

Estudio microbiológico y estructural de papas deshidratadas por métodos combinados y envasadas en atmósfera modificada

Ricardo Mateucci¹, Patricia Della Rocca¹, Rodolfo Mascheroni^{1,2}

¹Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires
Departamento de Ingeniería Química,
Medrano 951, (C1179AAQ) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina
patriciadellarocca@hotmail.com

²Universidad Nacional de La Plata, CCT La Plata, CONICET
Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA),
Calle 47 y 116, (B1900AJJ) La Plata, Pcia. de Buenos Aires, Argentina

Recibido el 08 de Febrero de 2011, aprobado el 10 de Marzo de 2011

Resumen

Teniendo en cuenta los hábitos actuales de consumo de alimentos mínimamente procesados, en este trabajo se analizaron los resultados microbiológicos y estructurales de papas secadas por métodos combinados (microondas y convección con aire caliente) pretratadas por deshidratación osmótica, las que posteriormente fueron envasadas en bolsas de material multicapa (polietileno-poliamida-polietileno) en atmósfera modificada (70 % de N₂ y 30 % de CO₂) y conservadas en refrigeración a 4 °C. El pretratamiento consistió en la deshidratación osmótica de cubos de papas de 1 cm de arista en una solución de xilitol al 40 % m/m y de cloruro de sodio al 5 % m/m a una temperatura de 40 °C. Posteriormente, las papas fueron llevadas al equipo de microondas, el que se hizo operar en condiciones de secado combinado, microondas junto con convección con aire caliente a una potencia de 60 % respecto de la máxima del equipo. El producto obtenido es conservado en atmósfera modificada y refrigeración. El mismo requiere para su consumo una posterior rehidratación y cocción en un tiempo mínimo con agua en ebullición. Este tiempo se estimó en 5 min aproximadamente, luego de ensayos de rehidratación y sensoriales.

PALABRAS CLAVE: ALIMENTOS MÍNIMAMENTE PROCESADOS - ENVASADO EN ATMÓSFERA MODIFICADA - ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO - ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE PAPAS

Abstract

Considering current habits of consumers, the minimally processed foods were analyzed by the microbiological and structural results of the potatoes dried by combined dry (microwave and hot air convection), pretreated by osmotic dehydration which were latter packaged into multilayers bags (polyethylene-polyamide-polyethylene) under modified atmosphere (70 % of N₂ and 30 % of CO₂) and preserved in refrigeration at 4 °C. Pretreatment consists of osmotic dehydration of cubes of potatoes of 1 cm of edge in a solution of xylitol 40% m/m and sodium chloride 5% m/m at a temperature of 40 °C. Then, potatoes were dried in the microwaves equipment, in conditions of combined drying, microwave and convection with hot air at a power of 60 % from the maximum power of the microwave equipment. The obtained product is preserved in a modified atmosphere and cooling. For consumption, later it requires rehydration and cooking in a minimum time with boiling water. This time was estimated at 5min, after rehydration and sensory tests.

KEYWORDS: MINIMALLY PROCESSED FOODS - MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING (MAP) - MICROBIOLOGICAL ANALYSIS - POTATOES STRUCTURAL ANALYSIS

Introducción

La deshidratación osmótica (DO) es una técnica de deshidratación parcial de alimentos que consiste en la inmersión de los mismos en soluciones acuosas de solutos (azúcares y/o sales) de alta presión osmótica. La fuerza impulsora requerida para el flujo del agua es la diferencia de potencial químico entre la disolución y el fluido intracelular. Si la membrana celular es perfectamente semipermeable, el soluto es incapaz de difundir hacia el interior de las células. Sin embargo, en los alimentos es difícil tener membranas perfectamente semipermeables, debido a su compleja estructura interna, y entonces, siempre se produce alguna difusión del soluto al alimento, y viceversa, una lixiviación de los componentes del alimento hacia la solución. Por consiguiente, el fenómeno presenta dos procesos simultáneos en contracorriente: el movimiento de agua desde el alimento hacia la solución hipertónica, en el que se pueden arrastrar algunos componentes disueltos del alimento junto con el agua extraída y la impregnación del alimento con los solutos que provienen de la solución.

El proceso de deshidratación osmótica se caracteriza por presentar dos etapas: una dinámica y otra de equilibrio. En la etapa dinámica las velocidades de transferencia de materia disminuyen hasta que se alcanza el equilibrio. El proceso osmótico termina cuando se alcanza este equilibrio, es decir, cuando la velocidad neta de transporte de materia se anula. El agua se elimina principalmente por difusión y flujo capilar, mientras que la impregnación del alimento con los solutos y la lixiviación de los componentes del alimento se producen solamente por difusión.

El uso de la deshidratación osmótica en la industria alimenticia como pretratamiento mejora la calidad del producto en términos de color, flavour y textura con un mínimo requerimiento energético ya que se realiza a bajas temperaturas.

