

MILTON SOLA
ECUADOR

FISIOLOGIA DE LA PAPA EN ALMACENAMIENTO

1. ASPECTOS FISIOLOGICOS

1.1 Introducción

El problema de la conservación de la papa es tan antiguo como su cultivo. Durante el imperio Inca (1150 - 1530), los indios deshidrataban la papa por congelaciones y descongelaciones sucesivas, aprovechando las condiciones ambientales del frío intenso durante la noche y del calor del sol durante el día. Macerándola con los pies le extraían el agua hasta la sequedad, obteniendo así el producto llamado "chuño", que podía ser almacenado indefinidamente. Aún en la actualidad este sistema es practicado en el Perú por la población indígena (5).

1.2 El Tubérculo

Los tejidos protectores de la papa están compuestos de células especializadas que contienen suberina. La suberina hace impermeable la epidermis, limitando la pérdida de agua por transpiración y de materias solubles por arrastre de las lluvias, y protege el tejido epitelial de daños mecánicos y ataques por insectos y microorganismos. La epidermis contiene diminutas válvulas a través de las cuales se efectúan intercambios de gases cuando están abiertas.

La textura de la papa depende de la turgencia y cohesión de las células vivas y de la existencia de los tejidos de soporte. La turgencia se debe a la presión del tejido celular sobre las paredes parcialmente elásticas de las células, lo cual tiende a producir rigidez. Esta rigidez se produce por un balance delicado de las fuerzas que mantienen las células en un volumen normal. Cuando el volumen de las células disminuye, éstas

llegan a ser blandas y flácidas. En cambio si el volumen llega hasta el punto de que no sea posible sostenerlo por las fuerzas elásticas de las paredes celulares, la célula se rompe, el contenido fluye y la rigidez se pierde. La principal sustancia responsable de estos cambios es el agua (5).

Para tener una idea del contenido de agua de la papa, se ha verificado que por cada 1000 Kg. de tubérculos existen 800 Kg. de agua 1/.

El comportamiento fisiológico de los tubérculos en almacenamiento se encuentra influido por algunos factores interdependientes entre sí. Tal es el caso de las prácticas culturales, maduración, aplicación de sustancias químicas y características del medio ambiente en almacenamiento. (17)

Los tubérculos almacenados (6) atraviesan por tres períodos:

- a. Un período de "cura", de gran actividad fisiológica, con mucha pérdida de agua por respiración y transpiración. Es el período en el que pueden penetrar organismos patógenos por las heridas.
- b. Un período de "dormancia", en el cual los tubérculos tienen una intensidad baja de respiración y transpiración.
- c. Un período de "brotación", cuyo estímulo no es bien conocido. Durante esta fase aumenta la intensidad de respiración y los tubérculos inician el desarrollo y crecimiento de los brotes.

1.3 Dormancia ó Latencia y Reposo

La papa posee normalmente un período de receso, después de la cosecha, que dependiendo de la variedad es de 2 a 3 meses, y además de las condiciones a que está expuesta. Por lo tanto, estos tubérculos no brotan si no ha concluido este período de vida latente. (10, 11, 14).

1/ Notas del Curso.

Ampliando estos conceptos se afirma que la duración del reposo puede ser corta ó larga y en algunos casos no existe, y que el tubérculo no emite brotes aunque se mantenga en condiciones favorables para la brotación; en cambio, en el período latente, el tubérculo no emite brotes cuando se mantiene a temperaturas inferiores a la óptima para la brotación.

Las temperaturas bajas prolongan el tiempo de dormancia; pero temperaturas de 20 - 30°C durante tres a cuatro semanas, pueden interrumpir el período de reposo (9).

Es necesario hacer una distinción entre "latencia" y "reposo". Se señala que "reposo" es la paralización temporal del crecimiento de los meristemas debido a causas internas, siendo la "latencia" la inhibición del crecimiento debido a causas externas (50).

Existe un conjunto de teorías que tratan de explicar este mecanismo, cualquier aspecto de estas hipótesis, constituyen solamente una pequeña parte de un "todo" interdependiente.

Luego, el éxito de un buen almacenamiento depende de la correcta ampliación del período "dormante".

2. FACTORES FISIOLÓGICOS

2.1 Respiración

Los tubérculos de papa son organismos vivos y como tales, respiran, produciendo en consecuencia, CO₂, humedad y calor. Debe evitarse el que estos tres elementos lleguen a niveles excesivamente altos (83).

