

LAS DEFICIENCIAS EN POSTCOSECHA EN LA CADENA PRODUCTOR – CONSUMIDOR DE LA PAPA EN EL PERU

Kurt Manrique Klinge, Ph.D.

Proyecto Papa Andina

Centro Internacional de la Papa, Lima-Perú

1. Introducción

Desde que hace 10,000 años cuando el hombre inició la domesticación de una gran variedad de plantas para su sustento, comenzó también su preocupación por su preservación. La preservación de los alimentos fue una constante preocupación de las sociedades humanas de todos los tiempos, pues de ello dependía la supervivencia de una civilización. Casi todas las grandes culturas de la antigüedad conocieron los principios de postcosecha para la preservación de alimentos; con este fin culturas tan antiguas como la egipcia, la romana hasta nuestras culturas precolombinas, desarrollaron en alguna medida tecnología de post cosecha. El cultivo de la papa domesticada por los antiguos peruanos y utilizada como uno de sus principales fuentes de sustento, fue objeto de un milenario e intenso proceso de domesticación, observación y mejora que condujo a un vastísimo acervo de conocimiento indígena para su cultivo, utilización y conservación.

De manera que la postcosecha no es una ciencia nueva, ni mucho menos. Lo que resulta ahora más bien novedoso es el increíble y sofisticado avance tecnológico que posibilita la prolongada preservación de los atributos de calidad de los productos para luego transformarlos en una diversidad de formas. Los principios básicos en los que se sustenta el manejo en postcosecha son, sin embargo, los mismos que conocieron y manejaron nuestros antepasados.

Este artículo pretende hacer una breve revisión de los conceptos básicos de la fisiología del tubérculo de papa, y destacar la importancia de su rol en las principales causas de pérdidas en post cosecha en la cadena de la papa desde el productor al consumidor.

2. Las pérdidas en postcosecha en la cadena productor - consumidor

La papa, como cualquier producto agrícola, no es un objeto inerte o sin vida. Es un ente vivo y perecedero, que se compone de células, con un metabolismo propio y que realizan una función propia de organismos vivos como la respiración. En la medida que la integridad de las células y la de su metabolismo se preserve, se prolongará la vida de almacén de la papa y la de sus atributos de calidad.

La cosecha de los productos agrícolas consiste en la remoción de la porción alimenticia del cultivo de su hábitat natural de crecimiento y desarrollo, como la extracción de los tubérculos de papa del suelo. Mientras que el periodo de postcosecha se refiere a todo el

manipuleo durante el procesamiento, acondicionamiento, comercialización y distribución del producto para el consumo final. Los daños y deterioro que sufren los productos agrícolas en pre- y postcosecha tienen un efecto acumulativo y se producen sucesivamente a dos niveles, observándose deficiencias de: origen y a lo largo de las etapas en postcosecha.

2.1 Las deficiencias de origen o en campo:

Son aquellos factores productivos relacionados al: manejo agronómico (calidad de semilla, fertilización, fitosanidad, riego y momento de cosecha) y factores climáticos (heladas, sequías, lluvias excesivas, calor, etc.), que al aplicarse o presentarse en forma inadecuada o sorpresiva producen un efecto irreversible en el producto cosechado, que luego se manifestará en sus atributos de calidad, ya sea como papa para consumo directo o como materia prima para la agroindustria.

2.1.1 Manejo agronómico:

La selección correcta de la variedad de papa más adecuada en función al: destino final (uso industrial o consumo fresco) que tendrá la cosecha y a la zona de producción, es el punto de partida para reducir las deficiencias de origen. En general, se deberán prodigar las prácticas y manejos agronómicos más adecuados al cultivo de papa para que los tubérculos alcancen un saludable y óptimo desarrollo fisiológico, para así manejar el riesgo que representan los factores climáticos incontrolables.

La edad fisiológica de la semilla influye en el vigor de los brotes, uniformidad del campo y productividad. La semilla vieja tiende a tener un período vegetativo más corto, pero produce plantas con menos tallos y consecuentemente menor número de tubérculos por planta; asimismo la susceptibilidad a plagas y enfermedades es mayor. Es fundamental el manejo adecuado y equilibrado de los principales nutrientes del suelo. Particularmente importante es el nitrógeno, que al aplicarse en exceso prolonga el período vegetativo y produce a la cosecha: tubérculos inmaduros, con menor gravedad específica, escaso desarrollo de la peridermis (papa ‘pelona’) y sin aptitud para la industria de fritura después de un período de almacenamiento prolongado, por su mayor tendencia a acumular azúcares reductores. Tan importante como la fertilidad, lo es también la humedad del suelo. No sólo por facilitar la absorción de nutrientes, sino también por contribuir a la acumulación de materia seca en los tubérculos. Se ha observado que niveles inferiores de 40% de humedad disponible en el suelo durante el período de tuberización producen tubérculos con menor gravedad específica, así como también desordenes internos (corazón vacío) y desuniformidad en la distribución de materia seca. Si el último riego se realiza en un momento muy próximo a la cosecha, además de dificultar esta labor, dará una mayor turgencia a los tubérculos con lo que el riesgo por daños por rotura de la peridermis es mayor. La cosecha debe hacerse oportunamente, de manera que se permita a los tubérculos alcanzar su madurez fisiológica, máximo desarrollo de su peridermis y acumulación de materia seca. Una cosecha prematura produce tubérculos inmaduros, con mayor contenido de sacarosa, muy susceptibles y a la pudrición blanda (*Erwinia carotovora*) y pudrición seca (*Fusarium spp*) por el mayor contenido de azúcares reductores (Iritani y Weller, 1980; Painter *et al.*, 1975).

