

MODIFICACIONES QUIMICAS DURANTE LA CONSERVACION DE RAICES Y TUBERCULOS (*)

N. Czyhrinciw y W. Jaffé
Instituto Nacional de Nutrición

INTRODUCCION

La conservación y el almacenaje de los alimentos tienen una gran importancia tanto nutrológica como económica. Las pérdidas de los productos alimenticios, sea por putrefacción, pérdida de peso seco o pérdida de principios nutritivos especiales (vitaminas, etc.), dependen mucho de las condiciones de temperatura, humedad, renovación del aire, etc., existentes durante el almacenaje. Los productos que se conservan en estado crudo (verduras, legumbres, frutas) siempre sufren más pérdidas que aquellos que se almacenan secos, como los granos, por ejemplo. La papa y en menor grado la batata se han estudiado a este respecto, mientras que sobre los tubérculos típicamente tropicales casi no existen datos.

El problema es tanto más importante cuanto que algunos de los productos tropicales como apio y yuca, por ejemplo, no se pueden conservar sin precauciones sino por 1-3 semanas después de cosechadas, es decir, un tiempo apenas suficiente para el transporte y la venta al detal. En los países tropicales, las épocas de cosecha son, por lo general, menos limitadas que en países de las zonas templadas y, por lo tanto, no hay necesidad de una conservación tan prolongada como en aquéllas. Sin embargo, por dos razones, una conservación es de considerable importancia también en zonas tropicales, a saber: lo que se podría llamar "conservación breve", de dos semanas, más o menos, para el tiempo necesario para transporte y distribución al consumidor y "conservación larga", de dos meses o más, para nivelar el mercado. Por estas razones se inició el presente estudio, que forma parte de una serie de experimentos todavía no concluídos.

(*) Recibido el 26 de marzo de 1951.

En las pérdidas de raíces y tubérculos durante el almacenaje se pueden distinguir por lo menos cinco diferentes causas, a saber: desecamiento, infección con hongos u otros microorganismos, germinación, respiración y otros procesos bioquímicos internos. Generalmente, todos estos procesos se frenan en mayor o menor grado a temperaturas bajas. Sin embargo, existe una temperatura óptima y específica para cada producto. Si las papas, por ejemplo, llegan a temperaturas cerca de 0°C., se frenan los procesos bioquímicos internos de una manera desigual, lo que da por resultado un acúmulo de azúcar en el tubérculo y un sabor desagradable. A las temperaturas más bajas de cero (C°) viene la congelación de los tejidos. Por lo general, este fenómeno ofrece cambios estructurales que pueden ser indeseables bajo el punto de vista organoléptico y que muy frecuentemente influyen desfavorablemente en la posibilidad de mantener los productos por algún tiempo a temperatura ordinaria después de descongelarlos.

La posibilidad de conservación de productos frescos es muy diferente de unos casos a otros. Por ejemplo, tomates frescos, maduros, no se pueden almacenar por más de siete o diez días bajo condiciones óptimas, mientras que las papas se conservan por varios meses.

En el presente trabajo se efectuaron experimentos con los productos siguientes:

- Apio (*Arracacia xanthorrhiza*, Bancr.)
- Batata (*Ipomoea batata*, Lam.)
- Mapuey (*Dioscorea trifida*, L.)
- Ñame (*Dioscorea alata*, L.)
- Ocumo (*Xanthosoma sagittifolium*, Schott.)
- Yuca dulce (*Manihot aipi*, Pohl)

Se estudiaron las siguientes sustancias y características: pérdida bruta, peso seco, dureza, almidón, azúcares, pH, ácidos libres, catalasa, peroxidasa, dehidrogenasas (reducción de trifeniltetrazol) y vitamina C. Las muestras se guardaron a las siguientes temperaturas: ambiente 25° C ± 5; 12° C ± 2° y 3° C ± 1. No era posible, por las condiciones de laboratorio con que se contó, regular la humedad.

Métodos

Los productos estudiados se adquirían en el mercado de Caracas y se tenía especial cuidado de obtener siempre muestras frescas, posiblemente de no más de 24 horas de cosechadas y de un peso uniforme de los tubérculos. Este último punto es muy importante porque el contenido de almidón y otras sustancias varía con el tamaño de los tubérculos. Se hizo un análisis completo general y se conservaban las muestras en cestas en lotes de tres a cinco kilogramos a las distintas temperaturas, usando dos neveras graduadas para temperaturas bajas. En intervalos semanales se determinó el peso total y el peso de las raíces sanas y se repitieron los diferentes análisis con una parte de los tres lotes.

Para la determinación de almidón, azúcares, vitamina C y dehidrogenasas se tuvo cuidado de tomar pequeñas muestras de diferentes partes de las verduras. Esta precaución es importante porque hay variaciones considerables en la concentración de los factores mencionados, respecto a la localización en el tubérculo.

