

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

8.1. CURVA DE SECADO POR AIRE CALIENTE

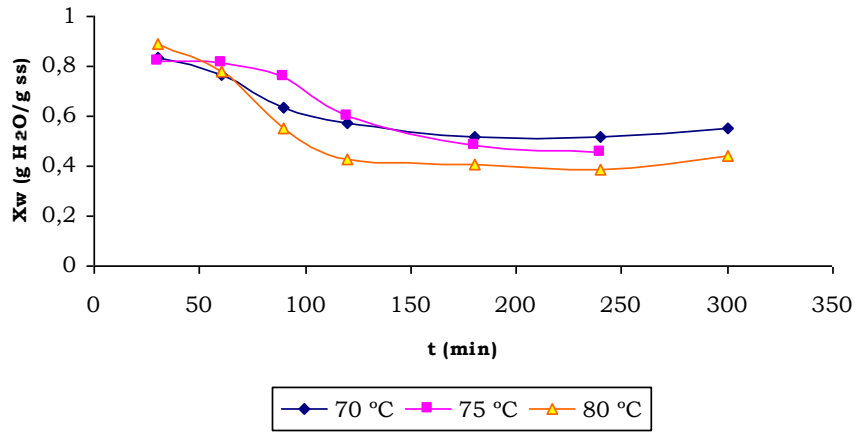


Figura 17. Curva de secado de cubos de tomate de árbol DO-AC

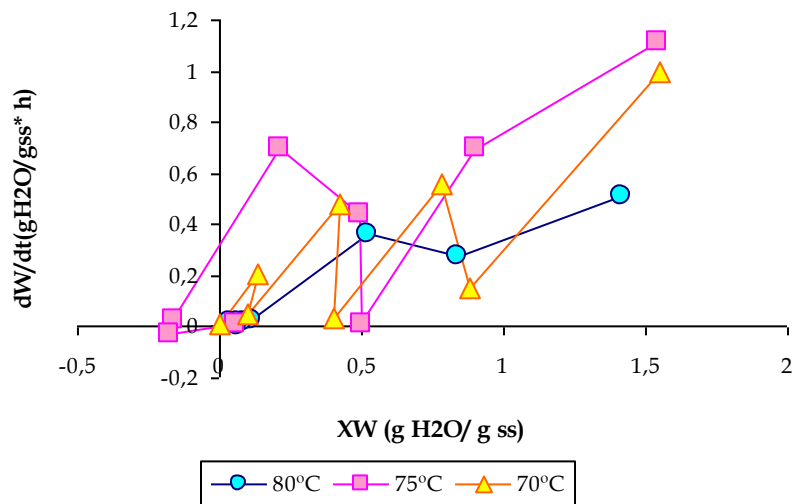


Figura 18. Comportamiento de velocidad de secado de cubos de tomate de árbol DO-AC

Las figuras 17 y 18 muestran las curvas medias de secado y curvas de velocidad de secado respectivamente, obtenidas a las diferentes temperaturas de trabajo (70, 75 y 80 °C).

En términos generales las tres temperaturas manifiestan una velocidad similar de secado presentándose un incremento considerable prácticamente en la mitad del tratamiento; puede distinguirse en todos los casos dos etapas de secado una primera etapa para humedades de producto en la que la velocidad de secado varía considerablemente con la humedad y una segunda etapa de secado más lenta para determinado valor de la humedad del producto (Figura 18).

8.2. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

En la figura 19 se observa la evolución del pH durante el secado por aire caliente AC de cubos deformados de tomate de árbol deshidratado osmóticamente DO a diferentes tiempos: 120, 180 y 240 minutos a diferentes temperaturas: 70, 75 y 80 °C. Al iniciar el tratamiento de secado por aire caliente hay un cambio considerable de pH a valores menores; se puede evidenciar una ligera disminución de pH en la temperatura de 75 °C; y un suave incremento para los 70 y 80 °C en el tiempo medio del secado para finalmente observarse un descenso poco relevante para los 70 y 75 °C contrario para los 80 °C donde hay un aumento más marcado puesto que finaliza siendo el pH más alto cuando en su inicio fue inferior con respecto a sus análogos. Por tanto, es presumible que sea debido a una aceleración del metabolismo de la fruta asociado con el estrés celular ocasionado por la deshidratación (Herrero, Guardia., 1991).

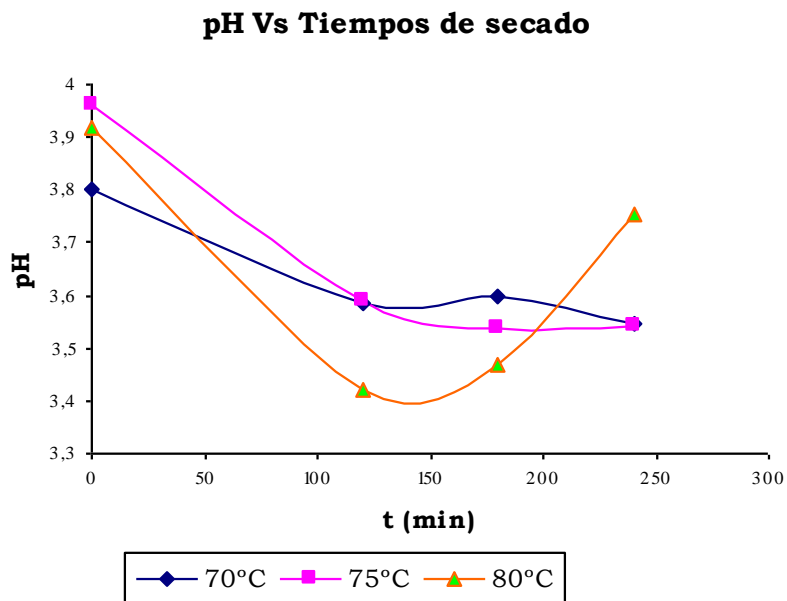


Figura 19. Evolución del pH durante la cinética de secado AC de cubos deformados de tomate de árbol DO.

En la tabla ANOVA para pH se observa que el p-valor más grande es 0.1218, perteneciente a la temperatura. Puesto que el p-valor es mayor o igual a 0.10, ese término no es estadísticamente significativo al 90% de nivel de confianza o superior; por lo tanto la hipótesis nula se acepta.

