

Conservación de papa con inhibidores de brotación y sus efectos en la composición interna del tubérculo¹

Patricio Malagamba S.² y Primo Accatino L.³

INTRODUCCION

La papa posee normalmente un período de receso, después de la cosecha, que dependiendo de la variedad es de 2 a 3 meses; pasado este período, los tubérculos comienzan a emitir brotes, deshidratarse, pierden vitamina C, y su sabor se hace poco agradable. La brotación de los tubérculos en la bodega trae consigo una reducción en el peso, presentación interna y externa y de la calidad culinaria de ellos, lo que significa tanto para el agricultor como para el país una pérdida económica considerable. Las causas principales de este problema se deben especialmente a los aumentos de temperatura y disminución de la humedad relativa en las bodegas. Para una adecuada conservación de la papa, se ha establecido como ideal una temperatura de 4,5°C para evitar la brotación y una humedad relativa de 80 a 90% para disminuir la pérdida por deshidratación (8) (9) (14). A 4,5°C, los tubérculos que no están en latencia desarrollan lentamente sus brotes, cuyo crecimiento se acelera rápidamente si la temperatura sube a 10°C o a niveles superiores. Por el contrario, a temperaturas de 4,5°C e inferiores se produce una acumulación de azúcares reductores que dan un sabor dulce a la papa y la ennegrecen cuando se frien. Por otra parte, la conservación de papa a temperaturas superiores a 10°C evita esta acumulación de azúcares reductores (2) (4) (6) (15).

Para la conservación de papa para semilla, el problema anteriormente anotado no tiene importancia, pero en la papa destinada al consumo humano y a la industria de papas chips, u otras semejantes, la presencia de brotes, sabor dulce y el oscurecimiento debido a la acumulación de los azúcares reductores, son factores de rechazo por parte de los consumidores.

Por lo tanto, dada las condiciones que debe reunir la papa consumo para su aceptación por

el mercado y tomando en cuenta que las temperaturas promedios de la zona central de Chile son superiores a 4,5°C en invierno y a 10°C en primavera y verano, la conservación de ella debe realizarse en tal forma que se evite la brotación y acumulación de azúcares reductores en los tubérculos.

Numerosas investigaciones realizadas hasta la fecha en diferentes países concuerdan en la factibilidad de almacenar papa consumo a temperaturas normales de bodega, vale decir, entre 12 y 20°C, mediante el empleo de productos químicos que impiden la formación de brotes, siendo los de mayor difusión aquéllos a base de isopropil-N-fenil carbamato (IPC) e isopropil-N-3-cloro-fenil carbamato (Cloro IPC) entre los aplicados directamente al tubérculo.

Los objetivos de esta investigación fueron determinar la efectividad de los dos inhibidores mencionados, en tres dosis diferentes aplicadas directamente a los tubérculos después de cosechados, en espolvoreo y pulverización para Cloro IPC y en espolvoreo solamente para IPC.

REVISION DE LITERATURA

Las técnicas recomendadas para prolongar el estado de inactividad del tubérculo, se refieren a cuatro formas principales: control con baja temperatura, prácticas culturales, uso de inhibidores de brotación y uso de radiaciones.

Entre los inhibidores que se aplican directamente al tubérculo al introducirlo en la bodega, los de mayor importancia actual son aquéllos en base a isopropil-N-fenil-carbamato (IPC) y su derivado el isopropil-N-3-clorofenil carbamato (Cloro IPC). La volatilización de estos productos produce la inactivación de los centros de brotación por efecto de una fuerte inhibición de la respiración en el tubérculo. Investigadores como Alvim (1) han dejado de manifiesto claramente este efecto bajo dosis crecientes de los productos. Esta menor actividad de los tejidos se traduce también en una producción de calor mucho más baja; en consecuencia, es mucho menor la necesidad de reducir artificialmente la temperatura.

El efecto que tienen estos productos aplicados en la bodega ha dado lugar a un gran número de investigaciones, entre las cuales cabe destacar a van Vliet y Schriemer y otros (3) (16), quienes observaron las variaciones del

¹Parte de la Tesis presentada a la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso por Patricio Malagamba S., como uno de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Los autores agradecen la valiosa colaboración del Bioquímico Claudio Ciudad B. en las determinaciones químicas.