Los métodos analíticos empleados fueron los usuales. Las dehidrogenasas se determinaron colocando aproximadamente 10 cubitos de un centímetro cúbico del producto en estudio, en una solución de clorohidrato de trifeniltetrazol y determinando el tiempo en minutos en que aparecía la primera coloración roja (1). La catalasa se determinó monométricamente con el procedimiento de Thompson (2); la peroxidasa, con el método de Willstatter de purpurogalina (3), y la dureza, con una guillotina experimental de construcción propia.

Resultados

Las siguientes determinaciones dieron resultados relativamente constantes, sin que se hubiera podido apreciar un cambio significativo en relación con el almacenaje y, por lo tanto, no se discutirán: pH, acidez. La dureza aumentó en relación con el peso seco.

El valor más importante desde el punto de vista práctico es la pérdida total, es decir, pérdida de peso por evaporación, respiración, más pérdida por putrefacción. Con respecto a la relación entre pérdida total y temperatura de almacenaje, las verduras estudiadas se pueden dividir en tres clases bien definidas:

1) Pérdida mínima a temperatura de $+ 3^{\circ}\text{C}$: apio, mapuey, ocumo y yuca. 2) Pérdida mínima de temperatura de $+ 12^{\circ}\text{C}$: batata; y 3) Pérdida mínima a $+ 25^{\circ}\text{C}$: ñame. Estos resultados de que el óptimo de temperatura en los experimentos hechos no es siempre la temperatura más baja, para todos los productos estudiados, es el más significativo del presente estudio. El hecho de que la batata se conserve mejor a $+ 12^{\circ}\text{C}$ que a temperatura más baja es conocido y ha sido descrito en los tratados de bromatología (4). Pero no encontramos ningún dato bibliográfico acerca de verduras cuyo óptimo de temperatura esté tan alto como el que encontramos para el ñame. Mientras que al cabo de un mes ya no había raíces sanas de las guardadas en la nevera, la pérdida total del lote conservado a temperatura ambiente era de 10% únicamente. Este experimento se realizó varias veces con nuevos lotes y se obtuvieron idénticos resultados. A temperatura baja se observa principalmente un oscurecimiento, cuyo origen no hemos podido averiguar con seguridad. El producto que se conserva menos es el apio, en el cual a la temperatura de $+ 3^{\circ}\text{C}$ hay una pérdida de 40% al cabo de cuatro semanas. (Curvas Nos. 1-6.)

Almidón y azúcares

Por lo general, se observa un aumento de almidón que está en relación con el aumento de peso seco o la evaporación de agua de las raíces durante el almacenaje. Hubo un aumento del contenido de azúcar en apio y en batata guardadas a temperatura ambiente, mientras que en el mapuey se observó una ligera disminución. (Tablas Nos. 1-2.)

Vitamina C

En la mayoría de las muestras se observó un descenso marcado del contenido de vitamina C, durante el almacenaje. Como regla general, había una pérdida de cerca del 50% en dos semanas. La vitamina C en las batatas era estable si los tubérculos se almacenaban $+ 12^{\circ}\text{C}$, mientras que la conservación a $+ 3^{\circ}\text{C}$, o a la temperatura ambiente, dió por resultado una marcada pérdida. En este caso coincide la temperatura óptima para la conservación general con la temperatura para la mejor conservación de la vitamina C. En el caso del ñame, cuya temperatura óptima

de conservación es de 25°C, ésta no coincidió con la mejor temperatura para la conservación de la vitamina C. Las pérdidas en esta vitamina eran menores si el producto se mantenía a temperatura de refrigeración. Algo parecido se observó con la yuca y el apio, que conservan mejor el contenido de vitamina C a temperatura ambiente, aunque la temperatura óptima para la conservación es + 3°C. (Tabla N° 3.)

TABLA N° 1
MATERIA SECA EN %

	Valor inicial	1ª semana	2ª semana	3ª semana	4ª semana
Apio					
25°	26,9	28,7	—	—	—
12°	26,9	—	28,3	27,4	—
3°	26,9	26,4	27,5	28,7	30,8
Batata					
25°	36,5	37,0	41,0	39,8	40,5
12°	36,5	35,3	35,6	36,0	35,4
3°	36,5	37,5	—	—	37,3
Mapuey					
25°	27,0	28,3	28,7	28,0	—
3°	27,0	—	—	28,0	—
Name					
25°	28,8	29,2	29,4	32,9	34,4
12°	28,8	31,9	32,8	33,7	—
3°	28,8	30,8	29,7	—	28,35
Ocumo					
25°	28,8	29,2	29,4	32,9	28,35
12°	28,8	31,9	32,8	33,7	—
3°	28,8	30,8	29,7	—	34,4
Yuca					
25°	38,4	38,95	39,5	44,0	—
12°	38,4	40,1	—	—	—
3°	37,3	39,1	49,3	49,2	47,3