La ventaja de la tecnología de secado combinado, microondas y convección con aire caliente, luego del pretratamiento con deshidratación osmótica radica en las superiores velocidades de secado alcanzadas preservando las propiedades organolépticas del producto cuando se

lo compara con el secado convectivo con aire caliente o microondas solamente.

Desde la antigüedad el control del deterioro de los alimentos ha sido un desafío para el hombre. Los iniciales métodos de preservación fueron el secado, el ahumado y el salado. Posteriormente, se desarrollaron otras tecnologías como la congelación, la refrigeración, la pasteurización, el uso de aditivos químicos, etc. El advenimiento de las nuevas formas de comercialización a través de cadenas de supermercados requirió de la extensión de la vida útil de los alimentos. Asimismo la creciente demanda de los consumidores de productos naturales sin agregado de conservantes condujo al envasado en atmósferas modificadas con el propósito de preservar los alimentos.

El envasado en atmósfera modificada, MAP (Modified Atmosphere Packaging) es una tecnología que consiste en sustituir la atmósfera de aire que rodea el alimento dentro del envase por un gas o mezcla de gases. La composición de la atmósfera dependerá de la naturaleza del producto a envasar. Algunas de las ventajas que presenta esta tecnología son:

- Prolongación del tiempo de vida útil del alimento
- Prevención del deterioro por microorganismos
- Prevención de los procesos de oxidación (oxidación de lípidos, decoloración de pigmentos)
- Protección de nutrientes (vitaminas y proteínas)
- Protección física del producto
- Uso de refrigeración en lugar de congelación
- Mejora en la presentación del producto que se puede traducir en un incremento en las ventas

El envasado en atmósfera modificada constituye un sistema y como tal requiere de varios factores para que resulte efectivo. Éstos son:

Temperatura: Esta tecnología no reemplaza a un buen control de temperatura de almacenamiento del producto.

Calidad: La calidad inicial del producto es primordial. Se debe mantener una higiene adecuada y buenas prácticas de manufactura durante todo el proceso que reciba el producto y durante el envasado. Para garantizar la seguridad de los alimentos envasados en atmósfera modificada es deseable y conveniente aplicar

un sistema de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (HACCP).

Mezcla de gases: La adecuada elección de los gases y la composición de la mezcla de gases a usar es una de las claves del éxito del envasado. Los principales gases usados son:

Dióxido de Carbono, CO₂: Actúa como inhibidor del crecimiento microbiano según dos mecanismos: uno de ellos es el de disminuir el pH y el otro es el de interferir en los sistemas enzimáticos. El CO₂, al ser soluble en agua se disuelve en el agua que contiene el alimento y disminuye el pH interno de los tejidos, afectando el sistema de transporte de la células (H⁺/K⁺), provocando un desbalance del metabolismo.

Nitrógeno N₂: Es un gas inerte de baja solubilidad en agua que puede desplazar al oxígeno y así evitar reacciones de oxidación y de deterioro por microorganismos aerobios. También presenta propiedades físicas como la de evitar el aplastamiento del producto en caso de realizarse vacío en el envasado.

Relación volumen de gas a volumen de producto: Esta es también un factor muy importante. En la mayoría de las aplicaciones está en el rango de 3:1 a 1:1.

Materiales de envase: Las propiedades a tener en cuenta para la selección son:

- Permeabilidad a los gases (O₂, CO₂ y N₂)
- Permeabilidad al vapor de agua y aromas
- Sellabilidad
- Propiedades físicas (resistencia a la tracción, al punzonado)
- Termoformabilidad

Los materiales usados son laminados o coextrudados de dos o más materiales, en los cuales los materiales simples que lo constituyen proporcionan al conjunto sus propiedades individuales. Muchos y diversos son los materiales utilizados en el envasado. Entre ellos se hallan los polietilenos, el polipropileno, el poliestireno, el poliéster, el etilen vinil alcohol (EVOH), las poliamidas, el policloruro de vinilideno (PVDC), etc. El material utilizado en este trabajo es poliamida y polietileno en tres capas.

La poliamida presenta la característica de ser barrera al oxígeno y sumamente higroscópico.

Al absorber humedad pierde sus propiedades de barrera, por ello, se complementa generalmente con otro material como el polietileno de baja densidad por sus buenas características de soldadura y barrera a la humedad.

La incompatibilidad química y la diferencia de propiedades hidrófilas hacen imposible la adhesión poliamida/polietileno por lo que es necesario introducir un adhesivo entre ambos. Las poliamidas utilizadas para lámina por lo general son copolímeros de poliamida 6 y 66 o poliamida 6 y 12. La necesidad de un copolímero es para mejorar las condiciones de proceso, ópticas y evitar el efecto "curling" o enrollamiento de la película cuando la lámina es de 3 capas.

