto a su rango de temperatura de gelatinización, lo cual a su vez se traduce, en diferencias con relación al tiempo requerido para alcanzar la máxima viscosidad. Así tenemos que aquellos almidones que hinchan más, muestran los más altos picos de viscosidad y la mayor inestabilidad de su pasta cuando son sometidos al efecto del calor y agitación constantes.

Observando las curvas se destaca que las pastas de los almidones de los tratamientos T_{3A} y T_{3R} necesi-

Cuadro 5. Propiedades reológicas tomadas de las curvas amilográficas de almidones al 6% de humedad en dos clones de yuca sometidos a diferentes condiciones de almacenamiento.

Almidón	Temperatura de empaste (°C)	Viscosidad en unidades Brabender (UB)	Viscosidad en unidades Brabender (UB)					
			Máxima	Luego de 10 m a 95°C	Luego de 10 m a 50°C	Luego de 10 m a 50°C	Luego de 10 m a 50°C	30°C
T_0 2459	68	910	500	340	360	380	400	
	2320	65	980	480	350	430	480	580
T_{3A} 2459 *	71	340	340	340	420	460	520	
	2320	64	980	410	320	420	480	600
T_{3R} 2459	70	900	480	300	280	300	340	
	2320	64	980	400	320	410	460	500
T_{6A} 2459	-	-	-	-	-	-	-	
	2320	65	940	560	400	520	680	770
T_{6R} 2459	67	940	340	260	300	320	360	
	2320	65	980	540	420	560	600	680

