

CAPITULO 5

DISCUSIÓN

5.1 Características fisicoquímicas de la manzana

Después de analizar las principales características fisicoquímicas iniciales de la manzana se observa que el contenido de humedad es de 84.40 %, dicho valor es muy cercano al presentado en las tablas de composición de alimentos (Bourges, 1996) y a lo reportado en Youshimatz (2001) y Ramírez (2002) para la variedad Golden Delicious; la a_w también es muy cercana al valor de 0.991 reportado por Mujica *et al*, (2001).

Los °Bx, pH, índice de madurez son semejantes a los reportados para la misma variedad de manzana por Salvatori *et al*. (1995) y Ramírez (2002). En cuanto al color se registran valores que se encuentran entre bs amarillos y verdes (a), característico de las manzanas de esta variedad. La densidad aparente y real, así como el índice de madurez fueron muy similares a lo reportado por Youshimatz (2001).

Las características del jugo de manzana y la leche fermentada Yakult fueron muy parecidas durante la realización del trabajo, se compararon sus propiedades y los resultados obtenidos fueron muy semejantes a los reportados por Ramírez (2002). En cuanto a la a_w y °Bx del jugo y del yakult fueron muy similares al de la manzana, lo cual afecta poco esta característica al impregnar la manzana.

5.2 Determinación de porosidad efectiva de la manzana

En cuanto a la porosidad efectiva los valores de los lotes utilizados se encontraron dentro de los valores reportados por Ramírez (2002), en donde analizó tres variedades de manzanas y la variedad Golden Delicious es la que presentó mayor porosidad efectiva por lo cual, se puede decir que esta variedad de manzana es ideal para la impregnación de lactobacilos. Fito y Pastor,(1994) afirman que el tamaño del diámetro de los poros de la fruta influye en el mecanismo hidrodinámico, ya que son los que controlan el valor de la relación de compresión $(r-1/r)$. Cortes & Chiralt (2002) mencionan que debido a esta característica las frutas son claves como vehículos portadores, por su elevado consumo mundial. Andrés (1995) señala que la presencia de líquido nativo en los poros, debido a reacciones hidrolíticas propias de la maduración de las frutas, afectan los valores de los interceptos de las ecuaciones para el cálculo de la porosidad.

En un estudio realizado por Maguiña *et al*,(2000), indican que la incorporación de microorganismos en las estructuras porosas de la manzana fue menor a medida que se incrementa la presión absoluta en el sistema, lo cual se puede ver claramente en la figura 13, en donde se puede observar que la mayor fracción volumétrica del líquido retenido (X) es a presiones de vacío de 500 mm de Hg Como se pudo observar la curva muestra un comportamiento lineal, lo que indica que, en el máximo vacío experimentado, aun no se ha saturado la matriz porosa de la fruta.

La forma geométrica que presentó mayor porosidad efectiva fue la forma de moneda siendo de 25% lo cual es muy cercano a lo reportado en un trabajo de Betoret (2001) el cual utilizó las mismas condiciones de trabajo; esto se puede atribuir a que tiene mayor área de contacto

cercana al centro, lo cual puede ser más fácil para que penetre el lactobacilo a toda la estructura y ocupe mayor espacio en toda la figura. La figura de cilindro presentó la menor porosidad efectiva, teniendo un valor del 13 %, lo cual está por debajo de lo característico de la variedad Golden Delicious. Se debe analizar más a fondo que es lo que está influyendo para que la porosidad no sea tan cercana a lo reportado para esta variedad. En cuanto a su relación área-volumen, es la misma que la forma geométrica de moneda, la cual obtuvo la mayor porosidad efectiva. Podría ser que la dirección o forma en la que se cortó no es la más adecuada para que entre el lactobacilo. En cuanto a la forma de aro aunque presenta mayor volumen, la porosidad que presenta no es la mejor para la impregnación ya que solo es de un 19%, también se tendrá que analizar por qué presenta únicamente esa porosidad, ya que presentó la mayor relación área-volumen de todas las formas geométricas (se cortan en la misma dirección que la figura moneda).

5.3 Impregnación al vacío del microorganismo

Betoret (2001), muestra en un estudio de impregnación de *L. casei rhamnosus* en manzana que al impregnarlas al vacío, los lactobacilos ocupan las estructuras dentricas del espacio intercelular lo cual indica que el gas intercelular ha sido remplazado por la impregnación del líquido. Dicho autor menciona que el tamaño del espacio intercelular es de 210-350 μm en el cual se colocan los lactobacilos. Con lo cual podemos mencionar que dependiendo la cantidad de lactobacilos que puedan aceptar los espacios intercelulares es la cantidad que se puede incorporar a la matriz. Fito *et al.* (2001) mencionan que la deformación de un gran número de frutas tratadas con impregnación al vacío es insignificante y que hay un gran énfasis en trabajar con la manzana en estas condiciones debido a su alta y adecuada porosidad.