2.1.2 Los factores climáticos

Los factores climáticos como: temperatura, humedad relativa, lluvia, granizo, sequía, etc. tienen gran importancia por escapar al control del hombre. Sin embargo, los de mayor riesgo para la papa cosechada con fines industriales son la temperatura baja y humedad relativa baja. Según la clasificación de las regiones naturales del Perú de Pulgar Vidal (1996), las zonas agro-ecológicas de producción de papa son: chala, yunga, quechua y suni (Ramos, 1989). Sin embargo, las zonas quechua y suni, que representan un 80% del área y producción nacional de papa, se caracterizan por tener un clima frío y seco, con gran alternancia de temperaturas diurna y nocturna, por lo que el riesgo de daños fisiológicos por heladas es mayor en estas regiones.

Tabla 1. Valores promedio de las principales variables climáticas ^a y participación en la superficie y producción nacional de papa ^b de las zonas ecológicas productoras de papa del Perú.

| | Chala | Yunga | Quechua | Suni |
|----------------------|---------|------------|-------------|-------------|
| Altitud (m.s.n.m.) | < 500 | 500 - 2300 | 2300 - 3500 | 3500 - 4200 |
| Temperatura | | | | |
| máxima (°C) | 25 a 28 | 20 a 27 | 22 a 29 | 7 a 20 |
| mínima (°C) | 17 a 21 | 10 a 17 | 7 a -4 | -1 a -16 |
| Humedad relativa (%) | > 80 | 65 a 85 | 60 a 75 | 60 a 70 |
| Precipitación (mm) | 2 a 104 | 5 a 1700 | 10 a 3000 | 31 a 700 |
| Superficie (%) | 2.4 | 10 | 58 | 27 |
| Producción (%) | 6 | 11 | 58 | 23 |

a Fuente: Ramos, 1989.

b Fuente: Paredes y Suarez, 2001.

El almidón es la principal forma de almacenamiento de los productos de la fotosíntesis ricos en energía y es además el principal sustrato de oxidación en el proceso de la respiración. El almidón se encuentra en el citoplasma en un gránulo llamado amiloplasto. Al menos el 80% de la materia seca del tubérculo de papa lo constituye almidón, y este polisacárido es responsable de las principales características de calidad (alto contenido de materia seca, mayor gravedad específica y menor acumulación de azúcares reductores) para la industria de la papa frita.

Al exponerse el tubérculo de papa a temperaturas inferiores a los 7°C, ocurre lo que se conoce como “**endulzamiento por frío**”. Este daño fisiológico, que es la principal causa de rechazo de lotes de papa serrana para la industria, consiste en la acumulación de azúcares reductores (glucosa y fructosa) como resultado de la sucesiva degradación del almidón y sus componentes, debido a la desintegración de la membrana del amiloplasto por efecto de la temperatura baja. Se estima que por esta causa se pierde el 1.3% de peso fresco del tubérculo, o sea del 8 al 9% del almidón presente originalmente (Burton *et al.* 1992). Ohad *et al.* (1971) determinó que los tubérculos inmaduros o precozmente cosechados pueden

sufrir pérdidas de hasta el 26% del almidón presente originalmente, y 19% los tubérculos maduros.

El daño por “endulzamiento” es imperceptible a simple vista, pero cuando el tubérculo afectado es sometido a fritura como hojuela o tiras, el producto frito tiene una desagradable apariencia oscura debido a la reacción entre azúcares reductores y aminoácidos en presencia de calor (reacción de Maillard). Este daño inhabilita al lote de papas afectadas para ser destinadas a la industria de papas fritas. La incidencia del daño por endulzamiento se ha verificado en tubérculos de papa de un mismo grupo de clones, provenientes de diferentes zonas de producción alto andinas de Huanuco (Figura 1). Se ha visto que a mayor altitud (Conobamba, 3300 m), donde las condiciones de frío son extremas e imperantes, la performance de hojuelas fritas es inferior a la muestra proveniente de Huaguin (2700 m), situada a menor altitud. Asimismo, durante el transporte de papas al mercado de Lima, al pasar el producto por las zonas altas de la cordillera, como Ticlio (4820 m), si el vehículo no tiene algún tipo de protección o aislamiento que proteja la carga de papas de la temperatura baja (inferiores a de 7°C), el daño por endulzamiento se producirá inevitablemente. Entonces si la carga inicialmente tenía buena performance de fritura en el punto de embarque, al llegar a Lima el lote es rechazado.



Figura 1. Efecto de la temperatura en la performance de fritura de seis clones de papa sensibles al “endulzamiento por frío”, cultivados en dos localidades situadas a diferentes altitudes en el departamento de Huanuco, Peru..

El desarrollo de nuevas variedades tolerantes al endulzamiento en frío es factible porque esta característica de origen genético, puede ser evaluada a partir de germoplasma local disponible y transferida a material mejorado. Incorporando la selección para esta característica en los procedimientos de rutina de un programa de mejoramiento genético de papas con aptitud industrial para la sierra.