8.3. ACTIVIDAD DE AGUA (a_w) Y SÓLIDOS SOLUBLES

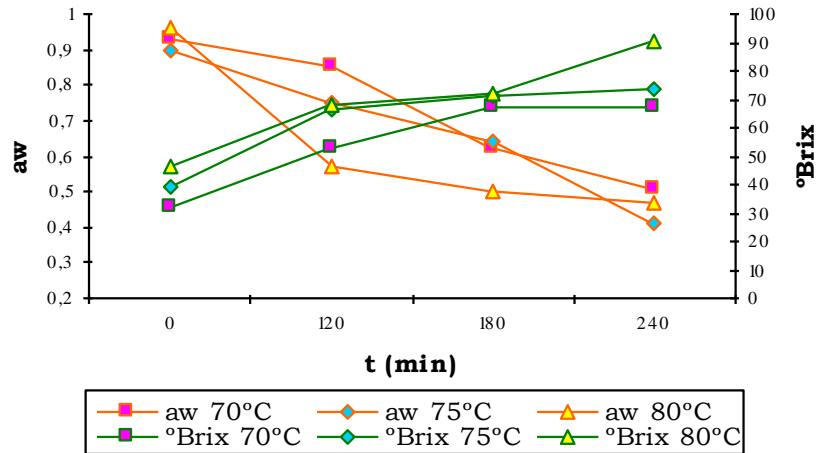


Figura 20. Comportamiento de la actividad de agua (a_w) y aumento de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) durante la cinética de secado de cubos deformados de tomate de árbol.

Se puede observar en la figura 20 la disminución de actividad de agua y el simultáneo aumento de sólidos solubles en los tratamientos realizados a los cubos deformados de tomate de árbol en los tiempos de secado de 70, 75 y 80 °C; guardando una proporción de 1:2 tanto para la disminución de la a_w , como para el incremento de los sólidos solubles.

Como se evidencia en la figura 20, los valores de a_w menores se obtuvieron en las experiencias realizadas a 80 °C a tiempos de 120 y 180 minutos; sin embargo la mayor disminución de a_w se obtuvo en trozos secos a 75 °C por 240 minutos.

En la tabla ANOVA para aw se observa que el p-valor más grande es 0.0000, perteneciente a la temperatura. Dado que el p-valor es inferior a 0.10, ese término es estadísticamente significativo al 99% de nivel de confianza; por lo tanto la hipótesis nula se rechaza.

En la tabla ANOVA para °Brix se observa que el p-valor más grande es 0.0040, perteneciente a la interacción de la temperatura y el tiempo. Dado que el p-valor es inferior a 0.01, ese término es estadísticamente significativo al 99% de nivel de confianza; por lo tanto la hipótesis nula se rechaza.

8.4. AUMENTO DE SOLUTOS Y PÉRDIDA DE AGUA

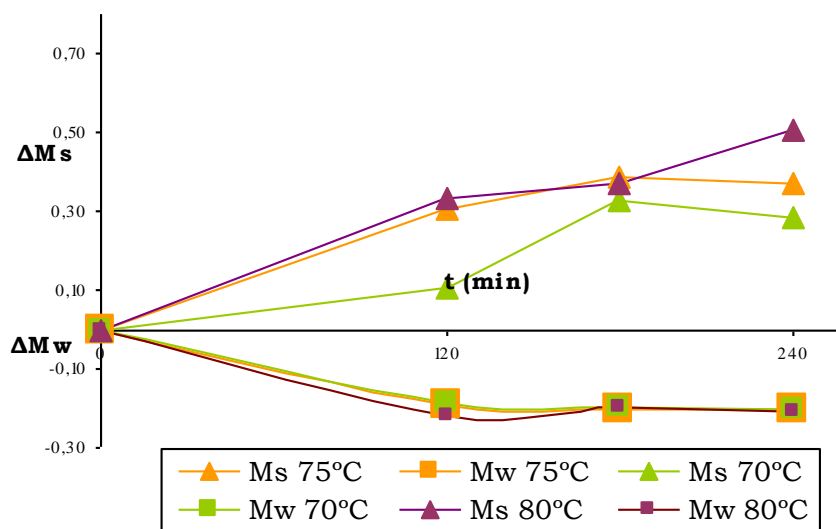


Figura 21. Pérdida de agua ΔM_w y Aumento de sólidos ΔM_s durante la cinética de secado.

En la figura 21 se aprecia una pauta de variación de la disminución de la de la fracción de agua y el correspondiente aumento de la fracción másica de los diferentes sólidos solubles como consecuencia de la operación de secado por AC a la que se sometieron los cubos deformados de tomate de árbol previamente DO.

La fracción del agua presenta una evolución similar para las tres temperaturas analizadas en donde la mayor pérdida de agua se evidencia en los primeros 180 minutos los del DO-AC para luego mantenerse prácticamente constante hasta el final de la deshidratación. Por el contrario, la fracción másica para la DO-AC a 80 °C muestra un aumento permanente hasta los 240 minutos de proceso, mientras que a 70 y 75 °C dicha fracción presenta un rápido ascenso en los primeros 120 minutos

para luego mantenerse constante con un patrón propio para cada una de las dos temperaturas (Figura 21).

Finalmente el proceso de DO-AC produce un mayor aumento de la fracción másica respecto de la correspondiente disminución de la fracción de agua, posiblemente causado por el secado por aire caliente el cual es un proceso mas o menos drástico de deshidratación donde se concentran los sólidos presentes a costa de la pérdida de agua.

Se asume que la entrada de solutos al fruto depende del tamaño del soluto, la permeabilidad de la membrana, del escaldado y de la deshidratación osmótica como pretratamiento. (Sharma. et al., 2003)

8.5. PESO Y VOLUMEN APARENTE

Al analizar los valores obtenidos de peso y volumen aparente para los cubos deformados de tomate de árbol con dimensiones de 2 x 2 x 0.5 cm, se observa en la figura 22 (a) y (b) una disminución gradual del peso y volumen aparente en cada uno de los tiempos de secado en (70 y 75 °C) comparado con el DO, se muestra claramente que para los 75 °C a un tiempo de 180 minutos de tratamiento se indica una pérdida de peso notable para posteriormente a los 240 minutos tener una tendencia constante.