Recepción manuscrito: 17 de junio de 1968.

²Ingeniero Agrónomo, Proyecto Papa, Estación Experimental La Platina. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

³Ingeniero Agrónomo, Proyecto Papa, Estación Experimental La Platina. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Profesor Cátedra Fitopatología General, Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Chile y Profesor Asociado Cátedra Fitopatología, Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Valparaíso.

contenido de almidón, azúcares reductores y no reductores, materia seca y ácido ascórbico. Otros como Mackey y Stockman (7), han indicado el comportamiento de la textura de la papa a través del tiempo que permanece en bodega bajo la acción de inhibidores químicos de brotación.

Indudablemente, la principal variación que sufren los tubérculos durante el almacenaje, se refiere a las reducciones continuas en el peso, influenciado por un conjunto de factores, tanto ambientales como características propias de sus procesos orgánicos. Valiosos son los aportes de Smith (12) al respecto, quien ha determinado las pérdidas porcentuales en peso atribuibles a las distintas etapas del manejo del tubérculo, desde su cosecha. Aunque la pérdida de peso total en la conservación es difícil de definir en límites estrictos, debido a la influencia de los factores responsables, se puede afirmar, de acuerdo a lo establecido por Sparks (13), que aproximadamente la mitad del peso perdido se debe a deshidratación; la otra mitad es por traslocación de substancias desde los tubérculos a los brotes, cuando el almacenaje se realiza bajo condiciones adecuadas.

El ácido ascórbico es, tal vez, uno de los más importantes, considerando la relativa riqueza que la papa posee de esta vitamina. Heinze (6), Rolf (10) y muchos otros han informado acerca de la constante pérdida que se experimenta a partir de la cosecha, alcanzando hasta un 50% o más después de algunos meses a bajas temperaturas. El peso específico sufre tam-

bién variaciones, según lo observado por Heinze *et al.* (5), teniendo especial consideración para propósitos industriales. Otros autores (12) han informado sobre alteraciones del contenido proteico, pero las opiniones son un tanto divergentes.

MATERIAL Y METODO

Los tubérculos de papas usados correspondieron a la variedad Pimpernel, provenientes de un mismo cultivo efectuado en la Estación Experimental La Platina del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, provincia de Santiago. Este material fue conservado bajo condiciones de bodega adecuadas para la zona en cuanto a circulación de aire, temperatura (Figura 1) y humedad relativa entre 68-72%.

Se usaron tubérculos cosechados al estado de total madurez, un mes antes de iniciarse el ensayo.

En las jabas correspondientes a cada una de las repeticiones se depositó una cantidad de cuarenta y cinco tubérculos con un peso de 6 Kg., cubiertas con paja de trigo para evitar la volatilización del inhibidor. Las jabas utilizadas eran de paredes y piso listoneado de 0,40 m. de largo, 0,30 m. de ancho y 0,30 m. de alto.

Dos testigos fueron expuestos a las mismas condiciones, agregándose a uno de ellos un espolvoreo de talco y al segundo, una pulverización con agua destilada.