Por otro lado, los valores de humedad relativa ambiental por debajo de 95% originan un gradiente de flujo de agua del interior del tubérculo hacia el exterior (**déficit de presión de vapor de agua**). Desde el punto de vista de post-cosecha, el déficit de presión de vapor de agua es la medida más importante, pues mide la diferencia en la presión del vapor de agua al interior de un producto almacenado y su entorno. Cuanto mayor sea el déficit de presión de vapor de agua (mayor gradiente), mayor será la pérdida de agua. Si consideramos que el 80% del peso del tubérculo de papa es agua, y que los valores promedio de humedad relativa de las zonas agro-ecológicas de producción de papa en la alta cordillera (quechua y suni) fluctúan entre 60 y 75% (Tabla 1), podemos comprender que las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa son propicias para que las pérdidas por este concepto pueden llegar a afectar hasta el peso final. Se estima que si un producto ha perdido por esta vía un promedio de 5% de su peso fresco, éste ya es indeseable en el mercado. Las lenticelas y estomas son las vías naturales de salida y entrada de agua e intercambio gaseoso en tubérculos y, hojas y tallos respectivamente

Las condiciones ideales de almacenamiento de papa para consumo son a una temperatura de 7° a 10°C y a 95% de humedad relativa, condiciones que no se dan naturalmente ni en costa o sierra. Por lo que es necesario reproducir estas condiciones en cámaras refrigeradas especialmente acondicionadas para lograr alcanzar un balance de la actividad metabólica en el tubérculo, y/o evacuar rápidamente el producto a las plantas de procesamiento en vehículos con un aislamiento o protección mínimos.

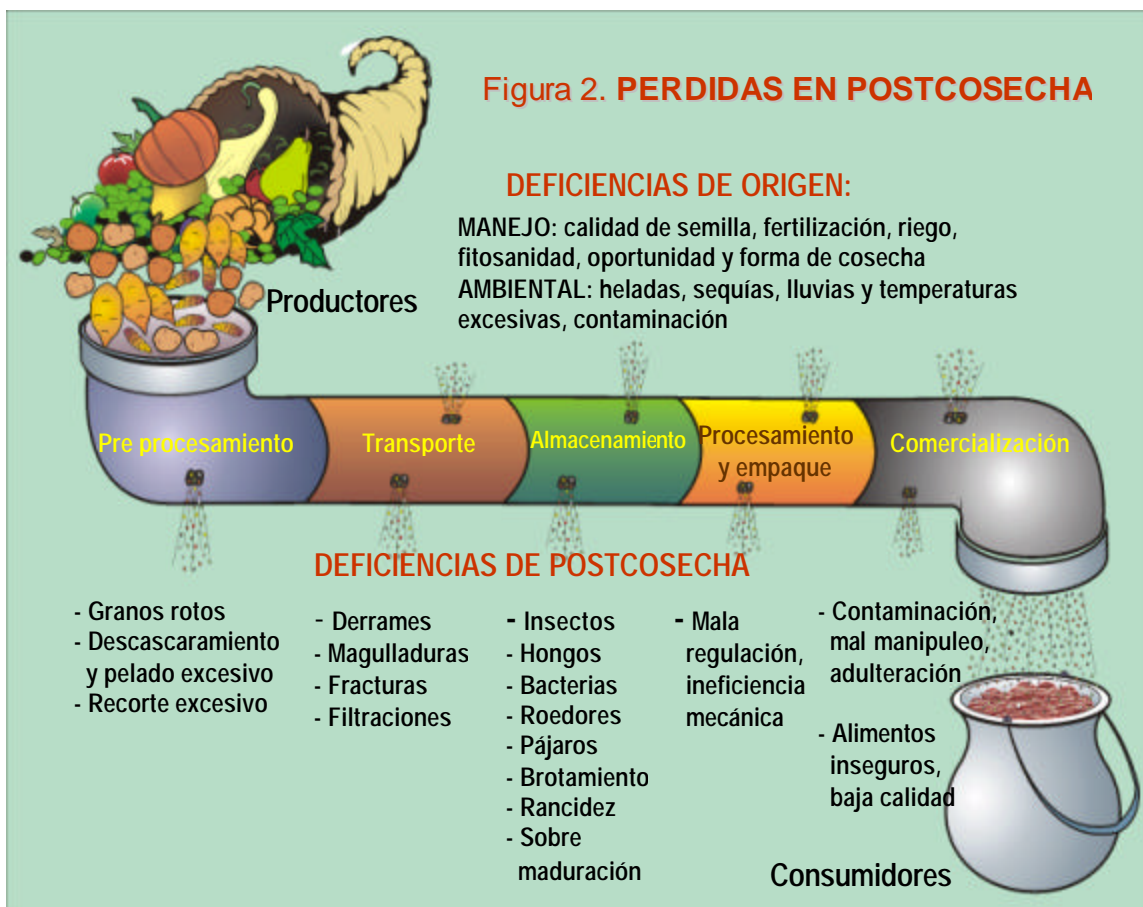
La temperatura alta así como la alta humedad en la costa favorece el brotamiento de las yemas y el desarrollo de las infecciones bacterianas y la rápida descomposición de los tubérculos infectados dentro de los sacos y la infección de tubérculos sanos. Las condiciones de hacinamiento en que se desarrollan las actividades comerciales propician la poca ventilación y temperaturas altas afectando la sanidad del lote.