La liberación de energía de los alimentos durante la respiración resta la posibilidad de conservar en buen estado los productos vegetales; la disminución de la respiración es una técnica adecuada para la conservación de los mismos, lo que pueda conseguirse de tres maneras (1):

- a. Disminuyendo la concentración de oxígeno, que en cambio ocasiona el incremento de la respiración anaeróbica con la consiguiente formación de productos tóxicos, los cuales matan al protoplasma.
- b. Incrementando la concentración de anhídrido carbónico, siempre y cuando no disminuya mucho la del oxígeno, lo que resulta impracticable y antieconómico, y
- c. Deshidratando los tejidos, esto reducirá la respiración ya que el agua es un sustrato de aquella.

Se atribuye a un incremento de la rata de respiración, el aumento de la concentración de CO₂ en la atmosfera de los tubérculos almacenados, y señalan también que la concentración de CO₂ en la misma varía entre 0.06 y 0.86% (3).

Los procesos de la respiración reducen el peso de la papa durante el almacenamiento. Bajo condiciones ordinarias, cada 100 libras de papa eliminan por evaporación cerca de 1 litro de agua durante el primer mes de almacenamiento. Durante el tercer mes, si los tubérculos se han conservado a 4.4°C desprenderán la quinta parte de agua señalada para el primer mes. En condiciones semejantes, 240 libras de papa desprenderán durante el primer mes una cantidad de calor equivalente a la obtenida cuando se quema una libra de carbón y durante el tercer mes solamente la cuarta parte. Para mantener una temperatura adecuada de almacenamiento, es preciso eliminar este calor.

El grado más bajo de respiración tiene lugar a una temperatura de almacenamiento de entre 1.7 y 4.4°C. Hay una elevación gradual del ritmo de la respiración conforme aumenta la temperatura de 4.4° C a 10° C y una elevación aguda cuando la temperatura sube a más de 10° C. 1/

1/ Recomendaciones generales para el almacenamiento de papa en el Ecuador. Informe Preliminar por Harold Kramer. s.f.

2.2. Brotación Externa e Interna

La brotación como ningún otro factor determina el tiempo de almacenaje de la papa.

La brotación es un indicador de las condiciones medio ambientales y técnicas de almacenamiento.

Este proceso está acompañado por un incremento en la respiración, una alza en la actividad de la amilasa, un posible incremento en la actividad de un sistema de flavo-proteína-oxidasa, hidrólisis de proteínas y la translocación de prolina desde el tubérculo hacia los brotes.

La brotación se inhibe si los tubérculos estuvieran almacenados en una atmósfera que contiene el 20% de CO₂ y a una temperatura que varía de 20 a 13°C durante el período de almacenamiento. El efecto inhibitorio tiende a decrecer con un alza de temperatura ó concentración de O₂ (2).

El porcentaje de brotación es una característica de cada variedad, pero está influido por la temperatura de almacenamiento. En algunas variedades, una temperatura inferior es óptima. A temperaturas superiores, la proporción del crecimiento se reduce.

Los efectos de las variables vinculadas al período latente y sobre la proporción de crecimiento, hace imposible predecir la pérdida potencial debida a la brotación en un año. Una estimación real del valor medio de la supresión de la brotación, indica pérdidas medias que van desde 0.5% a 0.7% en un lapso de 4 meses (4).

En relación a la brotación interna existen varios criterios. Se ha observado que cuando ya existe brotación externa, el uso de inhibidores provoca un

crecimiento lateral de los brotes al interferir el alargamiento de los mismos, y cuando este crecimiento está localizado en la base del brote puede ocurrir brotación interna (7).

Por otro lado, se relaciona el apareamiento de brotación interna con la acumulación de CO₂ en la bodega de almacenamiento; finalmente, el mismo almacenamiento ambiental, conduce a una rápida brotación externa y la necesidad de un inhibidor da más susceptibilidad a la brotación interna; no se descarta la posibilidad de que la compresión de los tubérculos durante su almacenamiento, incremente el desarrollo de brotes internos.

2.3 Pérdida de Peso

La pérdida de peso total producida durante la conservación es difícil de definir en términos estrictos, pero esencialmente está tomada por la pérdida ocurrida por deshidratación de los tubérculos almacenados en condiciones de humedad relativa inferior a un 80% y por el proceso de brotación, en el cual hay translocación de componentes orgánicos y minerales del tubérculo a los brotes. (11)

Una reducción del 5% en el contenido de agua hace que las papas pierdan peso y cuando esta pérdida es de 10% ó más los tubérculos se presentan arrugados y esponjosos. Hay dos factores que intervienen en la cantidad de agua perdida. Uno de ellos es la cantidad de agua que puede tomar el aire que rodea a los tubérculos antes de que sature, es decir el poder secante del aire; el otro es la protección contra las pérdidas de agua proporcionada por la parte suberosa de la piel de la papa. Si el aire que rodea a un tubérculo puede tomar doble cantidad de agua que el que rodea a otro, entonces el primero perderá doble cantidad que el segundo, pero en ambos casos la pérdida será comparativamente pequeña, ya que está limitada por la piel.