Los tratamientos empleados, así como las

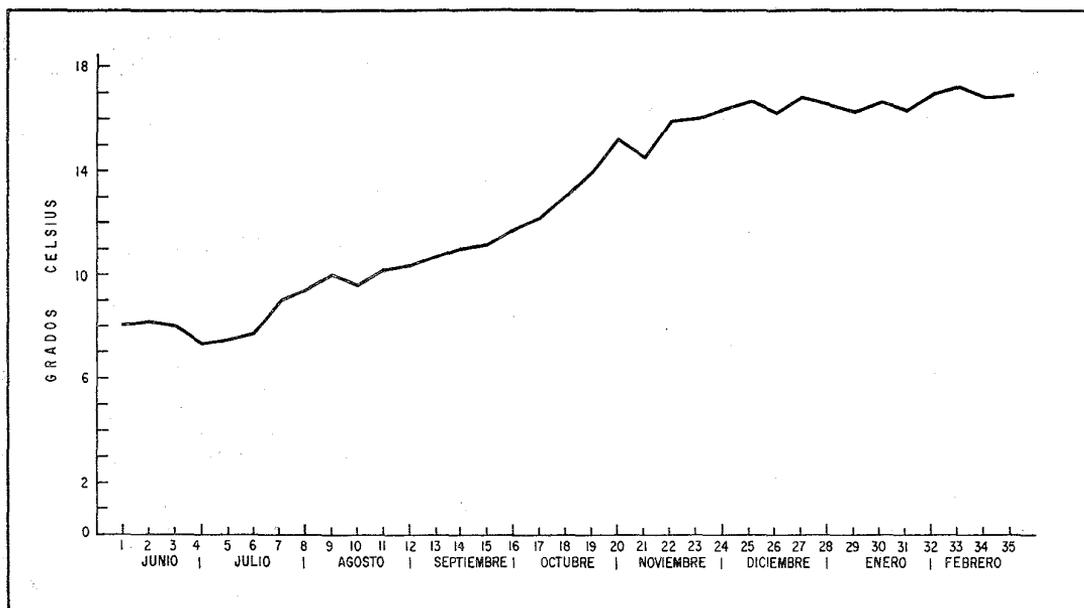


Figura 1 — Promedios semanales de temperaturas en bodega de almacenaje de papas.

tres dosis para cada forma de aplicación, fueron las siguientes:

TRATAMIENTO	DOSIS GR. DE INGREDIENTE ACTIVO POR TONELADA
Cloro IPC (polvo y líquido)	20 - 30 - 40
IPC (polvo)	30 - 60 - 90
Testigo (polvo y líquido)	

Para los efectos del cálculo estadístico se usó el diseño de block al azar con 4 repeticiones.

Durante todo el período de almacenaje, cada tratamiento fue analizado cuatro veces, realizándose el primero en agosto de 1967, a los cuatro meses de conservación, prosiguiendo luego cada 2 meses hasta febrero de 1968.

Para estos efectos, los distintos tratamientos y los testigos fueron divididos en 4 jabas de 45 tubérculos y de 6 Kg. de peso cada una. Una

vez analizados los tubérculos de cada jaba en la fecha correspondiente, estos fueron eliminados.

En cada análisis se determinaron los cambios externos de los tubérculos que se refirieron a pérdidas de peso, porcentaje de tubérculos tratados, peso y longitud de los brotes, presentación comercial y calidad culinaria. Conjuntamente se analizó la composición interna de los tubérculos estableciendo el contenido de azúcares reductores y carbohidratos totales de acuerdo a las técnicas de la Association of Official Agricultural Chemist, AOAC (17). Además se determinaron las proteínas de acuerdo al método de Kjeldahl con las modificaciones hechas por Schmidt (11), el contenido de materia seca (17), de cenizas (17) y de ácido ascórbico (11).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en los cuatro análisis realizados durante el período de conserva-

Cuadro 1 — Porcentaje de pérdida de peso en los tubérculos de los distintos tratamientos.

TRATAMIENTO	DOSIS GR. INGRED. ACTIVO/TONELADA	PERDIDAS DE PESO (%)			
		MESES DE ALMACENAJE			
		4	6	8	10
Cloro IPC Polvo	20	3,9	8,6	15,6	22,1
	30	4,0	8,0	14,0	21,1
	40	3,7	7,6	13,5	20,2
Cloro IPC Líquido	20	2,5	8,4	20,4	29,5
	30	3,7	9,7	21,2	30,2
	40	4,4	11,0	21,3	30,2
IPC Polvo	30	3,1	10,5	22,2	30,2
	60	4,0	10,5	20,7	30,2
	90	4,2	9,0	20,3	29,1
Testigo Polvo		5,5	10,7	22,3	30,3
Testigo Líquido		5,0	10,6	22,9	31,1

Cálculo estadístico del promedio de los cuatro análisis (Duncan 5%)