El control fitosanitario en campo, además de procurar reducir el ataque de plagas y enfermedades más comunes, se debe orientar a la inmediata eliminación e incineración de todo tipo de residuos contaminados (tubérculos enfermos, broza, follaje, otros productos contaminados por insectos o pudrición etc.) que puedan representar focos de infección a la papa cosechada.

2.2 Deficiencias a lo largo de las etapas en postcosecha:

Las distintas etapas en postcosecha pueden visualizarse como un conducto (Figura 2) por donde fluyen los diferentes productos agrícolas perecibles desde el productor al consumidor final, estableciéndose la denominada cadena productor - consumidor. Esta cadena está constituida por 'eslabones' que representan los diferentes segmentos del conducto: pre-

procesamiento (selección y envasado), transporte, almacenamiento, procesamiento y empaque, y comercialización.



Adaptado de National Research Council, Washington, D.C., 1978

A lo largo de toda esta cadena, se producen una serie de pérdidas o mermas debido principalmente a una serie de deficiencias propias de cada una de las etapas, las que sumadas al deterioro de origen, contribuyen a que la merma total sea considerable y el producto al final de la cadena sea de baja calidad.

Las deficiencias de cada una de las etapas o segmentos de la cadena son propios de cada región o lugar y varían según la época del año. Sin embargo, es público y notorio las condiciones de precariedad y de falta de normatividad en las que se realizan las diferentes actividades en las etapas de la cadena de la papa. Según la Hoja de Balance de Alimentos (Ministerio de Agricultura, 1998) publicada por la Oficina de Información Agraria para los años 1997 y 1998, se reporta que por mermas y desperdicios se pierde anualmente el 21% de toda la papa producida al nivel nacional, cifra que representa una cantidad aproximada de 532,000 TM. En comparación se presentan datos semejantes publicadas por FAO (www.fao.org), para algunos países americanos como: Colombia 25%, Rep. Dominicana 27% Ecuador 20%, Costa Rica 24% y Estados Unidos 13%.

No existe, sin embargo, en nuestro medio un estudio o evaluación cuantitativa oficial pormenorizado de las pérdidas en postcosecha en los principales productos agrícolas. Por lo que no existe una idea cabal de las deficiencias de la cadena productor – consumidor, ni de los volúmenes de pérdidas que se dan en los principales segmentos de la cadena, atribuyéndoseles en todo caso valores inexactos o subestimados. Este desconocimiento impide a las autoridades tomar conciencia de la magnitud del problema a fin de tomar las medidas correctivas necesarias.

El único punto donde es posible realizar una evaluación cuantitativa de pérdidas es en la etapa de comercialización. El Mercado Mayorista No. 1 de Lima, es el principal centro de comercialización y distribución de alimentos frescos del Perú. Es el lugar hacia donde converge aproximadamente el 23% de la producción nacional de papa, proveniente de diferentes zonas de producción como: Junin, Lima, Huanuco, La Libertad, Ica y Pasco, principales abastecedores de papa del gran mercado metropolitano de Lima. A pesar del inmenso volumen diario que recepciona y comercializa (1200 toneladas/día), su infraestructura precaria y limitada contribuye significativamente al deterioro del producto que comercializa. Brandes et al. (1997) realizaron un estudio de las mermas durante la comercialización de papa en el Mercado Mayorista No. 1 de Lima y mencionan que la suma de todas ellas representa aproximadamente el 2.8% del volumen total que diariamente ingresa al mercado. El mismo estudio identifica además a: la pudrición, verdeamiento y pérdida de peso, como las principales causas de pérdidas durante la comercialización (Tabla 2)

Tabla 2. Principales causas de pérdidas de papa en el Mercado Mayorista No. 1 de Lima

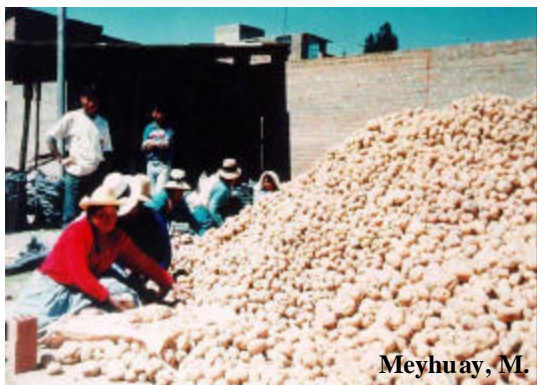
| Causas | Pérdida |
|-------------------------------------|---------|
| Pudrición | 27% |
| Verdeamiento | 22% |
| Pérdida de peso por pérdida de agua | 14% |
| Excesiva permanencia en el mercado | 12% |
| Golpes | 11% |
| Robo | 6% |
| Mala clasificación | 5% |
| Pérdida en la venta | 3% |
| Total | 100% |

Fuente: Brandes et al. 1997

Considerando los datos de este estudio, se puede estimar que las pérdidas en la comercialización de papa, solamente en este mercado, ascienden a 28 toneladas diarias o 10,220 toneladas anuales. Si asumimos conservadoramente que 80 kg de papas dañadas equivalen a 40 kg de papas sanas, que es el actual consumo per capita de papa (Fellman 2002, comunicación personal), las 10,220 toneladas equivalen al consumo anual de papa de aproximadamente 128,000 peruanos.