Las poliamidas también ofrecen excelentes características mecánicas tales como tenacidad y resistencia a las pinchaduras.

Objetivos

Los objetivos principales fueron:

- Determinación del tiempo de vida útil de las papas pretratadas (DO, 1 h) y secadas de manera combinada (60 % de potencia) y luego envasadas en atmósfera modificada (30 % de CO₂ y 70 % de N₂) y refrigeradas a 4 °C.
- Estudio de las modificaciones producidas en la estructura de las papas luego del pretratamiento (DO, 1h) y del secado combinado (60 % de potencia) a través de microscopía electrónica de barrido ambiental. También se llevó a cabo el análisis de la estructura luego del tratamiento por deshidratación osmótica durante 1h y el de microondas por 5 min., en ambos casos de manera aislada. En todos los casos se compararon las estructuras obtenidas con las de las papas que no recibieron tratamiento.

Materiales y métodos

La papa (nombre científico: *Solanum tuberosum*) es una especie perteneciente a la familia de las Solanáceas, originaria de América del Sur y cultivada en todo el mundo por sus tubérculos comestibles. Existen miles de variedades con grandes diferencias de tamaño, forma, color, textura, cualidades y sabor. La variedad que se usó en este trabajo es la *Spunta*, con propiedades muy buenas para hervir o asar y



Imagen 1. Papas variedad Spunta

de gran consumo en nuestro país. Se caracteriza por tener los tubérculos de forma oval y alargados, la piel suave, la carne amarilla y el tamaño grande (Imagen 1). Su rendimiento es muy alto y la madurez semitemprana.

Para llevar a cabo las experiencias se seleccionaron papas de tamaño similar.

Los agentes deshidratantes utilizados para elaborar las diferentes soluciones acuosas empleadas en las distintas experiencias fueron:

Xilitol: En algunas experiencias se reemplazó la sacarosa por xilitol. Es un poliol de sabor dulce, no cariogénico, buen sustituto de la sacarosa y bajo en valor energético. El mismo es de 2,4 kcal/kg aproximadamente, inferior al de los hidratos de carbono asimilables, de 4 kcal/kg. Su poder edulcorante es de 90 si se lo compara con la sacarosa tomada como referencia, a la que le corresponde un valor de 100.

Se expende con una granulometría muy pequeña, menor que la de la sacarosa.

En las experiencias se empleó xilitol calidad alimenticia, marca Huakang Pharma, origen China.

Sal (cloruro de sodio): Se empleó sal fina comercial, marca Dos Anclas.

Preparación de la muestra

Se trabajó con papas, que se pelaron y cortaron manualmente en cubos de 1 cm de arista. Este tamaño se utilizó porque podría ser factible para emplear en la producción de papas para la elaboración de guisos, juliana de verduras o ensalada rusa. El exceso de humedad exterior se eliminó mediante secado rápido con papel *tissue*.

Para la pesada de las muestras de papas y de los solutos para preparar las soluciones deshidratantes se utilizó una balanza granataria, marca Mettler, modelo P1210 con precisión de 10 mg y máxima pesada, 1200 g.

Durante el secado, la evolución de la transferencia de masa con el tiempo se midió a través de la pérdida de peso (PP). La ecuación se detalla a continuación, siendo m_0 la masa inicial de la muestra de papa fresca y m_f la masa de muestra deshidratada a un cierto tiempo:

$$(1) \quad PP(\%) = \left(\frac{m_0 - m_f}{m_0} \right) \times 100$$

Con los datos de pérdida de peso versus tiempo se elaboraron las curvas de secado.

Pretratamiento de las papas por deshidratación osmótica

Las papas peladas y cortadas se deshidrataron osmóticamente en una solución de xilitol y sal. Las condiciones de operación fueron:

Concentración de xilitol: 40 % m/m

Concentración de sal: 5 % m/m

Temperatura: 40 °C

Relación masa de solución a masa de papa: 4

Tamaño de cubos (arista: 1 cm)

Nivel de agitación: 120-130 rpm

Tiempo de deshidratación osmótica: 1 h

En la Imagen 2 se muestra el sistema de papas y solución en el interior del agitador orbital y en la Imagen 3 se aprecia el aspecto de las papas luego de la deshidratación osmótica durante 1h.



Imagen 2. Agitador orbital y el sistema: papas-solución en su interior



Imagen 3. Papas luego del tratamiento de deshidratación osmótica



Imagen 4. Equipo de microondas y convección con aire caliente

Posteriormente, las papas fueron llevadas al equipo de microondas, el que se hizo operar en condiciones de secado combinado, microondas

junto con convección con aire caliente (en la Imagen 4 se muestra el equipo).

Se analizaron para el secado combinado las siguientes potencias de microondas: 40, 50 y 60 % respecto de la potencia máxima del equipo. Estas experiencias se realizaron por triplicado.