Durante la primera semana después de la cosecha, cuando la piel tiende a resquebrajarse y erosionarse, la proporción de pérdida de peso puede ser más de cinco veces superior.

La pérdida de agua en tubérculos germinados puede alcanzar hasta un 12% en un período de 5 meses, y un 9% en papas no germinadas; en cámaras refrigeradas y por un período igual, la pérdida será aproximadamente el 5% (4). Mientras no ocurra brotación larga e infección por microorganismos, las pérdidas no son considerables.

Otro factor que influye en la pérdida de peso es la ventilación. Con ventilación forzada no debe removerse innecesariamente el aire, sobre todo, si la humedad relativa del aire es baja ó en los primeros días del almacenamiento. Sin ventilación forzada la pérdida de agua es relativamente constante y baja.

Se señala también, que las pérdidas de peso son más altas en la parte baja que en la parte superficial de la pila de papa (12).

2.4 Cambios Químicos que sufre el Tubérculo durante el Almacenamiento

De varias experiencias realizadas, se extractan sus conclusiones, las mismas que no pueden generalizarse dadas las condiciones muy particulares de las localidades donde éstas se efectuaron.

Una primera deducción es aquella de que a una disminución de amino-ácidos corresponde generalmente un aumento de proteínas y luego el proceso inverso. Estos cambios son mucho más rápidos cuanto menor sea el período de reposo.

El contenido de nitrógeno total durante el almacenamiento, se mantiene aproximadamente constante. Existe un incremento en el contenido de alcaloides únicamente cuando la tasa de metabolismo aumenta.

Uno de los principales cambios en almacenamiento es la pérdida de vitamina C si se toma en cuenta la relativa riqueza que la papa posee de esta vitamina. A partir de la cosecha se experimenta una constante pérdida, alcanzando hasta un 50% ó más después de algunos meses a bajas temperaturas.

Al cabo de 9 meses de almacenamiento, se encontró que las cenizas prácticamente no presentaron alteraciones, manteniéndose alrededor del 4.8 inicial (13, 17, etc.).

2.4.1 Azúcaros

El contenido de azúcares reductores de la papa conservada debe ser de 0.25%. Este contenido está influenciado por la temperatura de almacenamiento; a menor temperatura, mayor cantidad de azúcares. Este efecto no es marcado por encima de los 7.2°C, pero puede ser grave a temperaturas más bajas.

La temperatura para conseguir el contenido ideal debe ser de 10°C (4).

Los tubérculos con un contenido total de azúcar superior al 1% son demasiado dulces para considerarlos como de alta calidad, después de la cocción, éstos generalmente tienen una textura pobre. Si las papas se han endulzado durante el almacenamiento a una baja temperatura, se almacenan durante unas pocas (2 - 4) semanas a una temperatura alta (15.5 - 21°C) para "desazucarizar" lo acumulado, en parte es respirado a un ritmo alto y en parte se recondensa a almidón.

El alto contenido en azúcar invertido es la causa del indeseable color café oscuro de las papas fritas y es responsable de que las papas deshidratadas tomen un color café después de la elaboración (8, 13, 14).

Además de la pérdida de agua, todos estos cambios traen como consecuencia la pérdida de materia orgánica durante el almacenamiento.