Como puede apreciarse en la Tabla 2, las principales causas (pudrición, verdeamiento y pérdida de peso por pérdida de agua) son el resultado del descuido que existe durante el manipuleo, desde la cosecha de la papa y durante todas las etapas subsiguientes: selección, envasado, transporte, almacenamiento, comercialización, procesamiento y empaque.

2.2.1 Selección:



La cosecha de papa para ingresar a los canales de comercialización debe ser seleccionada, para lo cual esta labor es realizada en un primer momento por el productor y luego por el comerciante o intermediario. La falta de uniformidad de criterios para determinar las categorías de venta de papa (extra, primera y segunda), así como la falta de confianza entre los agentes hace que se incurra en un exceso de manipuleo del producto con lo cual

incrementan el riesgo de mermas por daño mecánico (magulladuras, raspaduras, etc.), así como los costos por ser toda la operación a mano.

2.2.2 Envasado:



Una vez seleccionado el lote es colocado en sacos de propileno de 80 a 120 kgs. de capacidad. El tamaño y capacidad de estos envases contribuyen a su dificultosa manipulación para los estibadores y a que los tubérculos contenidos en ellos sufran además un mayor maltrato por efecto de cascaduras y magulladuras por el enorme peso que soportan, más aun los tubérculos ubicados en la parte inferior del saco donde la ventilación es mínima. Los tubérculos sometidos a ese maltrato, y a la ruptura de su peridermis incrementan significativamente su tasa respiratoria a fin de cicatrizar heridas abiertas y resistir el ataque de bacteriano. Registrándose en el proceso pérdida de peso por la pérdida de agua y el ingreso de bacterias y hongos.

2.2.3 Transporte:

Los sacos son subidos y descargados a pulso en camiones y transportados al mercado de Lima. Muchas veces estos vehículos no transportan solamente papa sino también otros productos. Tampoco cuentan con ningún tipo de protección en la plataforma que amortigue el golpe de los sacos al ser colocados sobre ella, como tampoco existe un criterio que limite la cantidad de peso o sacos que pueden apilarse con lo que el daño mecánico se acentúa durante el transporte por carreteras mal conservadas desde los centros de producción hasta el mercado capitalino. Se ha visto que cuanto mayor es la distancia recorrida hasta el mercado mayorista en Lima, principalmente desde Andahuaylas (907 km) y Arequipa

(1020 km), mayores son las pérdidas registradas a su arribo al mercado por daños mecánicos y sanitarios (Brandes, et al. 1997). Como se mencionó estos vehículos no cuentan con ningún tipo de aislamiento que proteja la carga contra las temperaturas bajas de la alta cordillera con lo que el daño por endulzamiento por frío se suma a los daños mecánicos y sanitarios.

2.2.4 Almacenamiento:

Dado que el abastecimiento de papa es continuo durante todo el año en el Perú, no existe propiamente un sistema de almacenamiento o un manejo de stocks almacenado de papa como en países del hemisferio norte. Sin embargo, el almacenamiento del lote de papa cosechado en tránsito al mercado, se da por pocos días en el patio o colca del agricultor en sacos o rumas para ser seleccionado y embarcado al mercado. El lugar de almacenamiento no es por lo general un lugar idóneo o aparente, ni es objeto de una limpieza o desinfección concienzuda por lo que es bastante probable que debajo de la ruma de papas existan desperdicios u otros productos en descomposición que representan focos infecciosos de bacterias y hongos. Por lo que los principales insectos que inician el proceso de descomposición son: el complejo del gorgojo de los andes, siendo sp. *Premnotrypes solanacearum* la principal especie, tres especies de la polilla de la papa (*Phthorimaea oprculella*, *Symmetrischema tangolias*, y *Scrobipalpus absoluta*) cuyas larvas son responsables de daños en hojas y tubérculos. Microorganismos de importancia económica son: la rancia causado por el hongo *Phytophthora infestans*, la pudrición blanda (*Erwinia carotovora*), la pudrición seca (*Fusarium* spp.), la roña (*Spongospora subterranea*) y la verruga (*Synchytrium endobioticum*). Tubérculos cosechados antes de tiempo o que no alcanzaron la madurez óptima, son particularmente susceptibles también a marchitez bacteriana (*Pseudomonas fluorescens*) y *Botrytis cinerea* (Suslow et al., 2002)



Ya en el mercado o puntos de comercialización, el período de almacenamiento es el tiempo que toma el lote de papas en ser vendido (menos de dos días). Estimándose durante la comercialización una pérdida global de 2.8% del volumen de ingreso diario por diversas causas (Tabla 2) al permanecer el lote sin venderse y almacenado en el puesto de venta del mayorista. El lugar de almacenamiento debe ser un lugar protegido, limpio, oscuro y ventilado,

con piso de cemento que facilite su limpieza y eliminación de residuos y focos infecciosos. Obsérvese en la foto de la izquierda, la ruma de sacos excesivamente alta, a la intemperie y sobre un charco de agua. Las condiciones ideales de almacenamiento de papa para consumo son a un rango de temperatura de 7° a 10°C y 95% de humedad relativa, condiciones que no se dan naturalmente ni en costa o sierra. Más aun las temperaturas altas del verano, así como la amenazadora presencia del fenómeno del Niño, contribuyen a que estas pérdidas puedan ser aun mayores.