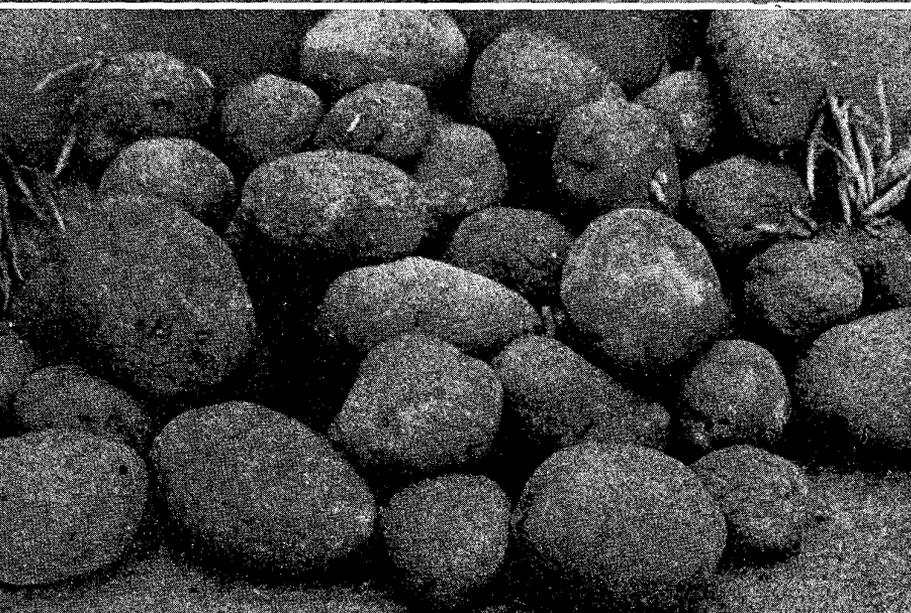
TRATAMIENTOS	DOSIS GR. INGREDIENTE ACTIVO/TON.	PROMEDIO %
Cloro IPC polvo	40	18,8 a
Cloro IPC polvo	30	19,3 ab
Cloro IPC polvo	20	19,9 ab
Cloro IPC líquido	20	21,4 bc
IPC polvo	90	22,1 c
Cloro IPC líquido	30	22,4 c
IPC polvo	60	22,6 c
IPC polvo	30	22,7 c
Cloro IPC líquido	40	23,0 c
Testigo polvo	—	23,5 c
Testigo líquido	—	23,6 c



**Cloro IPC, 4 meses después del tratamiento.
Mayo-agosto, 1967.
(Fotos: P. Accatino).**



**Cloro IPC, 6 meses después del tratamiento.
Mayo-octubre, 1967.**

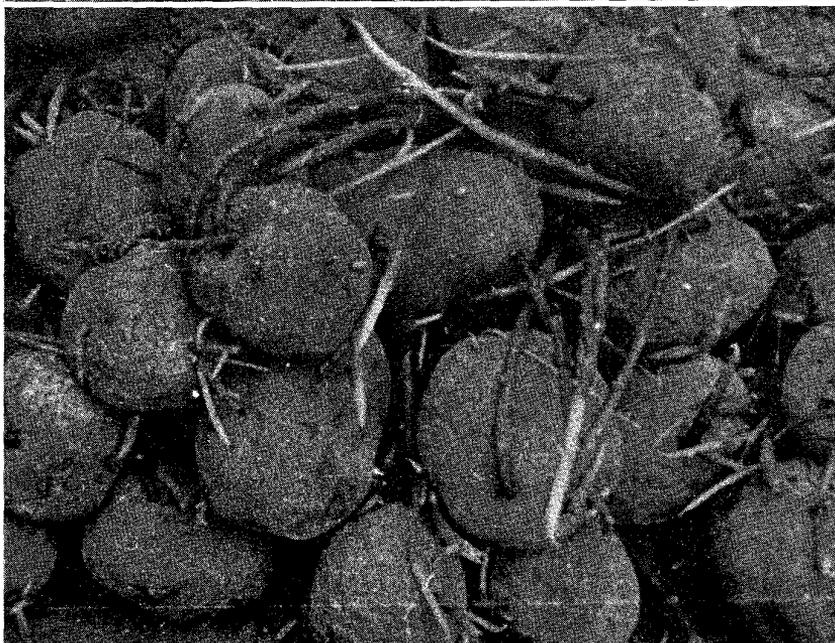


**Cloro IPC, 8 meses después del tratamiento.
Mayo-diciembre, 1967.**

Testigo, 4 meses de almacenaje. Mayo-agosto, 1967.