Las papas deshidratadas por secado combinado (potencia de microondas 60 % del máximo) y pretratadas por deshidratación osmótica durante 1h, utilizando como agentes deshidrantes: xilitol y sal, 40 % m/m y 5 % m/m en la solución, respectivamente, fueron luego envasadas en atmósfera modificada: 30 % de CO₂ y 70 % de N₂ en bolsas de material multicapa: polietileno-poliamida-polietileno. Luego se determinó el tiempo de vida útil durante su almacenamiento en refrigeración a 4 °C. Los ensayos microbiológicos realizados fueron:

Aerobios mesófilos a 30 °C: Método empleado ICMSF (2000) Edición 2. Método 1.

Anaerobios mesófilos a 30 °C: Método empleado ICMSF (2000) Edición 2. Método 1.

Enterobacterias: Método empleado ICMSF (2000) Edición 2.

Coliformes totales: Método empleado AOAC OMA (2000). Edición 18. Método 991.14.

Mohos: Método empleado ISO (1987) Método 7954.

Levaduras Método empleado ISO (1987) Método 7954.

Clostridium sulfito reductores: Método empleado APHA-“Methods for the Microbiological Examination of Foods” (1992).

Staphylococcus aureus coagulasa: (8) Método empleado ICMSF (2000) Edición 2. Método 1.

Escherichia coli: Método empleado AOAC OMA (2000). Edición 18. Método 991.14.

Los análisis microbiológicos se realizaron en los días 0, 30, 60 y 120 de almacenamiento.

Microscopía electrónica de barrido ambiental

Se realizó la microscopía electrónica de barrido ambiental con el propósito de estudiar la estruc-

tura de las papas luego de ser sometidas a las siguientes condiciones:

- sin tratamiento (papa fresca)
- deshidratación osmótica durante 1h
- tratamiento con microondas solamente durante 5 min.
- tratamiento de secado combinado y pretratamiento por deshidratación osmótica durante 1h

La microscopía electrónica de barrido es una herramienta fundamental en el estudio de la microestructura de las muestras.

Principio de funcionamiento y características del microscopio electrónico de barrido

El principio de funcionamiento del microscopio electrónico de barrido convencional consiste en un filamento de tungsteno que se calienta y emite electrones, los que son acelerados por una diferencia de potencial hacia el cátodo donde se encuentra la muestra. Este haz de electrones se mantiene en una columna en la que se hace vacío para evitar el choque de los electrones con las moléculas de gas que podrían dispersarlo. Se usan lentes electromagnéticas para enfocar y dirigir el haz de electrones sobre la superficie de la muestra contra la que chocan y producen un haz de electrones secundarios. Estos son colectados por un detector secundario y luego interceptan una grilla de tubos de rayos catódicos en la que se forman los puntos o pixeles que forman la imagen de las microfotografías. La generación de electrones secundarios depende de la energía que tengan los electrones primarios, la densidad y de la topografía de la superficie de la muestra.

El microscopio electrónico de barrido ambiental se caracteriza porque la muestra que se encuentra dentro de la cámara se puede observar en 3 modos distintos: alto vacío (como un microscopio electrónico de barrido convencional), bajo vacío y ambiental. Cuando se trabaja en modo ambiental permite observar, a diferencia del microscopio electrónico de barrido convencional que trabaja en vacío en la cámara donde se halla la muestra, especímenes con alto contenido de humedad debido a que el agua puede mantenerse en fase líquida ya que en los alrededores de la muestra se puede conservar una atmósfera saturada con vapor. La cámara donde se halla la muestra está separada de la



Imagen 5. Equipo de microondas y convección con aire caliente

columna óptica por donde pasa el haz de electrones incidentes. En la Imagen 5 se muestra este microscopio.

Se trabajó con un microscopio electrónico de barrido ambiental, marca Philips, modelo XL 30. Las muestras se sometieron a una atmósfera con 45 % de humedad relativa, temperatura de 5 °C y una presión de 3 torr y se analizaron al natural sin tratamiento de recubrimiento de superficie como lo requiere el microscopio electrónico convencional.

Análisis de resultados

Resultados obtenidos con el tratamiento-seleccionado para el secado de las papas

En la Fig. 1 se pueden apreciar las curvas de secado para las diferentes potencias (pérdida de peso vs tiempo) y el ajuste de los datos experimentales por expresiones polinómicas (se probaron sólo este tipo de ajustes empíricos). A potencias mayores de microondas se alcanzan pérdidas de peso superiores y en menor