2.2.5 Comercialización:



Como se vio anteriormente en el estudio de Brandes et al. (1997), la etapa de la comercialización en el mercado mayorista además de adolecer sus propias deficiencias es el momento en que se ponen en evidencia el efecto acumulativo de las deficiencias de las etapas previas. Lo que obliga a los comerciantes a realizar una serie de prácticas como el “saneado” y “centrado” a fin de eliminar los tubérculos afectados por pudrición, gusanos e insectos, a fin de facilitar su rápida venta. En muchos casos incluso algunos comerciantes humedecen los tubérculos porque según han manifestado resulta atractivo para algunos compradores e incluso, en el caso de las papas nativas o de color, agregan tierra negra para dar la impresión de que la papa está recién cosechada y proviene de zonas altas. Estas prácticas contribuyen a reducir significativamente la capacidad de almacenamiento de las papas y aumentan el riesgo de infección y pudrición en tubérculos que ya han sufrido previamente un stress bastante severo.



Aunque citado explícitamente en la etapa de comercialización (Tabla 2), el verdeamiento es un daño que se produce desde la cosecha cuando los tubérculos son expuestos por un periodo largo al sol para que oreen y sequen para que no entren muy húmedos al envase. El verdeamiento consiste en la generación y acumulación de clorofila en los tubérculos de papa, por la reactivación de la actividad fotosintética en los tubérculos que son tallos modificados, los mismos que adquieren un color característico verdoso y un sabor amargo por la acumulación de glicoalcaloides como la solanina. De ahí la necesidad de que los tubérculos no sean expuestos al sol y que el almacenamiento sea en oscuridad.

La temperatura alta así como la alta humedad en la costa favorece además el brotamiento de las yemas y el desarrollo de las infecciones bacterianas y la rápida descomposición de los tubérculos infectados dentro de los sacos, así como la infección de tubérculos sanos y eclosión de huevecillos de gorgojos y polillas. Las condiciones de hacinamiento y suciedad (ver foto superior), incluso la presencia de roedores, en que se desarrollan las actividades comerciales afectan la sanidad general del lote que decae rápidamente por la poca ventilación y la acumulación de temperatura.

2.2.6 Procesamiento y empaque:

Este tipo de daños está relacionado a las mermas que ocurren durante el proceso de transformación industrial o semi-industrial donde la papa, en su calidad de materia prima para la industria de alimentos procesados (Ejm. papa frita en hojuela y tiras, puré, extracción de almidón, etc.), no logra satisfacer plenamente los requerimientos específicos y estrictos estándares de calidad para que pueda ser incluido en el proceso de transformación. Las causas frecuentes para el rechazo de lotes enteros de papa destinados a la industria de hojuelas fritas es el daño por: acumulación de azúcares reductores (endulzamiento por frío), baja gravedad específica, brotamiento, ojos profundos, malformación de tubérculos y defectos, desuniformidad de tamaño y forma, etc.

Otra causa de mermas en esta etapa es el mal ajuste de la maquinaria utilizada en el proceso de transformación. Según FAO (www.fao.org), en el Perú en 1999 las proporciones de utilización de papa son: consumo fresco 64%, semilla 15%, procesamiento 2.2%, otras formas 18.8%. Si bien en el Perú el volumen de papa destinado al procesamiento y transformación industrial representa el 2.2% de la utilización total, es un sector ha experimentado un crecimiento del 100% desde el período 1994-1996. Además es una actividad que ha influido significativamente en promover el concepto de calidad en la producción y comercialización de papa como materia prima para la industria. Lo que ha motivado mayor interés en implementar prácticas adecuadas en pre y postcosecha para reducir pérdidas.

3. Fisiología del tubérculo de papa

Los tubérculos de papa están compuestos de células vivas (unidades de vida). Por lo tanto, son entes vivos. En la medida que su estructura, organización y funciones celulares sean preservadas, el período de almacenaje del tubérculo se prolongará.

Los productos agrícolas una vez cosechados sobreviven a expensas de sus reservas almacenadas. Los productos agrícolas, son diversos órganos especializados que varían en cuanto a su capacidad para almacenar los productos de la fotosíntesis (**fotosintatos**). Los frutos, tubérculos, raíces y rizomas son estructuras especializadas de almacenamiento; mientras que tallos y hojas tienen mucho menor capacidad de almacenamiento y más bien son estructuras fotosintéticas. La **sacarosa** es el fotosintato más importante, y la principal forma de almacenamiento de los productos de la fotosíntesis es el **almidón**.

Al momento de ser cosechados, los tubérculos de papa están vivos y realizan procesos fisiológicos propios de organismos vivientes, desde el punto de vista de post-cosecha y almacenaje, el más importante de todos éstos es el de la **respiración**. El manejo en post-cosecha de productos agrícolas perecibles es básicamente el control de los factores internos y externos que contribuyen a intensificar el proceso de respiración y por ende la maduración.

3.1 La respiración

La respiración es el proceso por el cual el oxígeno atmosférico es utilizado para metabolizar compuestos de almacenamiento (azúcares y almidón) para formar diversos productos derivados como: CO₂, agua y energía (calor). En consecuencia, las prácticas de almacenamiento deben proveer la necesaria ventilación y/o circulación de aire para asegurar la provisión de oxígeno y la evacuación del CO₂ producido (Kays, 1991).