(*) Material insuficiente

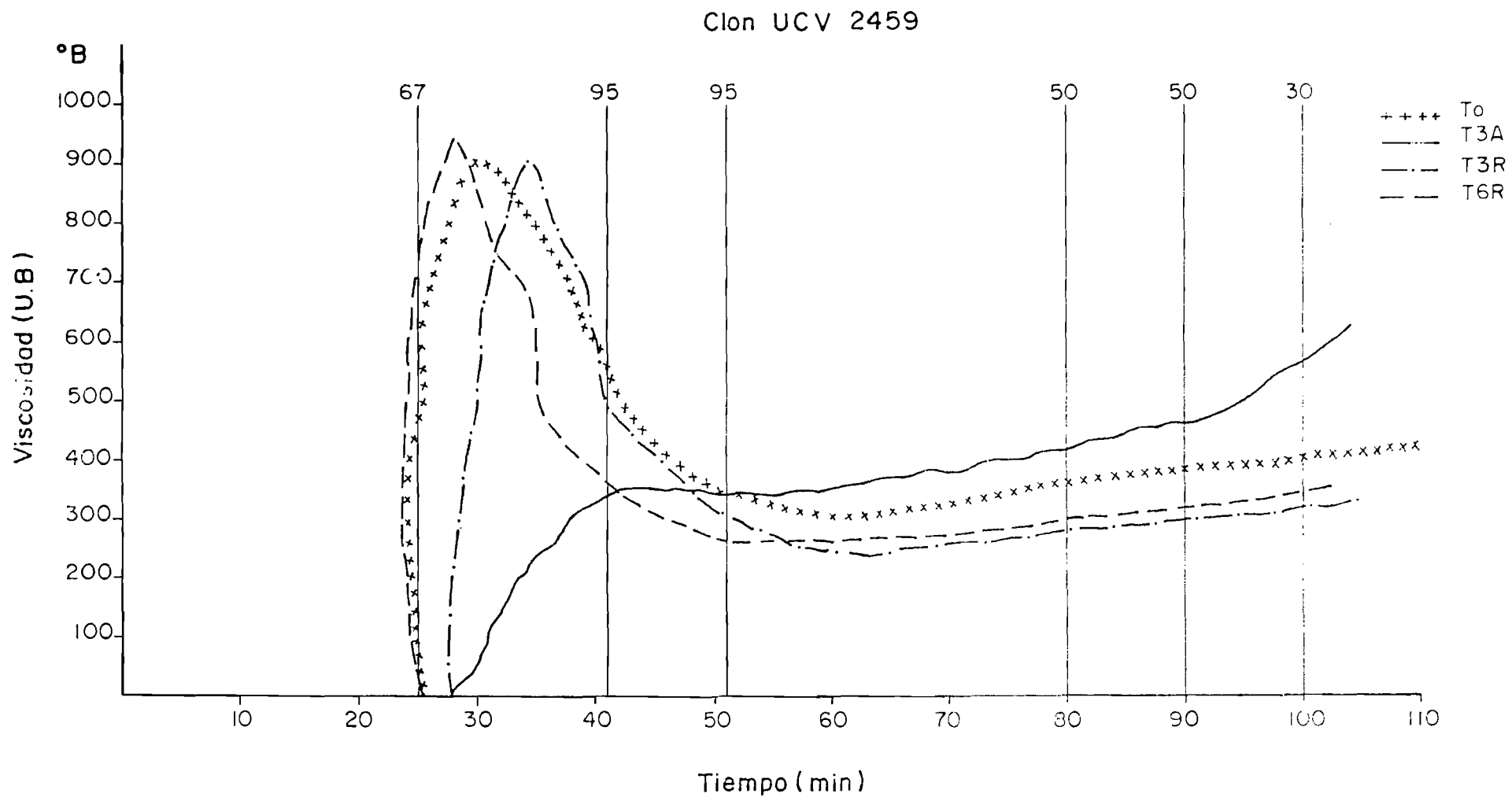


FIGURA 4. Amilogramas de almidones del clon de yuca 'UCV 2459', sometido previamente a distintas condiciones de almacenamiento.