Dehidrogenasas

El método usado para la determinación de dehidrogenasas, es decir, la determinación del tiempo de reducción del trifenil-tetrazol, se basa en la coloración de dicha sustancia por reducción y su fácil penetración en los tejidos (1). El valor inicial fluctuaba entre 15 minutos para el apio, hasta 65 para el ocumo. Se observó una reducción del valor inicial en las muestras de ocumo y yuca conservadas a + 12°C, mientras que el valor inicial aumentó considerablemente en ñame conservado a + 3°C. El hecho de que el valor inicial del apio era el más bajo está posiblemente relacionado con su difícil conservación. El aumento

TABLA Nº 2
CONTENIDO EN ALMIDON EN %

	Valor inicial	1ª semana	2ª semana	3ª semana	4ª semana
Apio					
25°	14,5	14,8	—	—	—
12°	14,5	—	14,4	14,9	—
3°	14,5	14,5	13,8	16,0	16,5
Batata					
25°	20,8	20,7	24,1	27,4	25,3
12°	20,8	20,8	20,9	19,7	20,7
3°	20,8	20,8	—	22,1	22,5
Mapuey					
25°	12,9	14,8	16,9	17,0	—
3°	12,9	12,2	12,9	12,0	—
Ñame					
25°	17,0	17,2	17,4	19,5	24,5
12°	17,0	16,5	16,0	18,0	20,9
3°	17,0	17,35	17,7	—	18,8
Ocumo					
25°	11,4	13,0	12,6	—	10,5
12°	11,4	—	—	15,2	16,0
3°	11,4	—	—	—	14,2
Yuca					
25°	25,8	24,0	23,9	29,0	—
3°	23,0	23,3	33,75	32,4	33,0

en el tiempo de la reducción del indicador en el fiame conservado a + 3°C coincide con la mala conservación del producto a esta temperatura e indica que hay un trastorno metabólico a esta temperatura. Aunque todavía no es posible sacar conclusiones definitivas de la determinación de la intensidad metabólica determinada con trifetil-tetrazol, este método, que no se ha usado anteriormente en estudios de esta índole, puede ser de considerable valor. (Tabla N° 4.)

TABLA N° 3
VITAMINA C (mg./100)

	Valor inicial	2ª semana	3ª semana
Apio			
25°	15,1	15,1	—
12°	23,0	10,0	—
3°	23,0	16,0	—
Batata			
25°	17,3	13,1	10,5
12°	22,0	—	21,0
3°	17,3	3,4	1,5
Mapuey			
25°	5,5	2,5	2,6
3°	5,5	4,0	2,2
Ñame			
25°	4,9	2,0	1,5
12°	5,7	5,3	—
3°	5,7	4,0	—
Ocumo			
25°	7,3	2,7	2,3
12°	6,0	4,3	—
3°	6,0	—	—
Yuca			
25°	15,1	14,6	—
12°	22,0	18,3	—
3°	15,1	11,7	6,1

Peroxidasa y catalasa

La actividad peroxidásica no mostró variaciones significativas en las muestras de raíces y tubérculos durante el almacenaje, con la única excepción de una incipiente germinación que se observó en el caso del ñame al final de los experimentos y que resultó en un aumento de la actividad peroxidásica. Por lo tanto, no damos mucha importancia a la determinación de peroxidasa en esta clase de estudios. (Tabla N° 5.)

La catalasa, sin embargo, mostró una tendencia generalizada de aumento, en ausencia de indicios de germinación incipiente, la cual llegó a veinte veces el valor inicial en algunos casos al cabo de cuatro semanas. En posteriores ensayos se observó que

TABLA N° 4
APARICION DE LA REACCION COLOREADA CON
TRIFENIL-TETRAZOL, EN MINUTOS

	Valor inicial	2ª semana	3ª semana	4ª semana
Apio				
25°	15	14	—	—
12°	”	16	18	15
3°	”	—	14	20
Batata				
25°	25	23	27	25
12°	”	27	18	22
3°	”	30	—	28
Ñame				
25°	30	—	25	23
12°	”	—	—	—
3°	”	30	108	90
Ocumo				
25°	65	—	50	55
12°	”	35	—	28
3°	”	75	75	85
Yuca				
25°	30	—	20	35
12°	”	16	10	12
3°	”	—	23	28

la actividad catalásica vuelve a bajar si los experimentos se prolongan por más tiempo. El número de observaciones no es suficiente para sacar conclusiones definitivas acerca de la relación entre la actividad catalásica y la temperatura de conservación. Altschul y Col (5) encontraron un descenso del contenido de catalasa en semillas durante la germinación, es decir, el fenómeno inverso al observado por nosotros en el almacenaje y que posiblemente puede interpretarse como un fenómeno de envejecimiento.