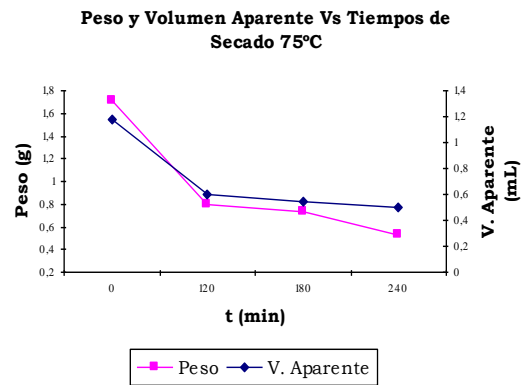
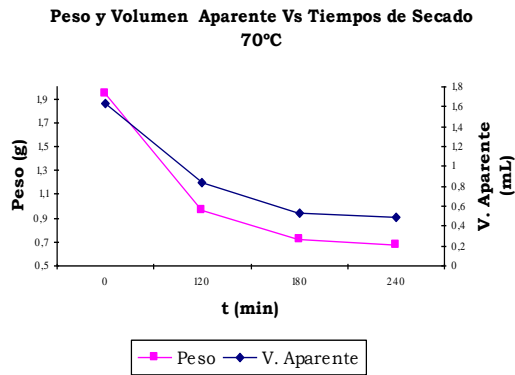


Figura 22a. Peso y V. Aparente vs tiempo a 70°C Figura 22b. Peso y V. Aparente vs tiempo a 75°C

En los resultados obtenidos para los 80 °C en la figura 22c la pérdida de peso se presenta progresiva en todos los tiempos, no igual al caso del volumen aparente que muestra un aumento entre los 120 y 180 minutos de tratamiento para disminuir un poco entre los 180 y 240 minutos de tratamiento, lo que podemos atribuir al tamaño, porosidad de fruto, sus propiedades y la temperatura empleada; ya que los trozos deformados de tomate de árbol, se afectan por el estrés causado por la alta temperatura a la que fueron sometidos.

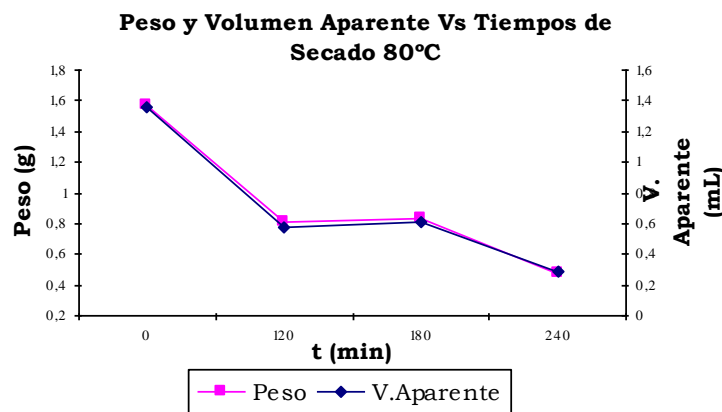


Figura 22c. Peso y V. Aparente vs tiempo a 80°C

De lo anterior se puede establecer que los frutos secos a 70 y 75 °C a presión atmosférica presentan una disminución uniforme del peso y del

volumen aparente y comportan un patrón similar en estas dos variables analizadas.

En la tabla ANOVA (anexo 1 Tabla 3) para Peso se observa que el p-valor más grande es 0.0099, perteneciente a la temperatura. Dado que el p-valor es inferior a 0.01, ese término es estadísticamente significativo al 99% de nivel de confianza; la hipótesis nula se rechaza y por lo tanto la temperatura afecta el peso de los cubos deformados de tomate de árbol.

En la tabla ANOVA (anexo 1 Tabla 3) para Volumen Aparente se observa que el p-valor más grande es 0.1699, perteneciente al tiempo. Puesto que el p-valor es mayor o igual a 0.10, ese término no es estadísticamente significativo al 90% de nivel de confianza o superior; por lo tanto la hipótesis nula se acepta y por consiguiente el volumen aparente no se ve afectado por el tiempo de secado.

8.6. ÁCIDOS ORGÁNICOS NO VOLÁTILES

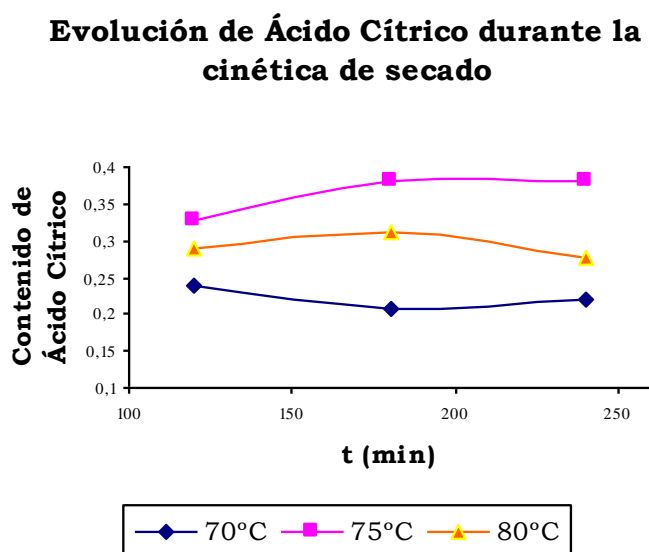


Figura 23. Evolución de ácido cítrico durante la cinética de secado.

En el caso del secado a 70 °C las variaciones en el contenido de ácido cítrico son muy suaves presentándose sorprendentemente un aumento al final del tratamiento, lo que no tendría una explicación lógica puesto que no hay manera para que el contenido ácido cítrico se incremente teniendo como antecedente un comportamiento descendente; de manera que pese a que las variaciones son mínimas entre sí, a lo largo del tratamiento especialmente para los 70 °C asumimos que este contenido muestra una tendencia constante; debido a que ésta temperatura se localiza como un tratamiento suave o como segunda medida un posible error en la lectura del equipo, pues cabe anotar que ésta fue la última realizada debido a que la columna del HPLC presentó fallas. Éste caso aplica también parcialmente para los 80 °C donde las variaciones no son significativas pero tiene un comportamiento más regular ya que el tiempo final muestra un descenso.

Para los 75 °C podemos apreciar un comportamiento inverso con respecto a sus análogos puesto que en éste caso se presenta un pequeño aumento en el contenido de ácido cítrico pero de igual manera es coherente en la comparación con el pH (Figura 19) que tiene también un leve descenso.

Para un mismo nivel de humedad, las pérdidas de acidez son similares en los tratamientos comparados y parecen ligeramente mayores para un nivel de humedad intermedio. Como es el caso del tratamiento a 80 °C (Moraga, 2001; Moreno, 2000).

La variabilidad en la acidez de éste procedimiento; ocurren debido probablemente a diferentes factores, tales como: frutas procedentes de distintas regiones del país, gran variabilidad en la nutrición de las plantas y posiblemente hasta diferentes estados de madurez.