Cuando se impregnó una población aproximada de 10^8 ufc/ mL de lactobacilos se tuvo una impregnación muy similar de ufc/g en la manzana lo cual indicó que no existe problema para la penetración y retención de los microorganismos en la matriz porosa de la manzana. La disminución de la cantidad de lactobacilos del yakult en el medio de impregnación fue debido a que se incorporó una cierta cantidad de jugo de manzana, lo cual hizo una disminución en la concentración de lactobacilos, en la solución pero es mínima esta diferencia.

Debido a su característica de anaerobio facultativo, el *Lactobacilo casei*, mostró un mejor crecimiento en incubación al vacío, al tomar rutas metabólicas anaerobias, con lo cual es más fácil cuantificar el número de UFC/g de muestra en las manzanas impregnadas; cuando la temperatura es menor a 37°C se recomienda mantener el crecimiento durante 5 días (Manual Merck).

En cuanto al reuso del medio de impregnación se puede observar que la disminución de las UFC/ mL de solución es mínima, ya que es hasta el cuarto reuso en donde se ve disminuido en un ciclo logarítmico lo cual es muy similar a lo reportado en el trabajo de Ramírez (2002). Con lo cual se puede decir que el medio de impregnación puede ser reutilizado, teniendo la seguridad de que el alimento incorporara en su matriz porosa la cantidad necesaria de lactobacilos, para considerar al producto como un alimento funcional.

El peso ganado después del proceso de impregnación con el utilizando la misma solución fluctuó entre el 19 y 25% según lo reportado en la Tabla XV, comparando estos resultados con los mostrados en un trabajo anterior (Ramírez, 2002), fueron semejantes, esto es debido a que la manzana variedad Golden Delicious al tener una porosidad mayor a otras variedades puede retener mayor cantidad de líquido en sus poros.

Los cambios fisicoquímicos presentados en la Tabla XVII de la manzana después de ser impregnada con la solución, mostró un aumento en la cantidad de humedad esto es debido a que el lugar que era ocupado por el gas natural de la manzana es desplazado y ahora es sustituido por el lactobacilo y el medio de impregnación. También hay un aumento en la cantidad de sólidos solubles ($^{\circ}\text{Bx}$), lo cual se puede atribuir al Yakult debido a que era la materia prima que presentaba mayor cantidad de azúcares y estos son transportados a la manzana e incrementan sus $^{\circ}\text{Bx}$. En lo que respecta al parámetro de acidez, al pH y a la actividad de agua (a_w) es ligeramente menor, lo cual no afecta estas propiedades de la manzana impregnada con respecto a la manzana en condiciones naturales. El color se afectó un poco, acercándose más al tono café. Debido a los cambios de $^{\circ}\text{Bx}$ y acidez titulable, el índice de madurez se vio afectado aumentando del valor 31 al 37.

5.4 Curva de secado con aire caliente

El secado con aire caliente en frutas y vegetales envuelve los fenómenos de transferencia de masa y calor en el tejido vegetal. El nivel de transporte se ve altamente afectado por la estructura del tejido y su composición, ambos definen la efectividad de las propiedades de transporte, con lo cual, se ha visto que la impregnación al vacío ayuda al secado con aire caliente.

En este trabajo se analizaron dos temperaturas de bulbo seco durante el secado 35° y 40°C , para saber cuales fueron las condiciones que puede soportar el microorganismo para tener un secado más rápido y eficiente de la manzana. Después de observar las curvas de secado a la temperatura de 35° y 40°C , con una velocidad de aire de 10 m/s durante 12 horas se vieron claramente las dos etapas que la conforman, el periodo de secado a velocidad constante hasta el minuto 80 aproximadamente, a partir de este momento inicia el primer periodo de velocidad

decreciente hasta el minuto 400 y es en ese momento cuando inicia el segundo periodo de velocidad decreciente. La curva de la temperatura a 40° C llega a una menor cantidad de humedad en base seca a un tiempo menor. Se puede observar que esto ocurre durante toda la curva de secado a 40° C. Estos resultados son afines a los presentados por Fito & Chiralt (2001). Alborts *et al.*(2002) en un estudio similar, mencionan que existe un encogimiento del volumen más notorio al inicio cuando las pérdidas de agua son más rápidas, y es más lento el encogimiento a medida que disminuye la velocidad de pérdida de masa. Funebo (2000), menciona que el encogimiento de los alimentos deshidratados está muy relacionado con la densidad voluminosa del producto. En la mayoría de los casos el encogimiento es muy grande, donde los restos del volumen original fresco únicamente son del 10 al 30%.