La determinación de la catalasa puede ser de gran valor, puesto que por su aumento continuo por algún tiempo durante el almacenaje posiblemente permite precisar el estado de conservación en el cual se halla un lote. Para poder usar este método será necesario estudiar detenidamente la curva de actividad de la catalasa en cada producto y a cada temperatura. El

TABLA Nº 5
PEROXIDASA, EN UNIDADES, SEGUN WILLSTATTER

	Valor inicial	2ª semana	3ª semana
Apio			
25°	0,24	0,34	—
3°	0,24	0,36	0,21
Batata			
25°	0,39	0,29	0,47
3°	0,39	0,20	0,29
Mapuey			
25°	0,98	0,94	1,18
3°	0,98	0,67	0,80
Name			
25°	0,59	0,57	2,36
3°	0,59	0,59	0,80
Ocumo			
25°	0,47	0,43	0,67
3°	0,47	0,67	0,59
Yuca			
25°	0,59	—	0,52
3°	0,59	0,52	0,39

método puede ser tanto más valioso como el procedimiento técnico para la determinación de la catalasa es relativamente simple. (Tabla N° 6.)

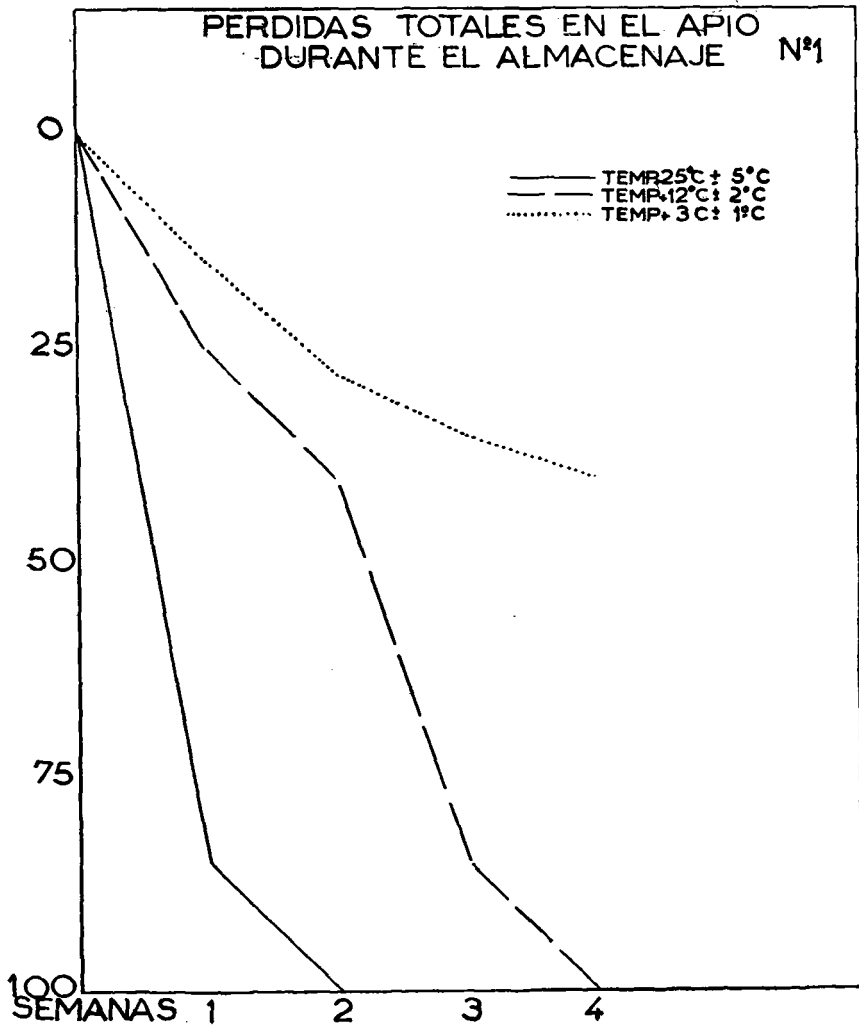
TABLA N° 6
ACCION DE CATALASA, O₂
Producido en ml.; 2'

	Principio	2ª semana	4ª semana
Apio			
25°	trazas	—	—
12°	”	0,25	—
3°	”	0,40	1,00
Batata			
25°	0,1	0,2	0,3
12°	0,1	0,4	—
3°	0,1	1,2	1,6
Ñame			
25°	trazas	trazas	0,1
12°	”	0,1	—
3°	”	0,05	0,15
Ocumo			
25°	trazas	0,05	0,2
12°	”	0,2	—
3°	”	0,2	0,05
Yuca			
25°	trazas	0,3	0,4
12°	”	0,4	0,7
3°	”	0,45	0,2