Testigo, 6 meses de almacenaje. Mayo-octubre, 1967.



Testigo, 8 meses de almacenaje. Mayo-diciembre, 1967.



ción de las papas, se pueden apreciar en los Cuadros 1 y 2 en los que las dosis de Cloro IPC de 40 — 30 — 20 gr. de ingrediente activo por tonelada de tubérculos aparecen como las más eficientes para la conservación de papa. Cada una de las dosis señaladas registró diferencia significativa con los testigos, en todos los análisis de los cambios externos.

En el Cuadro 1 se puede apreciar que solamente las tres dosis de Cloro IPC en polvo tuvieron diferencias significativas con el testigo en cuanto a pérdida de peso, alcanzando todo el resto de los tratamientos igual que los testigos aproximadamente 30% de pérdida de peso en todo el período de conservación. En cambio, Cloro IPC 40 gr. ingrediente activo/ton. de papa, tuvo un 20,2%. Esta pérdida de peso total producida durante la conservación es difícil de definir en límites estrictos, pero

esencialmente está formada por la pérdida ocurrida por deshidratación de los tubérculos almacenados en condiciones de humedad relativa inferior a 80% y por el proceso de brotación de los mismos, que como se aprecia en el Cuadro 2, las 3 dosis de Cloro IPC en polvo fueron significativamente inferiores al resto de los tratamientos y testigos. Sobresale como resultado, el que hasta 8 meses de conservación con Cloro IPC 40 gr. ingrediente activo por tonelada de papa, el porcentaje de brotación fue de 24%; en cambio en los testigos fue de 100%.

Lo mencionado anteriormente sobre la conformación de la pérdida de peso total es corroborado por Sparks (13) quien afirma que aproximadamente la mitad del peso perdido se debe a deshidratación y la otra mitad a la traslocación de componentes orgánicos y mi-

Cuadro 2 — Porcentaje de tubérculos brotados, peso de los brotes y longitud de ellos en cada análisis.

TRATAMIENTOS	DOSIS GR. INGREDIENTE ACTIVO-TONELADA	TUBERCULOS BROTADOS (%)				PESO DE BROTES (GR.)				LONGITUD BROTES (CM.)			
		MESES DE CONSERVACION				MESES DE CONSERVACION				MESES DE CONSERVACION			
		4	6	8	10	4	6	8	10	4	6	8	10
Cloro IPC Polvo	20	13,3	28,9	51,1	55,5	3,0	34,0	140,0	195,0	0,5	3,0	6,0	10,0
	30	26,6	35,5	40,0	46,6	3,0	30,0	75,0	122,0	0,5	2,0	5,5	8,0
	40	22,2	17,8	24,4	46,6	1,0	8,0	65,0	122,0	0,3	0,5	5,0	8,0
Cloro IPC Líquido	20	44,4	88,9	98,8	100,0	9,0	192,0	360,0	505,0	1,0	6,0	12,0	20,0
	30	73,3	91,1	93,3	97,7	15,0	182,0	390,0	485,0	0,6	3,0	10,0	15,0
	40	48,4	82,2	86,6	95,5	7,0	138,0	380,0	445,0	0,6	4,0	10,0	13,0
IPC Polvo	30	56,6	86,7	100,0	100,0	10,0	164,0	352,0	440,0	0,6	4,0	10,0	13,0
	60	60,0	66,7	95,5	97,7	9,0	138,0	310,0	395,0	1,5	6,0	9,0	20,0
	90	31,1	53,3	82,2	91,1	7,0	74,0	235,0	315,0	1,0	3,0	6,0	14,0
Testigo Polvo		97,7	100,0	100,0	100,0	64,0	277,0	480,0	540,0	6,0	14,0	23,0	30,0
Testigo Líquido		97,7	100,0	100,0	100,0	55,0	283,0	500,0	575,0	6,0	15,0	22,0	30,0

Cálculo estadístico del promedio de los cuatro análisis (Duncan 5%).