Durante la respiración se produce la utilización y degradación de las reservas acumuladas (almidón y sacarosa) a partir de los fotosintatos. Dado que el almidón representa en promedio el 20% a 40% del peso seco de los tubérculos, la forma más apreciable de la degradación de almidón será una substancial pérdida de peso de los mismos. La respiración involucra 3 procesos metabólicos vitales íntimamente ligados:

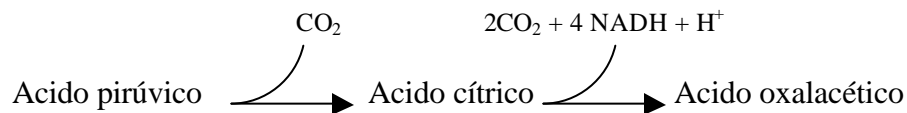
a. **Glicolisis:**

En la glicolisis, la glucosa es degradada secuencialmente a partir del almidón y sacarosa para formar ácido pirúvico. El ácido pirúvico, posteriormente es transferido al ciclo de Krebs. Las reacciones de la glicolisis no requieren oxígeno. Sin embargo, si se dan condiciones anaeróbicas cuando el producto es almacenado en un lugar poco ventilado o escaso de oxígeno, el ácido pirúvico no puede ser transferido al ciclo de Krebs y se acumula en el citoplasma de las células produciéndose etanol, lo que da lugar al proceso de **fermentación**. La fermentación tiene consecuencias desastrosas para los tejidos vivos en términos de sus reservas almacenadas y la acumulación de compuestos indeseables. De ahí la necesidad de instalar sistemas de ventilación en los almacenes o asegurar la circulación de aire.



b. **Ciclo de Krebs (o del ácido cítrico):**

Las reacciones del ciclo de Krebs se dan en la mitocondria, donde el ácido pirúvico producido en la glicólisis, sigue un proceso de descarboxilación y oxidación para formar ácido cítrico, y finalmente ácido oxalacético con lo que el ciclo se reinicia. En todo este proceso hay liberación de 3 moléculas de CO₂ y generación de energía en forma de 4 pares de electrones (NAD + H) y un par como FADH₂.



c. **Sistema del citocromo (o transporte de electrones):**

Los electrones producidos en el Ciclo de Krebs son transferidos a través de un gradiente de compuestos aceptores de electrones de menor a mayor potencial. El compuesto final en esta gradiente es el oxígeno que es el de mayor potencial de reducción (mayor aceptor), en combinación con oxígeno se forma agua. Durante este proceso, parte de la energía libre es conservada como ATP que es una forma biológicamente “usable” para el

funcionamiento de reacciones sintéticas y principales ciclos vitales. Sin embargo, parte de esta energía libre se pierde también como calor (**energía vital**). Esta elevación de la temperatura debe disiparse mediante sistemas de ventilación para evitar la condensación sobre superficies frías y la formación de agua libre que tiene funestas consecuencias en el almacenamiento de productos perecederos.



3.2 Cómo controlar la tasa respiratoria?

Es de vital importancia la reducción del llamado “**calor de campo**” mediante refrigeración a fin de reducir la tasa respiratoria para asegurar la preservación del producto y de sus atributos de calidad. De lo contrario el proceso de respiración se acentúa y la generación de calor aumenta, iniciándose el deterioro y descomposición del producto (Tabla 3).

Otra forma importante de reducir la tasa respiratoria es evitando el manipuleo excesivo y/o brusco de los tubérculos que ocasionan lesiones y heridas abiertas, éstas a su vez representan vías para la pérdida de agua y el acceso a bacterias oportunistas. Los tubérculos de papa por ejm. pueden “cicatrizarse” heridas leves si están bajo condiciones de almacenamiento con humedad relativa alta (95%) y temperatura baja (10°C), pero lo hacen a expensas de elevar la tasa de respiración y de sus reservas almacenadas. Este aspecto carece por completo de atención durante el: envasado, transporte, almacenamiento y comercialización de papa, lo que explica las elevadas pérdidas en post-cosecha.

Tabla 3. Tasas de respiración y producción de calor en tubérculos de papa en diferentes temperaturas de almacenamiento

| Temperatura | Respiración ml CO ₂ /kg*hr | Calor kcal/TM/día |
|-------------|--|----------------------|
| 20°C | 9 - 23 | 1098 - 2806 |
| 15°C | 7 - 16 | 854 - 1952 |
| 10°C | 7 - 11 | 854 - 1342 |
| 5°C | 6 - 8 | 732 - 976 |

Fuente: Suslow, 2002

Los tubérculos inmaduros o cosechados prematuramente son más susceptibles a las magulladuras y a la rotura de la peridermis, muestran tasas de respiración aun mayores, por lo que se recomienda que la cosecha sea en su debido momento.

Conclusiones y propuestas

En general, las técnicas de post-cosecha como el manipuleo y almacenamiento a mediano y/o largo plazo, buscan reducir la tasa respiratoria de los productos cosechados a fin de preservar sus atributos de calidad, asegurando el abastecimiento de los mercados en épocas de escasez y la obtención de mejores precios para el productor.

No existe en nuestro medio un estudio o evaluación cuantitativa oficial pormenorizado de las pérdidas en postcosecha en los principales productos agrícolas. Por lo que no existe una idea cabal de las deficiencias de la cadena productor – consumidor, ni de los volúmenes de pérdidas que se dan en sus principales segmentos.