Discusión

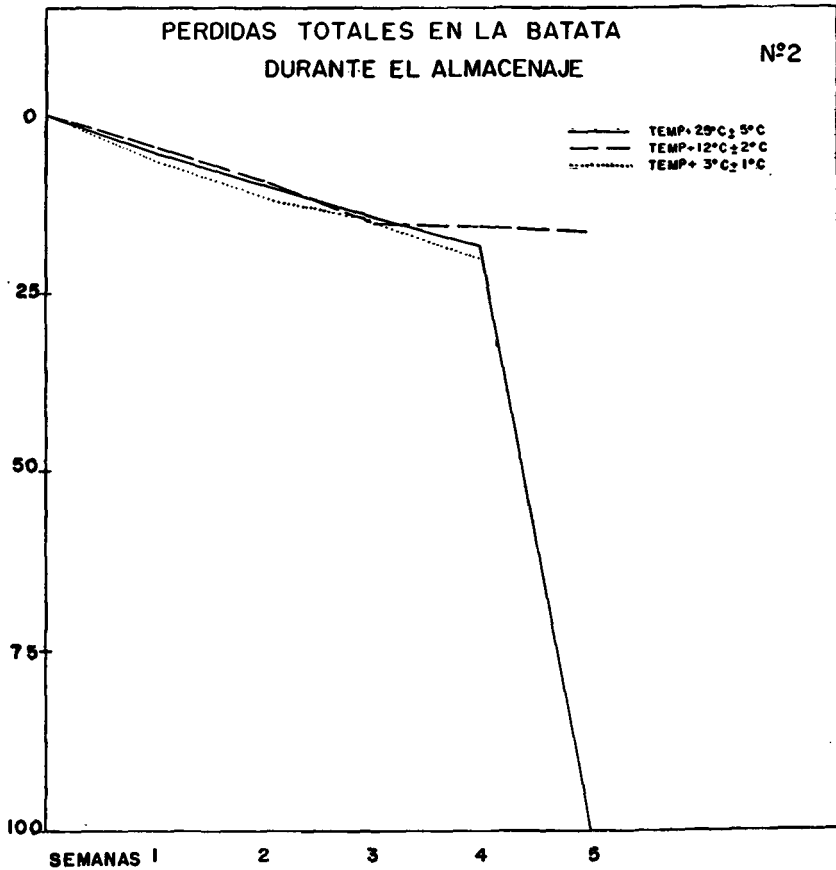
El presente estudio se inició con el doble propósito de encontrar las mejores condiciones para el almacenaje de algunas legumbres y de poner la base para la elaboración de un método para apreciar el estado de conservación de un producto para poder estimar el tiempo que puede todavía ser conservado.

Respecto al primer punto se pudo demostrar que la conser-

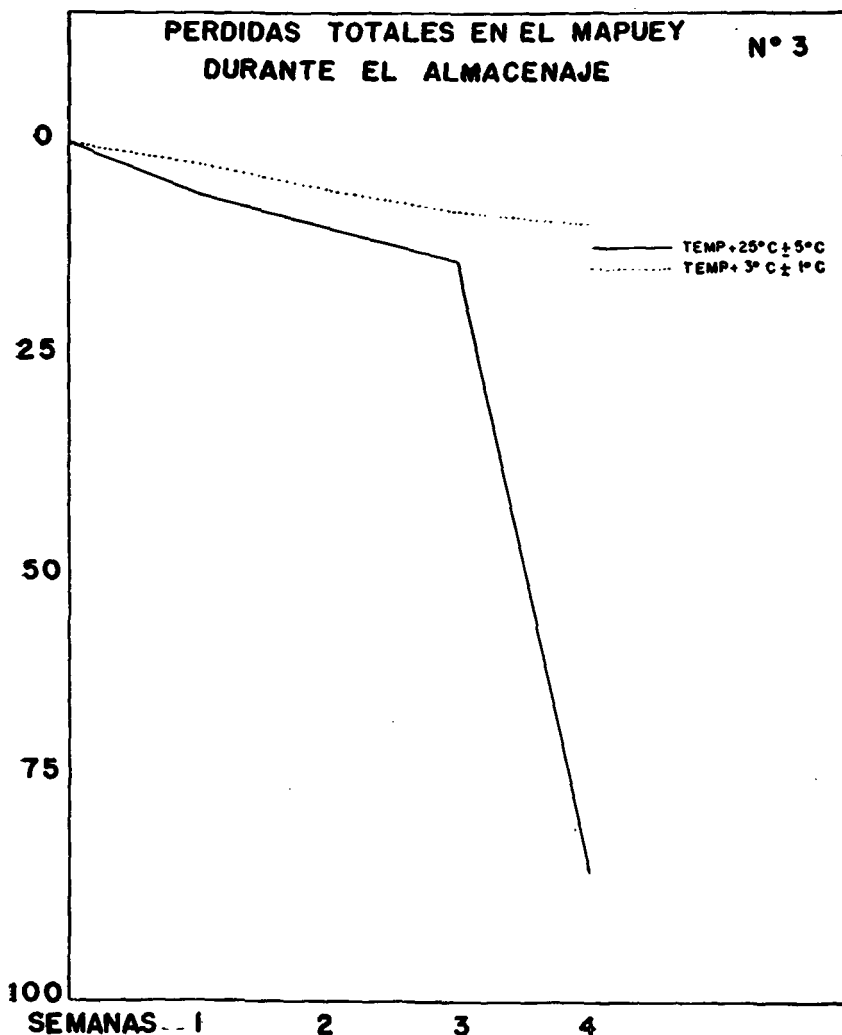


vación depende de la temperatura que es específica para cada producto. Como no se estudiaron sino tres temperaturas, no podemos afirmar que las que dieron mejor resultado son realmente las óptimas. Sin embargo, se demostró que existen diferencias muy notables con respecto a las pérdidas relativas a diferentes temperaturas entre los seis productos estudiados. Como se ve en la tabla sobre las pérdidas totales, éstas son todavía considerables aun a las temperaturas apropiadas para apio, ocumo y yuca. Se están estudiando actualmente condiciones de almacenamiento para reducirlos a un porcentaje más razonable.