8.7. AZÚCARES

El estudio de los azúcares presentes en fruta fresca y procesada de tomate de árbol se realizó por análisis cromatográfico (HPLC), donde se cuantificaron glucosa, fructosa y sacarosa durante la cinética de secado por métodos combinados (DO-AC). Estos tratamientos combinados de deshidratación afectan en diferente extensión, en el contenido de cada azúcar en forma dependiente del nivel de humedad alcanzado. El tratamiento a 70 °C que provoca un ligero incremento en el contenido de sacarosa mientras que la glucosa y la fructosa muestran un comportamiento constante; muy diferente a lo ocurrido para los 75 y 80 °C de deshidratación es presumible que sea debido a que el alcance de la temperatura (70 °C) es considerado con respecto a los otros un procedimiento poco drástico pues acá no podemos hablar de ninguna manera de una posible hidrólisis por parte de la sacarosa, ó tal vez la lectura del equipo no es la más acertada pues cabe advertir que estas lecturas fueron parte de las últimas hechas por el equipo antes de presentar fallas. Esto se evidencia en la figura 24a (Herrero y Guardia, 1991).

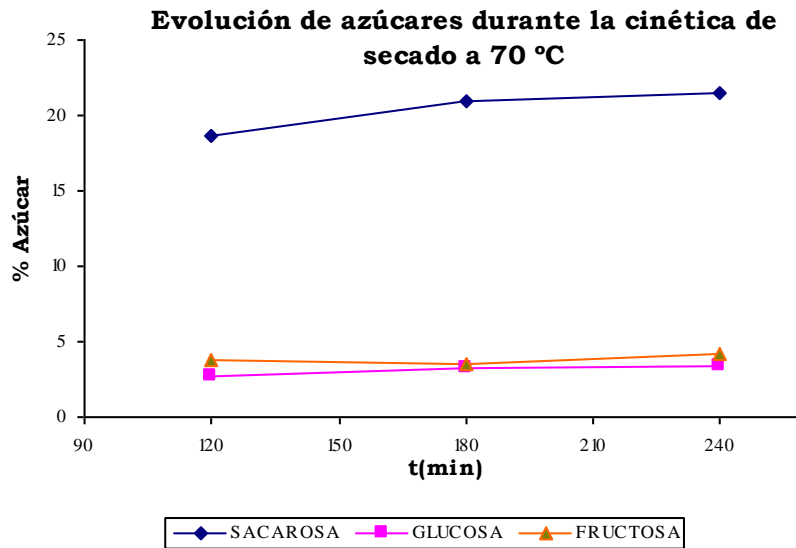


Figura 24a. Evolución de azúcares durante la cinética de secado a 70 °C.

Para los tratamientos a temperaturas de 75 °C (Figura 24b) y 80 °C (Figura 24c) el patrón de comportamiento es similar en ambas temperaturas para los tres azúcares analizados: Glucosa, Fructosa y Sacarosa. La sacarosa contrario al comportamiento a 70 °C sufre un descenso marcado entre los tiempos de 180 y 240 minutos, disímil al caso de la fructosa en la cual se evidencia un incremento suave pero constante; además la glucosa muestra un pequeño incremento entre 120 y 180 minutos de tratamiento, presentándose ya levemente constante para los 180 y 240 minutos del secado. Podemos hablar entonces de una posible hidrólisis por parte de la sacarosa ya que éste disacárido se hidroliza fácilmente formando una molécula de glucosa y una de fructosa. (Wade, 2003).

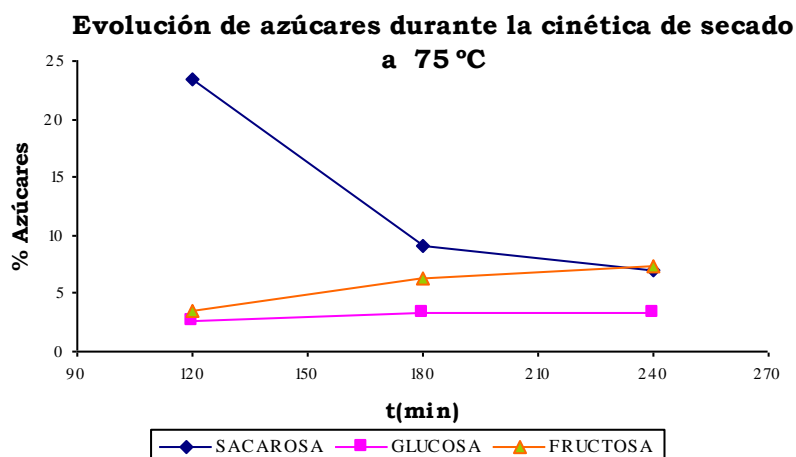


Figura 24b. Evolución de azúcares durante la cinética de secado a 75 °C.

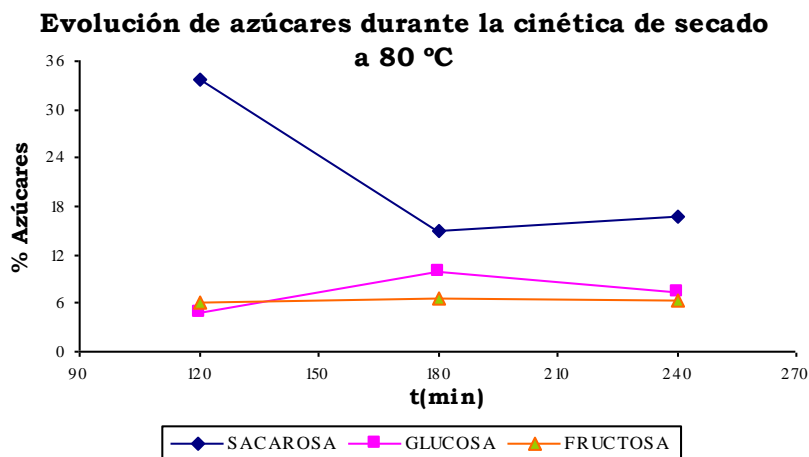


Figura 24c. Evolución de azúcares durante la cinética de secado a 80 °C.

Se asume para las tres temperaturas que a partir de 180 minutos; el aumento de solutos a la fruta es más lento ocasionado por la pérdida de humedad mientras que la fructosa y la glucosa presentan un comportamiento regular aunque la ganancia es moderada. Este comportamiento es propio de frutos o trozos de frutos sometidos a

procesos de deshidratación por aire caliente (AC) o combinados (DO-AC). (Herrero y Guardia, 1991; Moraga, et al 2001), atribuyendo éste comportamiento a la aceleración del metabolismo celular ocasionado por las temperaturas del proceso de deshidratación.

Es necesario indicar que el comportamiento de la glucosa y la fructosa durante la deshidratación por métodos combinados evaluado en este trabajo presenta un patrón análogo al descrito para cubos de tomate de árbol DO a 65 °Brix (Rojas y Arango, 2004) en donde no se aprecia un incremento de los porcentajes de estos azúcares; al aplicar DO-AC, a diferencia del comportamiento de la sacarosa que para 70 °C se aumenta su concentración y para 75 y 80 °C sufre una disminución drástica tal como se mencionó previamente.