TUBERCULOS BROTADOS (%)			PESO DE BROTES (GR.)			LONGITUD BROTES (CM.)		
TRATAMIENTO	DOSIS GR. I.A./TON	PROMEDIO	TRATAMIENTO	DOSIS GR. I.A./TON	PROMEDIO	TRATAMIENTO	DOSIS GR. I.A./TON	PROMEDIO
Cloro IPC pol.	40	31,42 a	Cloro IPC pol.	40	49,00 a	Cloro IPC pol.	40	3,45 a
Cloro IPC pol.	30	36,92 a	Cloro IPC pol.	30	57,50 a	Cloro IPC pol.	30	4,00 a
Cloro IPC pol.	20	37,45 a	Cloro IPC pol.	20	93,00 a	Cloro IPC pol.	20	4,87 ab
IPC polvo	90	54,60 b	IPC polvo	90	157,75 ab	IPC polvo	90	6,00 abc
Cloro IPC liq.	40	63,85 bc	IPC polvo	60	213,00 b	IPC polvo	30	6,90 abc
IPC polvo	60	66,17 c	IPC polvo	30	241,50 bc	Cloro IPC liq.	40	6,90 abc
Cloro IPC liq.	20	71,50 c	Cloro IPC liq.	40	242,50 bc	Cloro IPC liq.	30	7,15 abc
Cloro IPC liq.	30	71,95 c	Cloro IPC liq.	30	266,00 bc	IPC polvo	60	9,12 bc
IPC polvo	30	74,35 c	Cloro IPC liq.	20	268,00 bc	Cloro IPC liq.	20	9,75 c
Testigo líquido		87,82 d	Testigo polvo		340,25 c	Testigo líquido		18,25 d
Testigo polvo		87,82 d	Testigo líquido		353,25 c	Testigo polvo		18,25 d

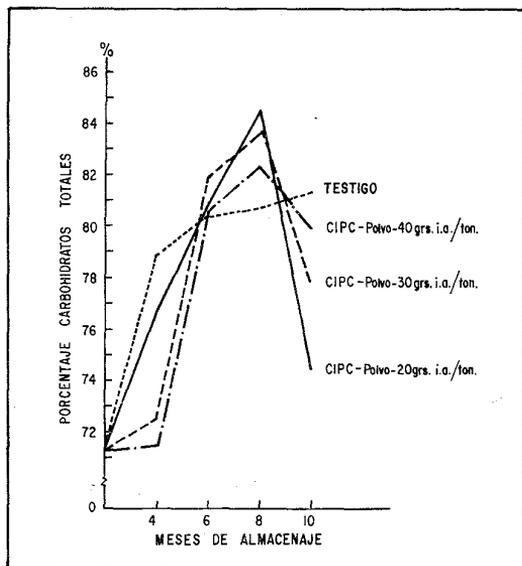


Figura 2 — Variaciones en el contenido de carbohidratos totales en tubérculos tratados con tres dosis de CIPC aplicado en polvo durante diez meses de almacenaje.

nerales del tubérculo a los brotes, cuando la conservación se realiza en condiciones adecuadas de selección y almacenaje.

En cuanto al contenido de algunos constituyentes del tubérculo, los análisis efectuados demostraron sus variaciones a partir del contenido inicial de cada uno de ellos. Las Figuras 2 y 3 indican las variaciones en carbohidratos totales y azúcares reductores, que experimentaron aquellos tratamientos que se indicaron como los más efectivos por los procedimientos antes expresados.

Estadísticamente, no hubo diferencias significativas entre los distintos tratamientos y el testigo, en contenido de carbohidratos totales, que pudiera confirmar una mayor estabilidad de dichos constituyentes bajo la acción de los inhibidores. En azúcares reductores, los testigos alcanzaron la variación promedio más alta, pero similar a la presentada por algunos tratamientos. Aquellos tratamientos que fueron más efectivos, de acuerdo a las variaciones físicas antes mencionadas, presentaron un contenido promedio semejante al de otros tratamientos de menor eficiencia.