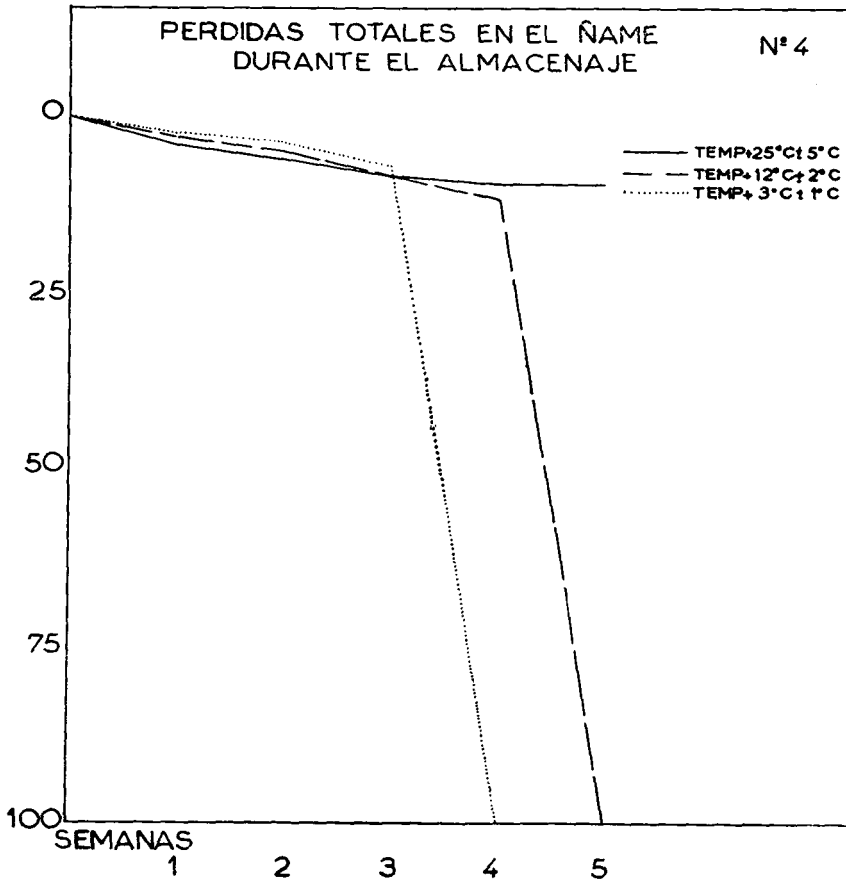
Un problema de importancia para el almacenaje es el de conocer la frescura de los productos para estimar el tiempo por