8.8. CONTENIDO DE PROTEÍNAS

Se consideró el comportamiento de la cantidad proteínica en los trozos de tomate de árbol tanto para el fresco como para el deshidratado osmóticamente (DO) y el deshidratado por métodos combinados (DO-AC), registrando valores más bajos de los reportados en la literatura para el caso del fresco, pues muestra una cantidad de 0.5% descendiendo progresivamente en una relación de 1:3 con respecto a los procesos de DO y DO-AC lo que es atribuible al método utilizado (Bradford) ya que los reportes literarios datan dichas lecturas a partir del método de Kjeldal que especifica nitrógeno total, contrario al de Bradford que determina exclusivamente proteínas.

8.9. ACTIVIDAD ENZIMÁTICA

8.9.1 ANÁLISIS PARA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA PEROXIDASA (POD)

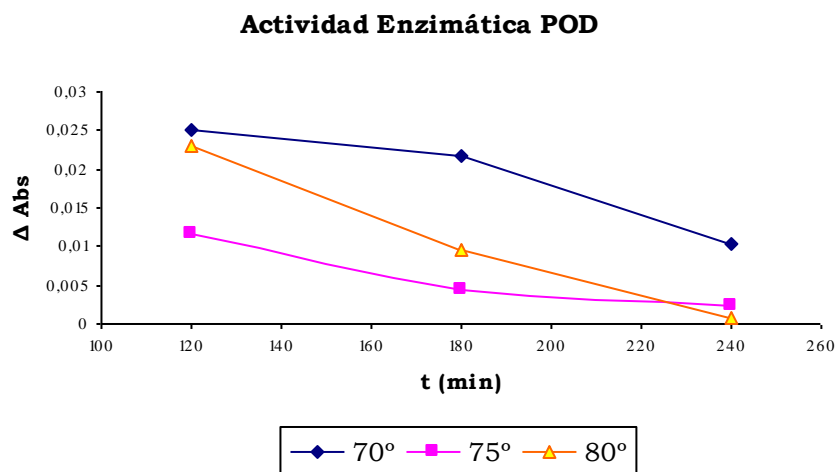


Figura 25. Actividad enzimática POD

La actividad enzimática POD muestra un descenso para todos los casos a través del tiempo, siendo la temperatura de 70 °C la más alta con respecto a sus semejantes y afín con lo ocurrido para PPO. Al igual que para 75 °C la actividad es menor para todos los casos excepto cuando se trata de 80 °C por 240 minutos de secado.

Se nota que la actividad enzimática muestra el comportamiento esperado coherente con respecto al tiempo y temperatura de secado que al incrementar disminuye considerablemente, siendo la temperatura un parámetro influyente y mostrándose como muy óptima a los 80 °C en donde a los 240 minutos la actividad POD se hace prácticamente nula.

En la tabla ANOVA (anexo 1 Tabla 3) para Enzimas POD se observa que el p-valor más grande es 0.0000, perteneciente a la temperatura. Dado que el p-valor es inferior a 0.01, ese término es estadísticamente significativo al 99% de nivel de confianza; por lo tanto la hipótesis nula se rechaza lo que significa que la temperatura de secado por AC afecta la actividad enzimática al interior del tejido de los cubos deformados de tomate de árbol.

8.9.2. ANÁLISIS PARA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA POLIFENOL OXIDASA (PPO)

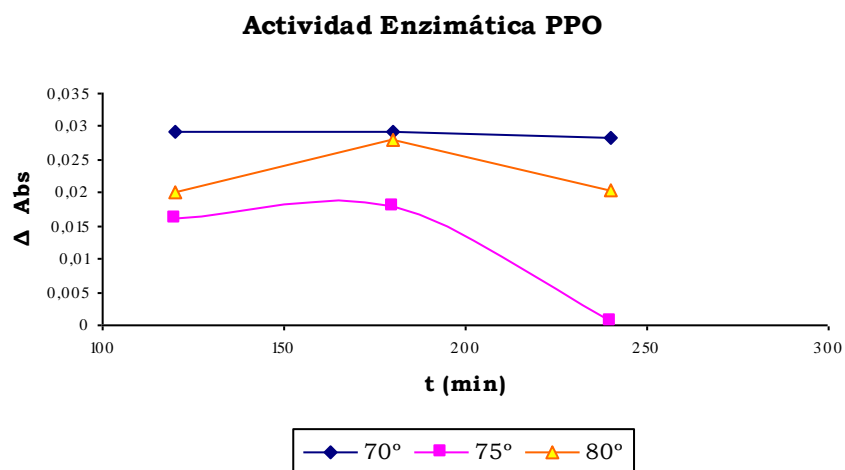


Figura 26. Actividad enzimática PPO

Se muestra claramente en la figura 26 el comportamiento de la actividad PPO frente a las diversas temperaturas y tiempos de tratamiento; encontrando como resultado que la actividad enzimática PPO (polifenoloxidasas) presenta una mínima variación a través del tiempo para 70 °C, siendo ésta actividad enzimática la menos afectada por el proceso de DO-AC; las otras dos temperaturas (75 y 80 °C) cuyas actividades enzimáticas tienen más variabilidad al transcurrir del tiempo,

mostrándose la temperatura de 75 °C como la mejor puesto que en todos los casos presenta la menor actividad enzimática con respecto a sus análogas y marcándose evidentemente un descenso fuerte entre 180 y 240 minutos. A 80 °C hay un incremento entre 120 y 180 minutos de secado pero una marcada disminución a los 240 minutos lo que muestra en general que a mayor tiempo de secado la actividad enzimática va disminuyendo y que la temperatura siendo a su vez influyente también es más relevante para los 75 °C.

En la tabla ANOVA (anexo 1 Tabla 3) para enzimas PPO se observa que el p-valor más grande es 0.0000, perteneciente a la interacción entre la temperatura y el tiempo. Dado que el p-valor es inferior a 0.01, ese término es estadísticamente significativo al 99% de nivel de confianza; por lo tanto la hipótesis nula se rechaza por consiguiente el tiempo y la temperatura de secado durante la DO-AC influye de manera significativa en la actividad PPO siendo 75 °C la mejor temperatura para inhibir ésta actividad enzimática.

8.10. PERFIL AROMÁTICO

Los compuestos volátiles de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav) sendtn) fueron separados por destilación-extracción e identificados por cromatografía de gases; los resultados están recopilados en la Tabla 2.