Clon UCV 2320

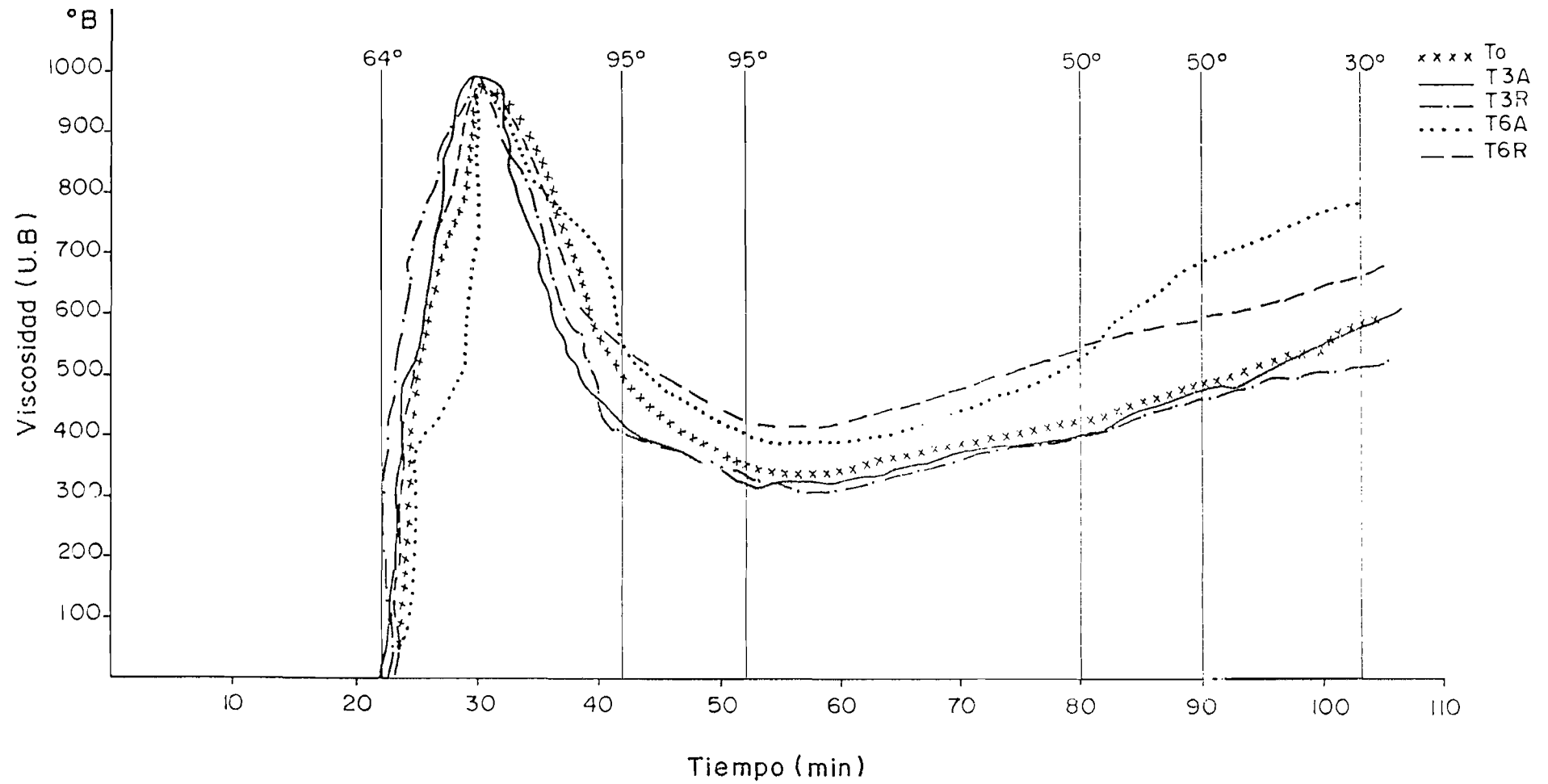


FIGURA 5. Amilogramas de almidones del clon de yuca 'UCV 2320', sometido previamente a distintas condiciones de almacenamiento.

tan mayor tiempo para iniciar la elevación de su viscosidad, lo cual significa que en sus almidones existe un mayor grado de asociación intermolecular. Ejemplo típico de ello, lo constituye el almidón del tratamiento T_{3A}, cuya pasta sufrió una modificación producto de la formación de nuevos enlaces, lo cual se manifiesta en una viscosidad moderada y una alta retrogradación durante la etapa de enfriamiento. Este resultado coincide con los señalados por Pacheco (12), quien menciona que las curvas de viscosidad de raíces almacenadas se modifican progresivamente, no siempre para empeorar; en algunos casos, las raíces almacenadas producen almidones con buenas curvas de viscosidad.

Con relación al tratamiento T_{6A} del clon UCV 2459, no pudo realizarse el amilograma correspondiente, dado que no se dispuso de suficiente material. El uso de un método diferente para obtener dicho amilograma, no hubiese permitido la realización de un análisis comparativo.

Conclusiones

1. De los clones seleccionados en la Etapa I del trabajo, el clon UCV 2459 (muy susceptible) y el clon UCV 2320 (muy tolerante) manifestaron un comportamiento extremo con relación al tiempo que transcurre desde la cosecha de las raíces hasta el inicio del deterioro.
2. Aunque los síntomas del deterioro post-cosecha de los clones 'UCV 2459' y 'UCV 2320' son los mismos, la diferencia estriba en que en éste último, el daño se desarrolla en un período de tiempo mayor, dependiendo de tratamiento post-cosecha aplicado.
3. Las raíces de yuca de ambos clones conservadas al ambiente manifestaron síntomas de deterioro dentro de las primeras 48 horas. El almacenamiento en refrigeración (5°C - 6°C) conservó las raíces en buenas condiciones, no observándose el daño a lo largo del período de preservación establecido (6 días).
4. Los materiales genéticos ('UCV 2320', 'UCV 2277', 'UCV 2459' y 'UCV 2129') mostraron ciertas diferencias en su rendimiento en almidón. Los más altos porcentajes fueron manifestados por los clones amargos.
5. Los rendimientos obtenidos de las raíces del tratamiento T₀ se ubican dentro del rango señalado por la literatura. Tales rendimientos se modifican en función del tiempo y tipo de almacenamiento. Las mayores variaciones se manifestaron en los clones susceptibles ('UCV 2459' y 'UCV 2129').
6. Los patrones de hinchamiento y solubilidad progresiva obtenida de los gránulos de almidón de ambos clones cuando son calentados en agua, indicaron una débil asociación molecular dentro del gránulo, la cual fue más pronunciada en el clon tolerante ('UCV 2320').
7. La temperatura de empaste varió en función de tiempo y tipo de almacenamiento en el clon susceptible ('UCV 2459'); en contraste, no se manifestaron mayores variaciones en el clon tolerante ('UCV 2320').