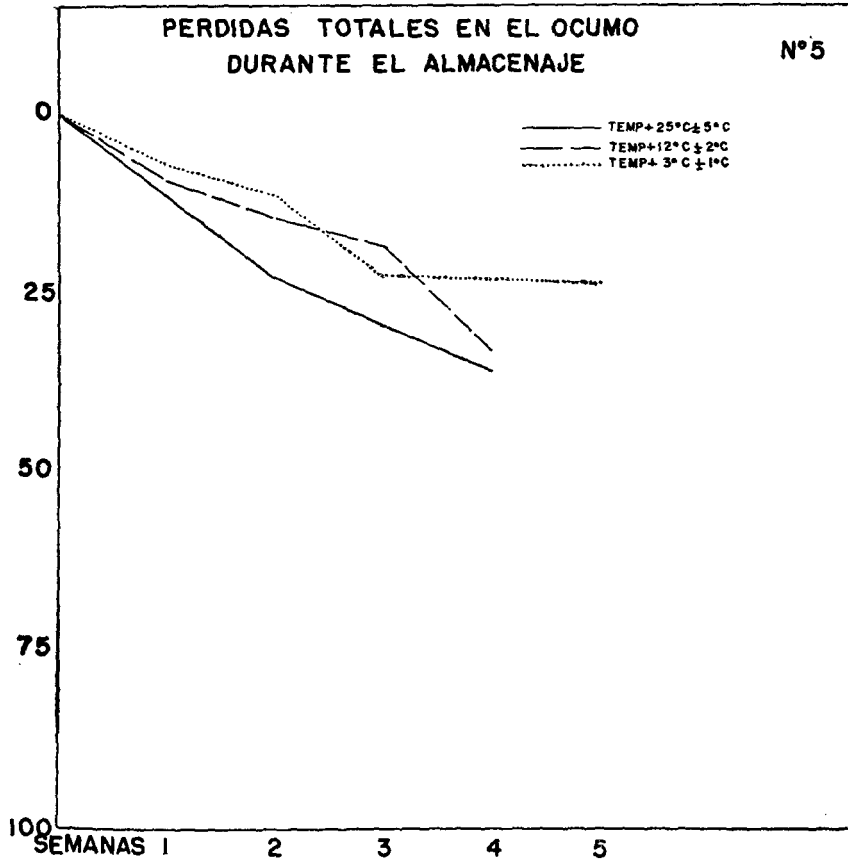


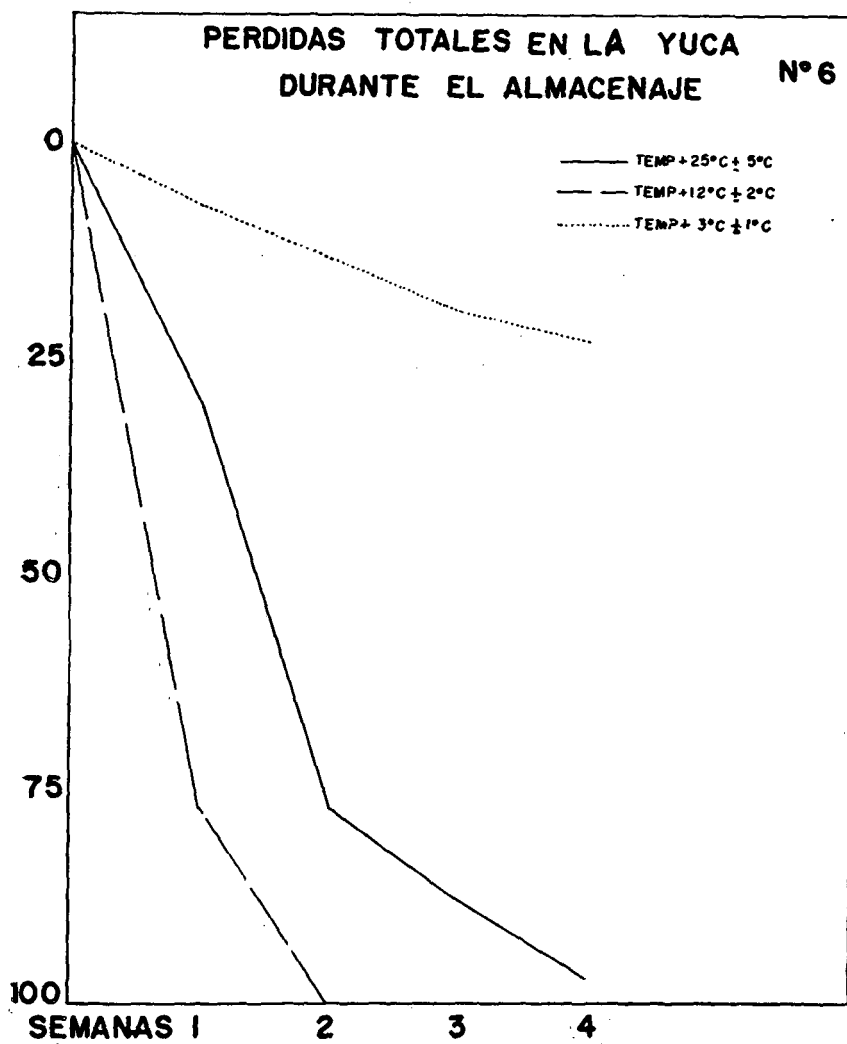
el cual se pueden conservar y cuándo hay que llevarlas al consumo. Por esta razón sería interesante encontrar un factor que demuestre un cambio cuantitativo y continuo desde la cosecha hasta la descomposición. En el caso de existir tal factor, se podrían construir curvas sobre la relación entre el tiempo y la concentración del factor, que permitirían prever en cada momento cuánto tiempo hay que esperar para que el pro-



ducto se descomponga. En el presente estudio, la actividad de catalasa mostró propiedades promisoras en este aspecto. Mientras que todas las legumbres frescas, recién cosechadas, casi no tienen actividad catalásica, se observa un aumento continuo durante el almacenaje. Experimentos posteriores tienen que demostrar si existe la posibilidad de una aplicación práctica de esta observación.







RESUMEN

Se estudió la conservación de: apio (*Arracacia xanthorrhiza*), batata (*Ipomoea batata*), mapuey (*Dioscorea trifida*), ñame (*Dioscorea alata*), ocúmo (*Xanthosoma sagittifolium*) y yuca dulce (*Manihot aipi*) a las temperaturas de 3, 12 y 25 grados centígrados. Se determinaron los siguientes factores:

Pérdida total, peso seco, almidón, azúcares, pH, acidez, vitamina C, peroxidasas, catalasas y dehidrogenasas.