Los compuestos predominantes hallados en el extracto del fruto de tomate de árbol fresco, DO y DO-AC son el Eugenol, Ácido butanóico etil éster, Ácido hexanóico etil éster y Benceno 1-metil 4 (1 metil etenil). Se encuentra que la composición del aroma del fruto de tomate de árbol es notablemente diferente de lo encontrado en otras frutas de la familia Solanaceae como tal, por ejemplo lulo (*Solanum vestissimum* D.) (Suarez M. y Duque C. 1991) naranjilla (*Solanum quitoense* L.) (Brunke E.-J; Mair P.; y Hammerschmidt F.-J., 1989) ó tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) (Buttery R.G., et al., 1990).

La fragancia del extracto del fruto verde puede ser originado por grandes cantidades de (E)- hex-2-enal, mientras que el Eugenol puede ser responsable del sabor agridulce (Torrado A., et al., 1995).

8.11. ANÁLISIS SENSORIAL

Con base a la revisión bibliográfica (Mahecha, 1985) se hizo el formato de evaluación sensorial (tabla 1. Metodología 5) dando los factores de calidad para los frutos de tomate de árbol DO-AC. Los parámetros de calidad aparecen en el orden en que se evalúan. Ejemplo: 1°. Ausencia de defectos, 2°. Color, 3°. Uniformidad de tamaño y simetría, 4°. Sabor y 5°. Carácter.

En el predicado se describen las características del producto óptimo al que se le da el puntaje máximo **(a)** y se va bajando la calificación según la gravedad del problema o defecto presentado **(b)** y **(c)**, éste último para el defecto más marcado encontrado por cada evaluador.

El grupo de estimadores se seleccionó dentro del personal de investigadores del Laboratorio de Investigaciones en Postcosecha quienes analizaban el grado de aceptación de acuerdo con sus gustos y preferencias, configurándose un panel de jueces semientrenados de laboratorio (Anzaldúa-Morales, 1994).

Los resultados fueron agrupados en gráficas de columnas tridimensionales, se llevaron a cabo tres rondas de calificación; en la primera se evaluaron todos los productos tratados a 70, 75 y 80 °C por 120, 180 y 240 minutos; de esa primera ronda fueron escogidos los cuatro mejores resultados dados por el panel de catadores. De la segunda ronda fueron rechazados los dos resultados de más baja calificación, y finalmente en la tercera ronda se escogió el

tratamiento que no solamente era aceptable para el grupo catador sino que también se comportara de manera admisible frente a todos los parámetros fisicoquímicos llevados a cabo en esta investigación.

8.11.1. Primera ronda de evaluación para todas las temperaturas y tiempos de tratamiento.

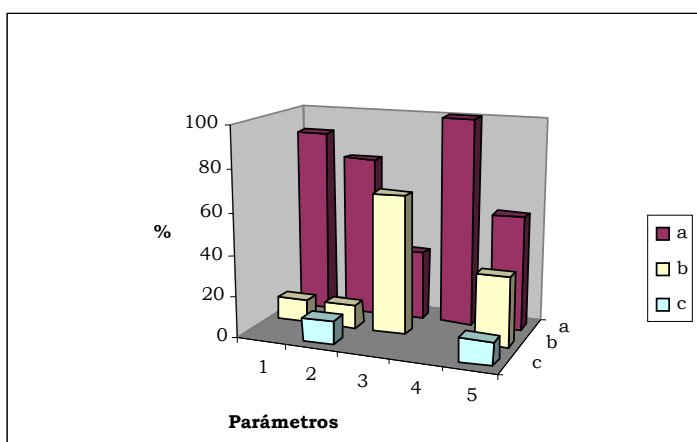


Figura 27. Test de cubos de tomate de árbol DO-AC a 70 °C por 2 horas

Temperatura 70 °C por 2 horas. Los jueces seleccionaron frutos tiernos, gustosos, de buen color (Figura 27) los cuales no se maltratan durante el tratamiento de secado; éste tratamiento, a pesar de la aceptación por parte de los jueces es rechazado especialmente por la baja inactivación de la polifenol oxidasa (Figura 26).

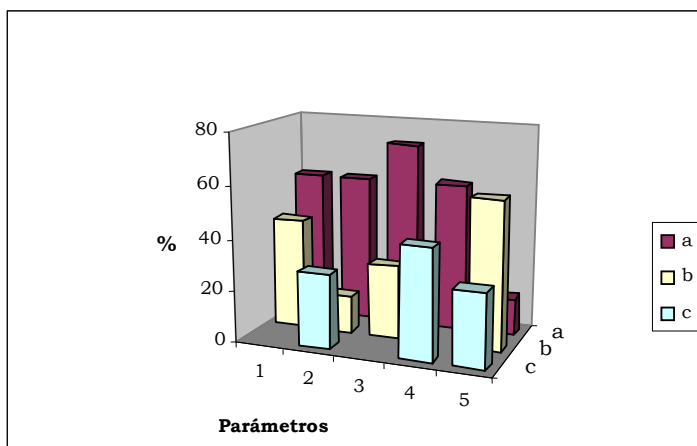


Figura 28. Test de cubos de tomate de árbol DO-AC a 70 °C por 3 horas

Temperatura 70 °C por 3 horas. El fruto evaluado es un producto medianamente tierno, no sufre de maltrato debido a la temperatura utilizada (Figura 28). Éste tratamiento fue aceptado tanto por los jueces como por el análisis de la actividad enzimática.

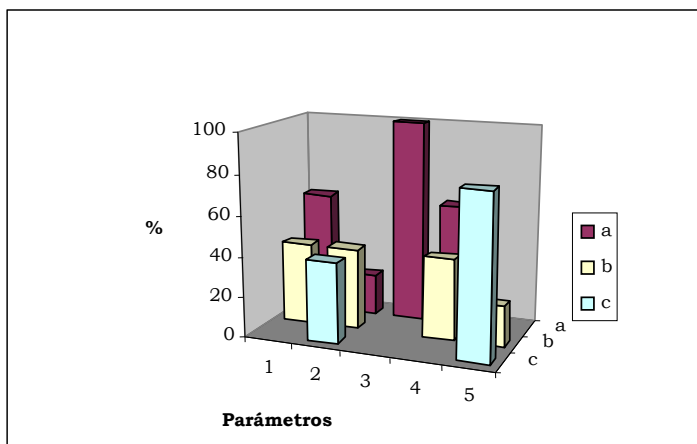


Figura 29. Test de cubos de tomate de árbol DO-AC a 70 °C por 4 horas

Temperatura 70 °C por 4 horas. El tiempo de tratamiento influye de manera negativa sobre el color y la textura del producto, por este motivo es rechazado (Figura 29).