8. El almidón nativo de yuca es frágil, inestable a la cocción y al manejo mecánico. El almacenamiento de las raíces modificó progresivamente las curvas de viscosidad, principalmente en el clon susceptible ('UCV 2459'). Las raíces del clon UCV 2459 conservadas 3 días al ambiente produjeron almidones con menor hinchamiento y mayor estabilidad a la cocción y fuerza mecánica.
9. El almidón nativo de yuca se puede emplear en la industria textil y de papel, pero por su textura elástica o cauchosa, es indeseable en la industria de alimentos.

Recomendaciones

- A. Se recomienda realizar ensayos que permitan evaluar la susceptibilidad de los materiales genéticos al "rayado marrón" de la raíz en función de distintas épocas de cosecha.
- B. Llevar a cabo nuevos ensayos con períodos de almacenamiento prolongados y realizando la toma de muestras de almidón a intervalos de tiempo menores, con el propósito de obtener información con un mayor rango de seguridad, con relación al efecto que el deterioro post-cosecha de las raíces de yuca ejerce sobre el hinchamiento y solubilidad del almidón y la viscosidad de sus pastas.
- C. Evaluar la modificación que sufre la viscosidad de las pastas de almidón en raíces sometidas a distintos métodos de almacenamiento.

Referencias Bibliográficas

1. Booth, R.H. 1974. Post-harvest deterioration of tropical root crops: losses and their control *Tropical Science*, 16: 49-63.
2. Booth, R.H. 1977. Storage of fresh cassava (*Manihot esculenta*) II Simple storage techniques *Expl. Agric.* 13: 119-128.
3. Braverman, J.B.S. 1980. Introducción a la bioquímica de los alimentos. 3a. Ed. Omega. Barcelona. España (5): 63-77, (7) y (8): 90-110; (12): 190-191.
4. Burton, W.G. 1966. The potato. Ed. Veenman y Zonen Wageningen. Holland. pp. 210-251.
5. Edwards, D. 1974. The industrial manufacture of cassava products. An Economic study. *Trop. Prod. Inst.* Chap. 1. 22p.
6. Leach, H.W. 1965. Gelatinization of starch. In *Starch: chemistry and technology*. Whistler and Paschall (eds) Academic Press. New York. Vol. I Chapter XII.
7. Leach, H.W. *et al.* 1959. Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chemistry*, 36 (6): 534 pp.
8. M.A.C. 1973. Anuario 1972. Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas, Venezuela. pp. 170-177.
9. Marzus, E. *et al.* 1957. Graphical analysis of the Bar-bender viscosity of various starches. *Cereal Chem.* 34 (3): 141-152.
10. Montaldo, A. 1979. La yuca o mandioca. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.F.A. San Jose, Costa Rica 381 pp.
11. Montaldo, A. *et al.* 1979. La yuca y su agronidustria. (Anteproyecto de Programa de Desarrollo sometido a consideración del Ministerio de Agricultura y Cría). Pub. Mis Fac. Agronomía U.C.V. 24 pp.

12. Pacheco, J.A. de C. 1952. Alteracoes de qualidade de fécula o armazenamento das raizes de mandioca. *Bragantia* (Campinas) 12 (7/8): 297.
13. Pacheco, J.A. de C. 1954. Alteracoes do teor de amido durante armazenamento das raizes da mandioca. *Bragantia* (Campinas) 13 (Nota 6): XV – XVI.
14. Pacheco P., H.P. 1980. Producción agropecuaria y la seguridad y Defensa Nacional. M.A.C. Desarrollo General de Desarrollo Agrícola. p. 21.
15. Shipman, L. 1967 Industrial aspects. In *Starch: Chemistry and technology*. R.L. Whistler and Paschall, (eds.) Academic Press, New York.