Según estimaciones del Ministerio de Agricultura, por mermas y desperdicios se pierde anualmente el 21% de toda la papa producida al nivel nacional

Solamente en el Mercado Mayorista No.1 de Lima donde se comercializa cerca del 23% de la producción nacional de papa, las pérdidas ascienden a 28 toneladas diarias o 10,220 toneladas anuales. Las causas principales son la pudrición a causa del excesivo manipuleo.

Los daños y deterioro que sufren los productos agrícolas en pre- y postcosecha tienen un efecto acumulativo y se producen sucesivamente a dos niveles: en campo o deficiencias de origen y a lo largo de las etapas en postcosecha: selección, envasado, transporte, almacenamiento, comercialización, procesamiento y empaque.

Las acciones necesarias se orientarían a:

- ?? Realizar un estudio detallado de pérdidas en postcosecha en la cadena productor – consumidor de los principales productos alimenticios, a fin de identificar puntos críticos, cuantificar volúmenes y malos manejos en sus principales segmentos.
- ?? En el caso de la papa, minimizar el manipuleo de los tubérculos, uniformizando criterios de clasificación entre el productor y el comerciante.
- ?? Crear conciencia de necesidad de buen manejo en postcosecha en productores y comerciantes, para fomentar una relación basada en la confianza.
- ?? Adoptar criterios y normas técnicas para el manipuleo y el diseño de embalaje y empaques adecuados y estandarizados para facilitar el manipuleo y minimizar daños. Reconocer la autoridad encargada de hacer cumplir la normatividad.
- ?? Cabal conocimiento de los principios básicos de postcosecha, por parte de los profesionales encargados de establecer normas y regulaciones.
- ?? Incorporar la selección para tolerancia al endulzamiento en frío en los procedimientos de rutina de un programa de mejoramiento genético de papas con aptitud industrial.
- ?? Mejorar condiciones de transporte, infraestructura de comercialización y almacenamiento. Erradicar malas prácticas en comercialización, limpieza en áreas de almacenaje y tránsito de mercadería, previniendo golpes, evitar rumas muy altas, etc.

Referencias

- Brandes D., Cabrera, A., Peralta, E. y Ruitón, J. 1997. Comercialización y Mermas de la Papa desde la Perspectiva de los Comerciantes del Mercado Mayorista No 1 de Lima Metropolitana. Lima-Perú. Tesis Universidad Nacional Agraria La Molina. Ciclo de Profesionalización y Especialización en Finanzas en Agronegocios. Lima, Perú.
- Burton, W.G., A. van Es and K.J. Hartmans. 1992. The physics and the physiology of storage. In: The Potato Crop: the scientific basis for improvement (Ed. P.M. Harris) Chapman & Hall, London, pp. 608-709.
- Fellman, John. 2002. Professor of Postharvest Physiology. Department of Horticulture and Landscape Architecture. Washington State University. Pullman, WA 99164-6414. USA
- Food Balance Sheets FAOSTAT. FAO Statistical Databases. www.fao.org/
- Iritani, W.M. and L.D. Weller. 1980. Sugar development in potatoes. Extension Bulletin 0717. Cooperative Extension – College of Agriculture. Washington State University. Pullman, WA. 16p.
- Manrique, K. 1997. Investigation of the inheritance and response to cultural conditions of reducing sugars and solids content in potato (*Solanum tuberosum* L.) PhD Thesis. University of Idaho. 131 p.
- Ministerio de Agricultura. 1998. Hoja de Balance de Alimentos 1997 – 1998. Presidencia de la República. Ministerio de Agricultura - Oficina de Información Agraria. Lima, Perú. 43p.
- National Research Council, Washington, D.C. 1978. Postharvest food losses in developing countries. Washington, D.C. (USA). National Academy of Sciences. 206 p.
- Ohad, I., Friedberg, Z. Ne'eman and M. Schramm. 1971. Biogenesis and degradation of starch: I. The fate of the amyloplast membranes during maturation and storage of potato tubers. *Plant Physiology* 47:465-77.
- Painter, C.G., D.O. Everson, A.J. Walz, R.R. Romanko, A. Czernik, J.R. Jaeger, W.A. Henninger and C.D. Cross. 1975. Translucent end of potatoes in southwestern Idaho. University of Idaho. College of Agriculture. Miscellaneous Series No. 24. 11p.
- Paredes, J. y Suarez, O. 2001. Economía de la papa en el Perú. Oficina General de Planificación Agraria – Proyecto de Asesoría en Planeación Agraria / GTZ. Ministerio de Agricultura. Lima, Peru. 81p.
- Kays, S. 1991. Postharvest physiology of perishable plant products. An AVI Book, published by Van Nostrand Reinhold. New York. 532 p.
- Pulgar Vidal, J. 1996. Geografía del Perú: las ocho regiones naturales, la regionalización transversal, la sabiduría ecológica tradicional. Lima (Peru). PEISA. 10. ed. 302 p.
- Ramos C., J.C. 1989. Mapa de las zonas ecológicas de producción de papa. INIA (Proyecto SEINPA)/CIP.
- Suslow, T. and R. Voss. 2002. Potato, immature early crop. Recommendations for maintaining postharvest quality. Dept. of Vegetable Crops, University of California, Davis, CA 95616. <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Veg//potato-early.html>