Las proteínas y cenizas manifestaron pequeñas variaciones. Las primeras disminuyeron ligeramente a medida que aumenta el período de conservación, especialmente en ambos testigos y que fue más acentuada en los primeros seis meses de almacenaje, variando de un 7,4% inicial de la materia seca a un 6,7%, para proseguir en forma estable hasta finalizado el ensayo. Las cenizas prácticamente no presenta-

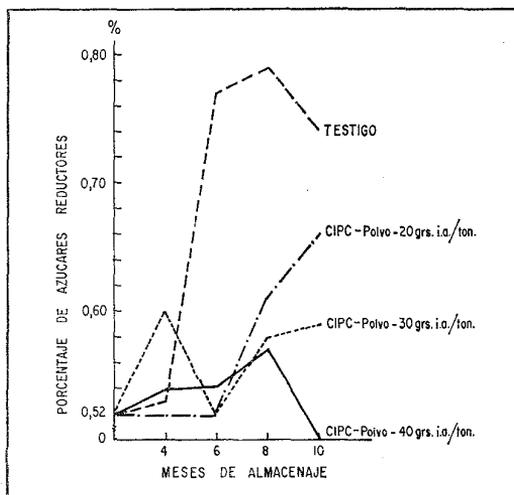


Figura 3 — Variaciones en el contenido de azúcares reductores en tubérculos tratados con tres dosis de CIPC aplicado en polvo durante diez meses de almacenaje.

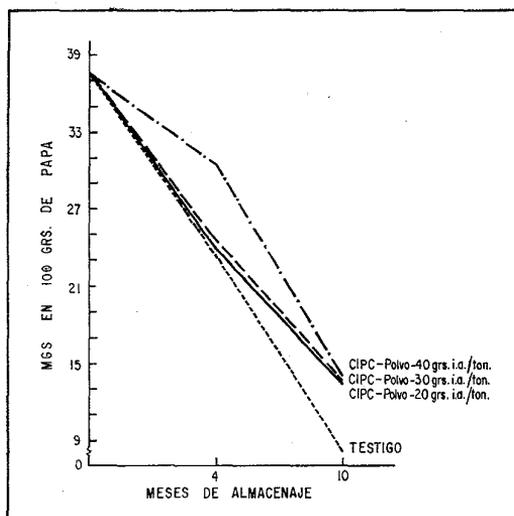


Figura 4 — Variaciones del contenido de ácido ascórbico en tubérculos bajo la acción de tres tratamientos considerados más efectivos.

ron alteración, manteniéndose alrededor del 4,8% inicial.

Las variaciones del ácido ascórbico a partir del contenido inicial de 37,40 mg. por 100 gr. de papa, en las dos oportunidades que se realizara dicho análisis durante el ensayo y en los tratamientos más efectivos, pueden apreciarse en la Figura 4 en que la pérdida de ácido ascórbico en los tubérculos de papa fue constante, resultado que corresponde a lo determinado por Heinze (6) y Rolf (10). Estadísticamente no hubo diferencia significativa entre los tratamientos.

R E S U M E N

El presente estudio es una evaluación del comportamiento de dos inhibidores de brotación, isopropil-N-3-clorofenil carbamato (CIPC) e isopropil-N-fenil carbamato (IPC), aplicado en dos formas, líquido y polvo el primero de ellos y sólo en polvo el segundo. Las dosis usadas fueron tres para cada forma de aplicación; dicha dosis fueron: 20-30-40 gr. de i.a. cloro IPC por tonelada de papa, y 30-60-90 gr. de i. a. IPC por tonelada.

Los análisis efectuados en cuatro oportunidades, durante diez meses de conservación en bodega corriente, indicaron a las tres dosis de CIPC como los tratamientos más eficientes, registrándose diferencia significativa con los testigos en porcentaje de brotación, pérdida de peso, largo de brotes y peso de brotes.

Adicionalmente se efectuó una serie de análisis en cada fecha de examen para determinar las variaciones de algunos constituyentes químicos del tubérculo. El contenido de carbohidratos totales y ácido ascórbico, aunque sufrió variaciones notables, no presentó diferencia significativa entre los testigos y los tratamientos. El contenido de azúcares reductores se mantuvo a un nivel relativamente estable en los tratamientos indicados como más efectivos, no así en los testigos que variaron notablemente hasta los ocho meses de almacenaje. El contenido de proteínas y cenizas se mantuvo dentro de niveles estables en todos los tratamientos, especialmente las cenizas que prácticamente no sufrieron variación.