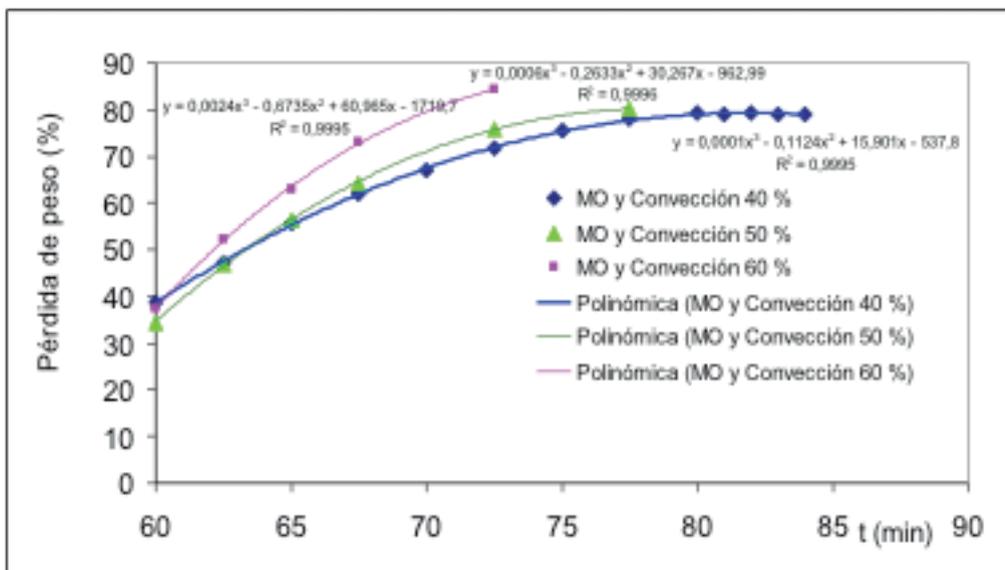


Fig. 1. Curvas de secado combinado a distintas potencias (40, 50 y 60 % de la potencia máxima) luego de un pretratamiento con deshidratación osmótica de 1h

tiempo. La pendiente de la curva es mayor para estas potencias ya que el secado se lleva a cabo a mayor velocidad. Por ello, se eligió trabajar a 60 % de potencia puesto que no se observaron al tiempo de estudio 5 min. cambios estructurales apreciables (Microfotografía V).

Cuando las papas se deshidrataron osmóticamente durante 1h y luego se sometieron a un secado combinado durante los posteriores 5-6 min. a 60% de potencia de microondas, se pudo obtener un producto que pudo rehidratarse en agua hirviendo durante 5 min. y estaba listo para su consumo y presentaba muy buenas características organolépticas. Para tiempos superiores a los 5-6 min. de secado combinado aparecen quemaduras en algunos de los vértices de los cubos y el color de las papas se desfavorece por la aparición de zonas amarronadas, a pesar de que todavía contienen bastante humedad, 48-50 % en base húmeda.

La pérdida de peso obtenida luego de la DO durante 1h fue de aproximadamente del 40 % y se alcanzó una humedad en el producto del 70 % en base húmeda. Luego se continuó con el secado combinado de las papas (microondas y convección con aire caliente) durante 5 min. con una potencia del 60 % respecto de la máxima que puede suministrar el equipo. Al final de esta etapa se logró una pérdida de peso de alrededor del 60-65 % y una humedad del producto en base húmeda del 50 %.

Resultados microbiológicos

En este trabajo se emplearon factores combinados de conservación con el objeto de aumentar la vida útil del alimento. Estos consistieron en:

deshidratación osmótica durante 1h en solución al 40 % m/m de xilitol y 5 % m/m de sal y secado combinado (microondas y convección con aire caliente a una potencia de microondas del 60 % de su potencia máxima), que reducen la actividad de agua, y un posterior envasado en atmósfera modificada (30 % de CO₂ y 70 % de N₂) y refrigeración.

Los resultados obtenidos luego de los ensayos microbiológicos analizados a diferentes tiempos: día 0, 30, 60 y 120 después del tratamiento y envasado se detallan en la Tabla 1.