Bajo las condiciones experimentales, las mejores temperaturas para la conservación fueron: para el ñame, + 25°C; para la batata, + 12°C; para los demás, + 3°C. Las pérdidas totales a estas temperaturas fueron las siguientes:

Producto	Temperatura	Pérdidas en 2 semanas	Pérdidas en 4 semanas
Apio	3°C	25%	40%
Batata	12°C	8%	10%
Mapuey	3°C	5%	10%
Ñame	25°C	6%	10%
Ocúmo	3°C	12%	22%
Yuca	3°C	14%	23%

En la mayoría de los casos hubo un aumento del peso seco acompañado por un aumento del contenido en almidón; el pH y la acidez total variaron poco; la vitamina C bajó generalmente cerca de la mitad de su valor inicial; el valor de la peroxidasa aumentó en una muestra (ñame) al comenzar la germinación, mientras que la catalasa mostró un aumento continuo y pronunciado en la mayoría de los casos. La actividad de las dehidrogenasas, determinada por el método de la reducción de trifeníltetrazol, no cambió mucho durante el almacenaje, pero dió valores característicos para las diferentes legumbres.

SUMMARY

The conservation at different temperatures of the following products has been studied: Apio (*Arracacia xanthorrhiza*), sweet potato (*Ipomoea batata*), yampi (*Dioscorea trifida*), yam (*Dioscorea alata*), yauti (*Xanthosoma sagittifolia*) and cassava (*Manihot aipi*). The temperatures used were 3°C, 12°C and room temp. (25°C). The following factors were determined at weekly

intervals: Total loss, dry weight, starch, sugars, pH, total acids, vitamin C, peroxidases, catalases and dehydrogenases.

The following temperatures were best suited for the conservation of the following products: 25°C for yampi, 12°C for sweet potatoes and 3°C for the rest. At these temperatures the following total losses were observed:

Product	Temp.	Loss after 2 weeks	Loss after 4 weeks
Apio	3°	25%	40%
Sweet potato	12°	8%	10%
Yampi	3°	5%	10%
Yam	25°	6%	10%
Yautia	3°	12%	22%
Cassava	3°	14%	23%

Generally a raise in dry weight was observed during storage, together with a raise of starch; pH and acidity varied very little; the vitamin C content dropped in most cases to about half the initial value; in one case of incipient germination of a sample of yam, peroxidase activity showed a sharp raise but usually stayed more or less constant, while catalase activity showed a continued increase during storage. Dehidrase activity, as determined by the reaction with triphenyl-tetrazol showed characteristic values for each product but stayed relatively stable during the observation period.

ZUSAMMENFASSUNG

Die chemischen Änderungen bei der Lagerung der folgenden Wurzeln und Knollen wurden untersucht: Apio (*Arracacia xanthorriza*), Süßkartoffel (*Ipomoea batata*), Yampi (*Dioscorea trifida*), Yam (*Dioscorea alata*), Yautia (*Xanthosoma sagittifolium*) und Kassave (*Manihot aipi*). Die Muster wurden bei den folgenden Temperaturen gelagert 3°C, 12°C und 25°C. Die folgenden Faktoren wurden bestimmt: Gesamtverlust, Trockengewicht, Stärke, Zucker, pH, Gesamtsäuren, Vitamin C, Peroxidasen, Katalasen und Dehidrasen.

Von den untersuchten Temperaturen waren die folgenden die besten für die einzelnen Produkte: 25° für Name, 12° für Süßkartoffeln und 3° für die Übrigen. Bei diesen Temperaturen waren die folgenden Gesamtverluste zu beobachten:

Produkt	Temp.	Verlust nach 2 Wochen	Verlust nach 4 Wochen
Apio	3°C	25%	40%
Süßkartoffel	12°C	8%	10%
Yampi	3°C	5%	10%
Yam	25°C	6%	10%
Yauti	3°C	12%	22%
Kassave	3°C	14%	23%

Es wurde im Allgemeinen eine Zunahme des Trockengewichtes festgestellt, die von einer Zunahme des Stärkegehaltes begleitet war: pH und Gesamtsäuren änderten sich sehr wenig, der Gehalt an Vitamin C ging in den meisten Fällen auf etwa die Hälfte zurück, Peroxidasen stiegen in einem Falle von beginnender Keimung (Yam) erheblich an, während die Katalasenwirksamkeit einen dauernden und erheblichen Anstieg zeigte. Dehidrasen wurden durch die Reduktion von Triphenyl-tetrazol bestimmt und gaben charakteristische Werte für jedes Produkt ohne sich wesentlich während der Lagerung zu ändern.

BIBLIOGRAFIA

- (1) C. O. Jensen, W. Sacks y F. A. Baldauski.—*Science*, 113, 65 (1951).
- (2) R. R. Thompson.—*Ind. Ing. Chem. Anal. Ed.* 14 (1942).
- (3) E. Baman y K. Myrback, *die Methoden der Fermentforschung*. Leipzig, 1940.
- (4) M. B. Jacobs.—*The Chemistry and Tecnology of Food and Products*. New York, 1944.
- (5) A. M. Altschul, M. L. Karon y L. Kyame.—*Arch. Biochem.* 18, 161 (1948).