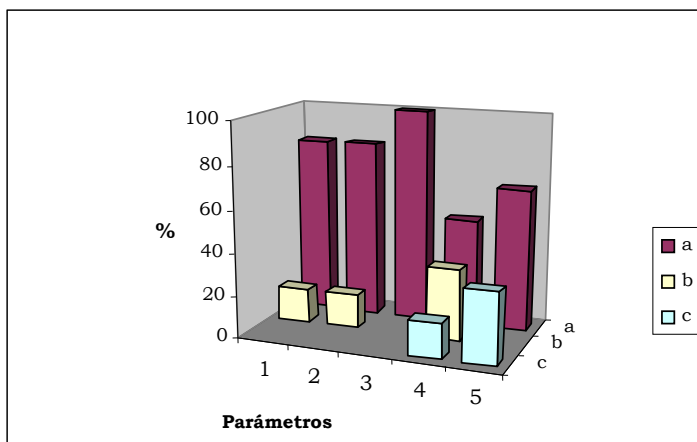


Figura 30. Test de cubos de tomate de árbol DO-AC a 75 °C por 2 horas

Temperatura 75 °C por 2 horas. Este producto goza de buena aceptación aunque no es tan tierno (Figura 30) como los trozos tratados a 70 °C conserva muchas propiedades, especialmente se comporta muy bien al inhibir en gran parte la actividad enzimática (Figuras 25 y 26).

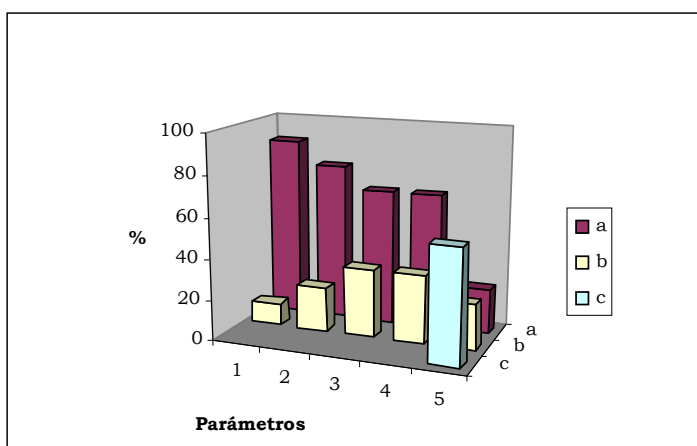


Figura 31. Test de cubos de tomate de árbol DO-AC a 75 °C por 3 horas

Temperatura 75 °C por 3 horas. Según los resultados dados por el panel de catadores, este producto tiene características aceptables aunque la mayoría coincide en describir la textura como poco tierna (Figura 31).

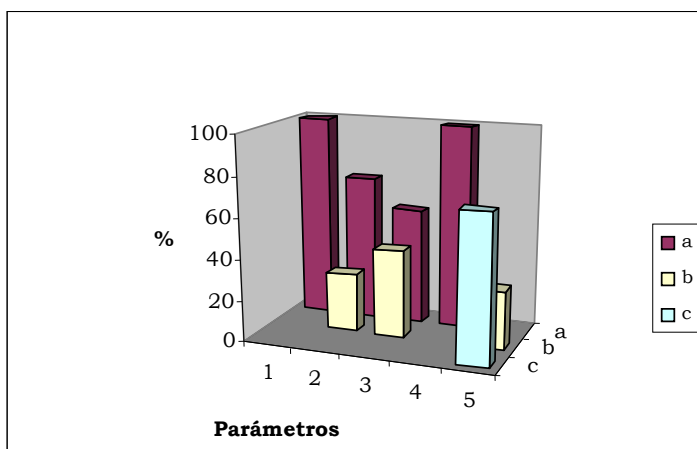


Figura 32. Test de cubos de tomate de árbol DO-AC a 75 °C por 4 horas

Temperatura 75 °C por 4 horas. Este producto es rechazado por calificarse su textura como muy dura (Figura 32).

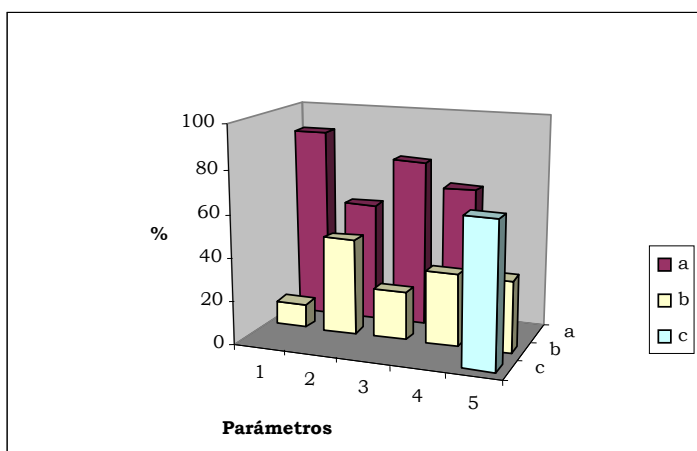


Figura 33. Test de cubos de tomate de árbol DO-AC a 80 °C por 2 horas

Temperatura 80 °C por 2 horas. Este producto tiene características fisicoquímicas aceptables aunque fue evaluado como poco tierno por el panel de jueces de laboratorio (Figura 33).

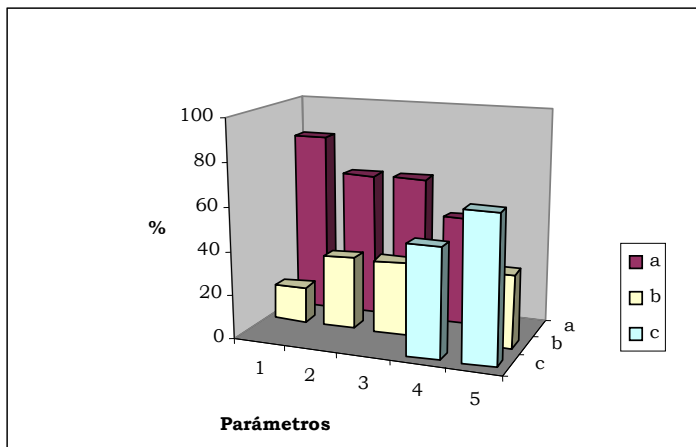


Figura 34. Test de cubos de tomate de árbol DO-AC a 80 °C por 3 horas

Temperatura 80 °C por 3 horas. Por su dureza este producto fue descartado (Figura 34).