En este tipo de proceso no se puede tener un secado mínimo al de 14% de humedad, debido a que los azúcares presentes en la manzana están en gran medida, lo cual hace una especie de encapsulación del agua del interior del cilindro, con dicho efecto no se puede remover todas las moléculas de agua del producto impregnado. Debido a ello el máximo porcentaje de peso perdido fue del 83.7 %, para productos secados a 35° C durante 20 horas.

En cuanto a la cantidad de ufc/g de muestra de manzana, después del proceso de secado se observó que en el método donde se recupera un mayor número de lactobacilos es a las 20 horas a 35°C, debido a que hubo mayor pérdida de agua y por lo tanto una mayor concentración de microorganismo por gramo de muestra. Se puede observar que durante el secado a 40° C, a los tiempos de 12, 14 y 20 horas se obtiene la misma viabilidad del microorganismo sin importar la duración del proceso. Esto se debe quizás a que es un microorganismo mesofílico heterofermentativo y su rango máximo de temperatura de crecimiento es de 40°C (Banwart,

1982). Es por ello que a 35° C el lactobacilo se encuentra a una temperatura más tolerable y el stress térmico es menor que a 40° C. Debido a que el producto está dentro del intervalo de 10^5 - 10^6 ufc/g, se puede considerar como producto probiótico según lo mencionado Shah (2001). Sin embargo, aún cuando el número es el recomendado para un producto con estas características, se aprecia que el número de *L. casei* disminuye aproximadamente un ciclo logarítmico. Estas diferencias se atribuyen a factores intrínsecos de las manzanas, como el grado de maduración y la existencia de líquido capilar en los poros (Andrés, 1995), los cuales se han encontrados como influyentes en los mecanismos de impregnación.

5.5 Liofilización y viabilidad del Lactobacilo

La liofilización es un método benéfico para la conservación de alimentos debido a que: a) Detiene el crecimiento de microorganismos, b) Inhibe el deterioro por reacciones químicas, c) El producto tratado no cambia de forma y d) Es fácilmente rehidratable. La liofilización de la manzana afectó considerablemente el número de microorganismo dentro de la fruta, como se muestra en la Tabla XVIII. El número de microorganismos viables no se mantiene constante, se encuentra alrededor de 1×10^5 ufc/g.

Si se comparan estos resultados con los obtenidos después de la impregnación, se aprecia que en este caso, el número de ufc/g disminuyó en dos ciclos logarítmicos ya que anteriormente los valores oscilaban en una población de 10^7 ufc/ g En cuanto a la estructura de la manzana, después de aplicar este método de conservación, se observó características sensoriales aceptables como color, apariencia, forma, tamaño y sabor.

Comparando este método con el secado con aire caliente a 35° C se aprecia que el método de liofilización produce un grado mayor de stress para los lactobacilos, debido a que las condiciones de temperatura y presión cambian en gran medida durante intervalos pequeños de tiempo. Lo cual conduce a la muerte de los microorganismos o a su lenta adaptación para su recuento. Para ello se recomienda colocar la muestra en condiciones de enriquecimiento como el caldo MRS para que el microorganismo se active metabolitamente y con ello se tenga un recuento más preciso.

La pérdida de humedad por medio de éste proceso es muy grande por lo cual, conduce a una mayor estabilidad del producto durante un tiempo más prolongado. Las características de forma, no se ven afectadas, debido a que el paso del agua de estado sólido a vapor no destruye la membrana celular, por lo tanto la estructura porosa de la manzana permanece intacta.

5.6 Tiempo de rehidratación de los dos métodos de secado

Los resultados muestran que el tiempo de rehidratación mayor de la manzana secada con aire caliente es casi el doble que el de la manzana liofilizada. Lozano, Rotsteint & Urbicain, (1980) citado por Funebo (2000), mencionan que la dificultad y baja rehidratación de manzanas deshidratadas es explicado por el cierre de los poros durante el colapso celular durante la deshidratación. En contraste la liofilización muestra una rápida rehidratación debido a que los poros permanecen intactos al no verse afectados por el método de sublimación.

5.7 Evaluación sensorial

Después de realizar el análisis de varianza ANOVA a los 33 jueces no entrenados para verificar el nivel de agrado de las manzanas impregnadas y sometidas a los dos métodos de secado, se observó que la única característica que indica una diferencia significativa entre el agrado de los productos es el color. Los valores de agrado de las características de olor, sabor, textura y aceptabilidad de las manzanas con los dos métodos de secado estuvieron muy cercanos, lo cuál indica que las dos formas de secado son aptos para la impregnación con jugo de manzana y *Lactobacillus casei*, en manzana sin que exista alguna diferencia entre ellos en el nivel de agrado de los jueces.