3. LITERATURA CITADA

1. Alvim, P. de T., (s.f.) Como conservar papa sin refrigerarla. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Boletín N° 2, Lima. 19 p.
2. Burton, W. G., 1952. Studies on the dormancy and sprouting of potatoes, *New Phytologist* 50: 287 - 296.
3. Crook, E.M., Watson, D.J., 1950. Studies on the storage of potatoes. *Journal Agricultural Science (London)* 40 (3): 200-232; 400-457.
4. Cullen, J.C., Wilson, A.R., 1971. Producción comercial de patatas y su almacenamiento. Traducido por Guillermo Sanchez. Zaragoza, Editorial Acribia. pp. 130 - 153.
5. Delgado, D.D., 1964. Estudios sobre almacenamiento de papa en silos semisubterráneos. Instituto de Investigaciones Tecnológicas, Bogotá - Colombia. 55 p.
6. Ezeta, F., 1975. Aspectos fisiológicos de la producción y almacenamiento de papa. In. Curso Nacional sobre Tecnología de Papa. Quito, Julio 14-25. Memorias. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección Nacional de Desarrollo Agrícola; INIAP; Centro Internacional de la Papa. pp. 102 - 104.
7. Heinze, P. H. et. al., 1955. Further Test with 3 - Chloro-Isopropyl - N - Phenyl carbamate as a sprout inhibitor for potato tubers. *Amer. Pot. Jour.* 32: 357 - 361.
8. Kehr, E. H. et. al., 1967. Producción comercial de la papa. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (AID), Mexico. Manual Agrícola N° 267. pp. 49 - 52.
9. Luján, L., 1966. Principios básicos sobre almacenamiento de papa. In. IV Reunión de la Sociedad Latinoamericana de Investigadores de Papa. Quito, INIAP. 3 p.
10. Miller, E. V., 1967. Fisiología vegetal. Traducido por Francisco La Torre. México, Uteha. 222 p.
11. Malagamba, P., 1968. Conservación de papa con inhibidores de la brotación y sus efectos en la composición interna del tubérculo. *Agricultura Técnica (Chile)* 28 (3): 111 - 119.
12. Meijers, C. P., 1971. Directives for potato storage. Institute for Storage and Processing of Agricultural Produce. Publikatie N° 234. Wageningen. 22 p.

3. LITERATURA CITADA

1. Alvim, P. de T., (s.f.) Como conservar papa sin refrigerarla. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Boletín N° 2, Lima. 9 p.
2. Burton, W. G., 1952. Studies on the dormancy and sprouting of potatoes. *New Phytologist* 50: 287 - 296.
3. Crook, E.M., Watson, D.J., 1950. Studies on the storage of potatoes. *Journal Agricultural Science (London)* 40 (3): 200-232; 400-457.
4. Cullen, J.C., Wilson, A.R., 1971. Producción comercial de patatas y su almacenamiento. Traducido por Guillermo Sanchez. Zaragoza, Editorial Acribia. pp. 130 - 153.
5. Delgado, D.D., 1964. Estudios sobre almacenamiento de papa en silos semisubterráneos. Instituto de Investigaciones Tecnológicas, Bogotá - Colombia. 55 p.
6. Ezeta, F., 1975. Aspectos fisiológicos de la producción y almacenamiento de papa. In. Curso Nacional sobre Tecnología de Papa. Quito, Julio 14-25. Memorias. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección Nacional de Desarrollo Agrícola; INIAP; Centro Internacional de la Papa. pp. 102 - 104.
7. Heinze, P. H. et. al., 1955. Further Test with 3 - Chloro-Isopropyl - N - Phenyl carbamate as a sprout inhibitor for potato tubers. *Amer. Pot. Jour.* 32: 357 - 361.
8. Kehr, E. H. et. al., 1967. Producción comercial de la papa. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (AID), Mexico. Manual Agrícola N° 267. pp. 49 - 52.
9. Luján, L., 1966. Principios básicos sobre almacenamiento de papa. In. IV Reunión de la Sociedad Latinoamericana de Investigadores de Papa. Quito, INIAP. 3 p.
10. Miller, E. V., 1967. Fisiología vegetal. Traducido por Francisco La Torre. México, Uteha. 222 p.
11. Malagamba, P., 1968. Conservación de papa con inhibidores de la brotación y sus efectos en la composición interna del tubérculo. *Agricultura Técnica (Chile)* 28 (3): 111 - 119.
12. Meijers, C. P., 1971. Directives for potato storage. Institute for Storage and Processing of Agricultural Produce. Publikatie N° 234. Wageningen. 22 p.

13. Miller, R. A. et. al., 1975. Effect of variety and harvest date on tuber sugars and chip color. Amer. Pot. Jour. 52 (12); 379-386.
14. Roberts, J. A., 1974. Bulk potato storage. Department of Agriculture, Canada. Publication 1508. pp. 5 - 7.
15. Sawyer, R. L., Dallyn, S. L. 1962. Chemical sprout inhibitors. Potato Handbook, New Jersey 7; 5 - 8.
16. Sparks, W. C. et. al. 1968. Ventilating Idaho potato storages. Idaho Agricultural Experiment Station. Bulletin 500. pp. 3 - 15.
17. Toko y Johnston, E., 1962. Effects of storage on post harvest physiology of potatoes used for table stock and seed. Potato Handbook, New Jersey 7; 10 - 17.

CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA
PERU

Huancayo, Mayo de 1973.