S U M M A R Y

This experiment was carried out in order to evaluate the behaviour of two sprout inhibitors, Isopropil N-3-Chloro-phenil carbamate (CIPC) and Isopropil N-phenil carbamate (IPC), the former applied both as a liquid and as a powder, and the latter only as a powder. The doses used were: 20, 30 and 40 grams of CIPC per ton and 30, 60 and 90 grams of IPC per ton.

Four examinations were made during ten months of storage in a regular potato storehouse. As a result, it was found that the three concentrations of CIPC were the most effective treatment, showing significant differences with the check in the percentage of sprouting, weight loss, length of sprouts, and weight of sprouts.

Additionally, a series of analyses were performed at each examination date to determine the variation of some of the chemical components.

Although the total carbohydrate and ascorbic acid showed warked variation, no significant difference was evidenced between treatments and control.

The content of reducing sugars remained at a relatively stable level in the most effective treatments. In the check treatment this level showed wide fluctuation until the eighth month of storage. The protein and ash content remained without variation in all the treatments.

LITERATURA CITADA

1. ALVIM, P. T. Almacenamiento de papas con inhibidores de brotamiento. IV Reunión Latinoamericana de Fitotecnia. Santiago de Chile. Oficina de Estudios Especiales. 12 pp. 1958.
2. ARREGUIN, L. B. and J. BONNER. Experiment on sucrose formation by potato tubers as influenced by temperature. *Plant physiology* 24: 720-738. 1949.
3. CLOUTIER, J. A. *et al.* Effect of storage on the carbohydrate content of two varieties of potatoes grown in Canada and treated with gamma radiation. *Food Research*, 24 (6): 659-664. 1959.
4. DEVOE, M. S. Color of potato chips as influenced by storage temperatures of the tubers and other factors. *Journal of Agricultural Research* 41: 479-491. 1930.
5. HEINZE, P. H. *et al.* Variation in specific gravity of potatoes. *American Potato Journal* 29: 31-37. 1952.
6. HEINZE, P. H. Effect of storage on potato quality. *Potato Handbook* 6: 32-36. 1961.
7. MACKEY, A. and J. STOCKMAN. Cooking quality of Oregon grown Russet potatoes. *American Potato Journal* 35: 395-407. 1958.
8. NEUBAUER, L. W. *et al.* Effects of relative humidity on Irish potatoes in storage. *California Agriculture* 21 (11): 4-6. 1967.

9. PÉREZ, E. M. *et al.* Almacenamiento de papas con antigerminantes. *Agricultura Tropical* 20 (11): 617-624. 1964.
10. ROLF, L. A. The effect of cooking and storage on the ascorbic acid content of potatoes. *Journal of Agricultural Research*. 61: 381-395. 1949.
11. SCHMIDT, H. *Química y Tecnología de los alimentos*. Santiago, Chile. Editorial Salesiana: 93-95. 1966.
12. SMITH, O. *Potato Processing*. The Avi Publishing Co. Inc.: pp. 157-171. 1959.
13. SPARKS, W. C. Effect of mechanical injury upon the storage losses of Russet Burbank potato. Idaho Agricultural Experiment Station. *Bulletin* 26: 16 pp. 1954.
14. TOKO, H. V. and E. F. JOHNSTON. Effects of storage in post-harvest physiology of potatoes used for table stork and seed. *Potato Handbook* 7: 10-17. 1962.
15. TOWNSEND, L. R. and G. W. HOPE. Factors influencing the color of potato chips. *Canadian Journal of Plant Science*. Edited by Agriculture Institute of Canada. 40 (1): 58-64. 1960.
16. VLIET, H. VAN and W. H. SCHRIEMER. High temperature storage with the aid of sprout inhibitors. *Publikatic. I. B. V. L.* 92. Wageningen, Holland. 16 pp. 1963.
17. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMIST (AOAC). *Official Methods of Analysis*. 9th. Edition. The Collegiate Press. 1960.