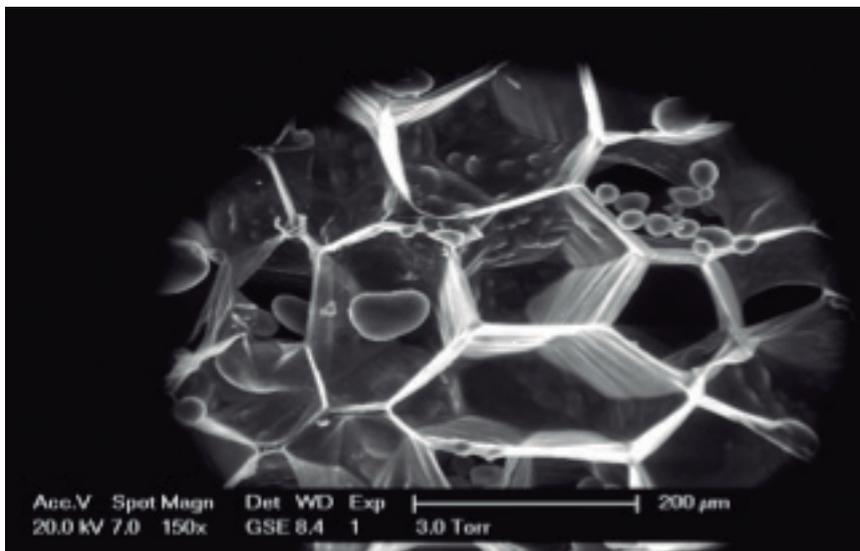
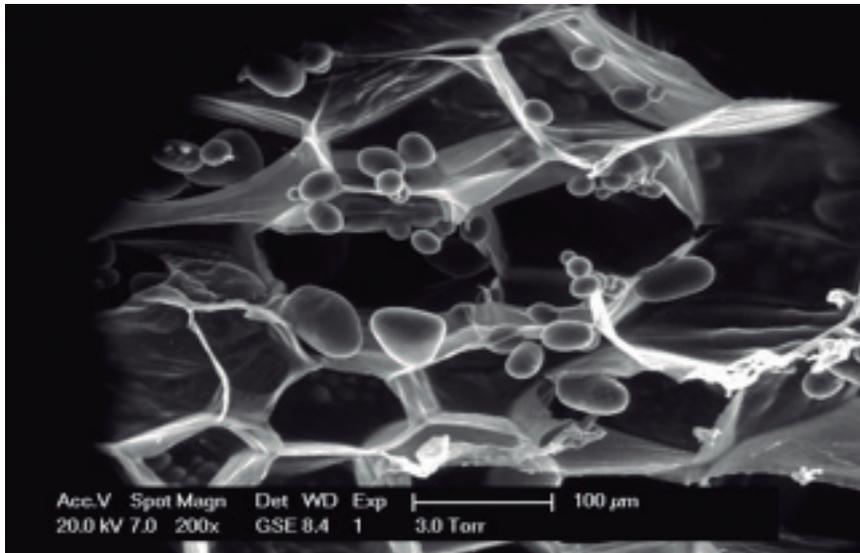
Los aerobios mesófilos son indicadores típicos para determinar tiempo de vida útil o problemas de almacenamiento en alimentos.

A partir de estos resultados se puede apreciar que los microorganismos aerobios mesófilos disminuyen su cantidad a medida que transcurre el tiempo debido a la falta parcial de oxígeno.

Los anaerobios mesófilos también disminuyen su número al transcurrir el tiempo, probablemente por el efecto del dióxido de azufre como inhibidor de crecimiento microbiano al disminuir el pH. Los mohos y las levaduras que pueden subsistir a actividades de agua bastante más bajas que las bacterias, cercanas a a_w de 0,6, no se hallaron al día cero. Si bien no deberían existir bacterias luego del tratamiento (deshidratación osmótica y secado combinado) ya que con el mismo se reduce considerablemente la actividad de agua y las bacterias necesitan valores de actividad de agua altos para sobrevivir, se analizó la existencia de bacterias como Enterobacterias, *Clostridium* sulfito reductores, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* coagulasa (+), etc., las que podrían haber

Ensayos Microbiológicos	Día 0	Día 30	Día 60	Día 120
Aerobios mesófilos a 30 °C (ufc/g)	200	< 10	< 10	10
Anaerobios mesófilos a 30 °C (ufc/g)	75	< 10	< 10	<10
Enterobacterias (ufc/g)	< 10			
Coliformes totales (ufc/g)	< 10			
Mohos (ufc/g)	< 10	< 10	< 10	10
Levaduras (ufc/g)	< 10	< 10	< 10	<10
<i>Clostridium</i> sulfito reductores (ufc/g)	< 100			
<i>Staphylococcus aureus</i> coagulasa (+) (ufc/g)	< 10			
<i>Escherichia coli</i> (ufc/g)	< 10			

Tabla 1. Resultados microbiológicos a diferentes tiempos de almacenamiento



Microfotografía I y II - Papa fresca

aparecido si hubiera habido contaminación durante el envasado. En el envasado en atmósfera con CO₂ tanto la fase *lag* como la fase logarítmica de crecimiento de microorganismos se retrasan. Se llevaron a cabo recuentos de coliformes y enterobacterias ya que las mismas se usan como indicadores de calidad higiénica de los alimentos.

Luego de 120 días de almacenamiento del producto en atmósfera modificada y conservación a 4 °C no se detectó contaminación apreciable por los microorganismos típicos que se consideran para establecer la inocuidad de un alimento. Por lo tanto podemos considerar que el producto se mantuvo estable frente al deterioro microbiano en el lapso analizado.

Análisis de las estructuras de las papas frescas y durante los distintos tratamientos mediante microfotografías

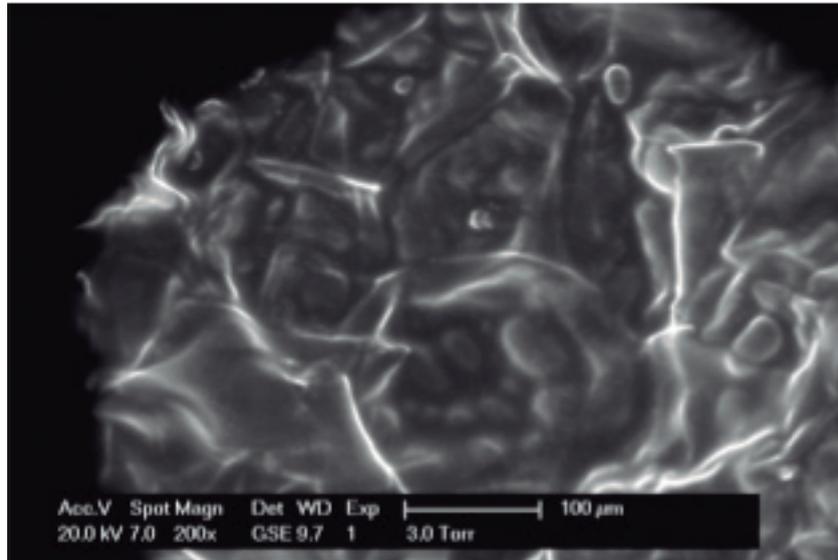
Las microfotografías de las papas frescas se presentan a continuación (Microfotografías I Y II):

En estas muestras de papa fresca se observa la estructura típica del tejido celular de la papa con células de forma poligonal, hexagonales y pentagonales predominantemente y numerosos granos de almidón en su interior. Estos granos son de forma ovalada o elipsoidal, de diámetros que oscilan aproximadamente entre 5 y 11 µm, más grandes que el promedio de los granos de almidón presentes en cereales.

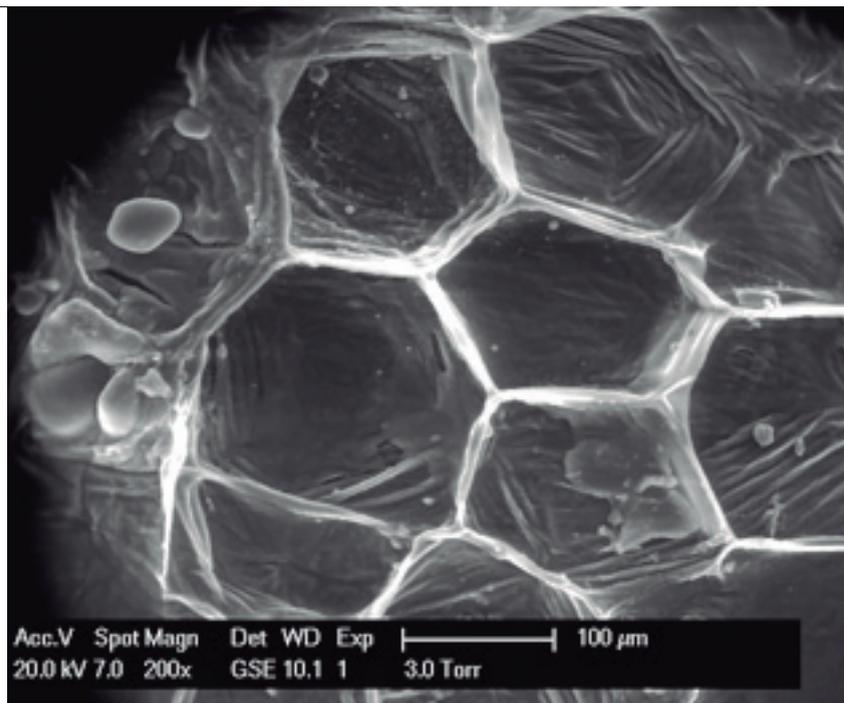
Posteriormente al tratamiento de deshidratación osmótica durante 1h se pueden apreciar modificaciones en la estructura tisular (Microfotografía III) Las células se deforman levemente, algunas pierden su forma poligonal característica y se achican por efecto de la deshidratación osmótica. Se observa también el achicamiento de algunos gránulos de almidón.

Estas observaciones concuerdan con las de los

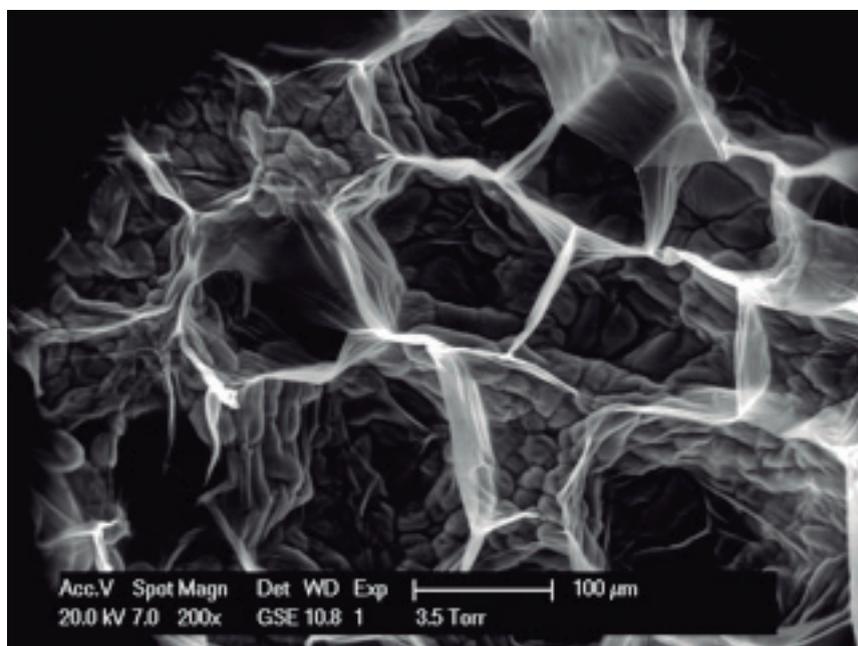
autores Shi y Maupoey, (1993) y Mauro y Menegalli, (2002) que sostienen que los elementos que integran la estructura celular (pared, plasmalema y tonoplastos) se deforman debido a la disminución del líquido intracelular (citoplasma y vacuolas). La célula pasa de un estado de turgencia, máximo volumen a uno de mínimo volumen, después de perder agua y posteriormente la pared celular se relaja.



Microfotografía III - Deshidratación osmótica durante 1 h



Microfotografía IV - Microondas durante 5 min



Microfotografía V - Secado combinado (microondas y convección con aire caliente a una potencia del 60%) durante 5 min., luego de pretratamiento con deshidratación osmótica por 1h

Cuando las papas son sometidas solamente al tratamiento por microondas, en este caso durante 5 min. (Microfotografía V), se puede observar que la estructura se conserva bastante si se la compara con la muestra fresca. Las formas poligonales de las células se hallan conservadas y se aprecian gránulos de almidón en su interior.

En la Microfotografía V se presenta la estructura de la papa luego del pretratamiento con deshidratación osmótica y posterior secado combinados (microondas y convección con aire caliente) durante 5 min. En la misma, se puede apreciar que la estructura se conserva en forma, pero las paredes celulares se observan relajadas o estiradas, tal vez por el hinchamiento que se produce durante la deshidratación osmótica al ingresar la solución osmótica dentro de los espacios intercelulares, que produce el estiramiento de las paredes celulares y provoca que las mismas se hallen más holgadas luego de la salida del agua durante el secado. Este fenómeno no se aprecia cuando la papa es tratada solamente por microondas durante 5 min. (Microfotografía IV) donde las paredes celulares se observan más estiradas.

Conclusiones

El producto obtenido (papas pretratadas por

DO y luego secadas por método combinado, envasadas en atmósfera modificada y refrigeradas a 4 °C) se mantuvo estable frente al deterioro microbiano en el tiempo estudiado (máximo 120 días). Además, presentó características organolépticas y de textura adecuadas luego de ser hervido durante aproximadamente 5 min., cuando finalizó su tiempo total de cocción.

El estudio de la estructura del producto, realizado por microscopía electrónica de barrido ambiental luego de los tratamientos efectuados, contribuye a un mejor entendimiento de lo que sucede durante las distintas etapas de secado.

Los resultados y las conclusiones alcanzadas aportan información para el diseño de productos hortícolas mínimamente procesados.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ing. Andrés Pintos del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), por su colaboración en los trabajos de microscopía electrónica de barrido ambiental.

Referencias

- ENVASES, (2003). Material elaborado por la Lic. Hebe Herrera, CITENEM, Centro de Investigación y Desarrollo de Envases y Embalajes, Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Argentina.
- MAURO, M. A. y MENEGALLI, F. C., (2003). *Evaluation of water and sucrose diffusion coefficients in potato tissue during osmotic concentration*. Journal of Food Engineering, Vol. 57, 367-374.
- RAHMAN, S. and PERERA, C., (1996). *Osmotic dehydration: a pretreatment for fruit and vegetables to improve quality and process efficiency*. The Food Technologist, 25: 144-147.
- SHI, X.Q. y MAUPOEY, P.F., (1993). Vacuum osmotic dehydration of fruits. *Drying Technology*, 11 (6), 1429-1442.
- TEMAS EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS, (2002). Volumen 1, CYTED, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Instituto Politécnico Nacional, Editorial Alfaomega, México.
- WANG J., XIONG Y. y YU Y., (2004). *Microwave drying characteristics of potato and the effect of different microwave powers on the dried quality of potato*. European Food Research Technology, 219, 500-506.