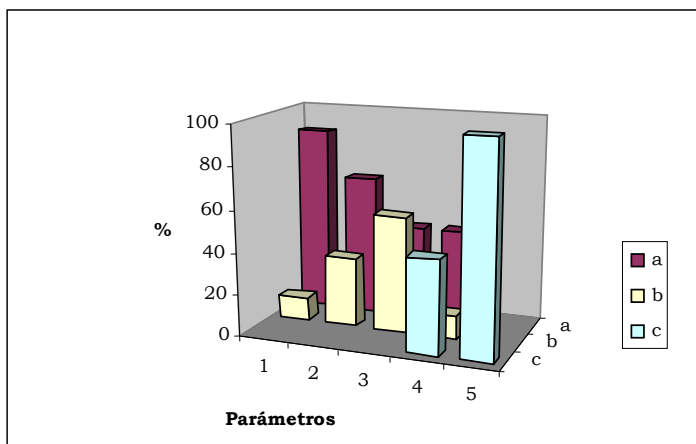


Figura 35. Test de cubos de tomate de árbol DO-AC a 80 °C por 4 horas

Temperatura 80 °C por 4 horas. Por su dureza este producto fue descartado (Figura 35).

8.11.2. Segunda ronda de evaluación para temperaturas de 70 °C por 3 horas, 75 °C por 2 y 3 horas y 80 °C por 2 horas de tratamiento.

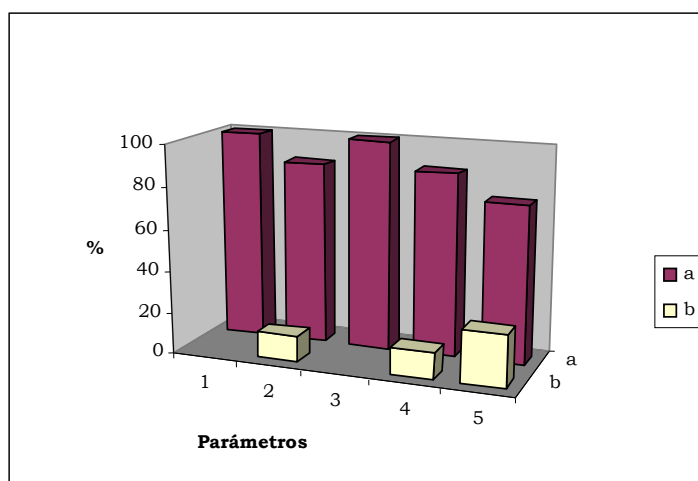


Figura 36. Test de cubos de tomate de árbol DO-AC a 70 °C por 3 horas

Temperatura 70 °C por 3 horas. Es un producto tierno y gustoso según la evaluación sensorial, (Figura 36) aunque es rechazado porque la temperatura inhibe de manera insuficiente la actividad enzimática (Figuras 25 y 26).

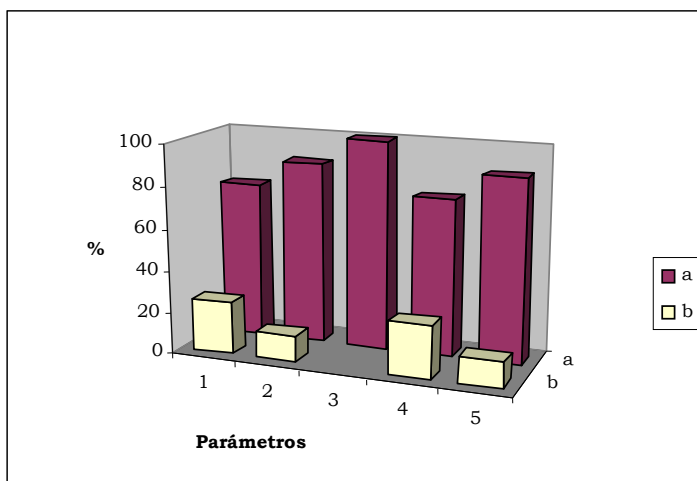


Figura 37. Test de cubos de tomate de árbol DO-AC a 75 °C por 2 horas

Temperatura 75 °C por 2 horas. Este tratamiento ofrece productos de buena aceptación, no solo sensorial (Figura 37) sino teniendo en cuenta características fisicoquímicas adecuadas (Figuras 19-26).

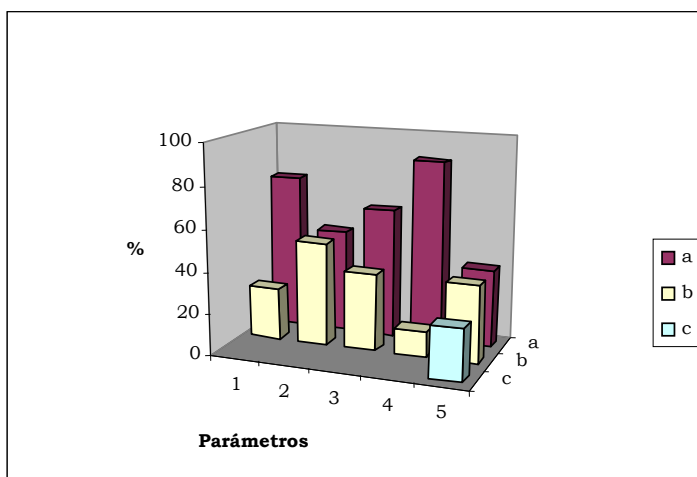


Figura 38. Test de cubos de tomate de árbol DO-AC a 75 °C por 3 horas

Temperatura 75 °C por 3 horas. Este tratamiento otorga buenas características aunque presenta textura poco tierna (Figura 38).

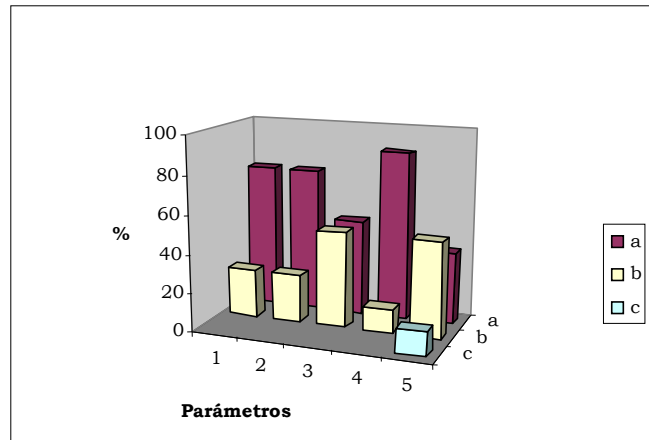


Figura 39. Test de cubos de tomate de árbol DO-AC a 80 °C por 2 horas

Temperatura 80 °C por 2 horas. A medida que aumenta la temperatura y el tiempo de utilizado en el procedimiento la dureza también es mayor (Figura 39), el proceso es rechazado.

8.11.3. Tercera ronda de evaluación para temperaturas de 75 °C por 2 y 3 horas de tratamiento.

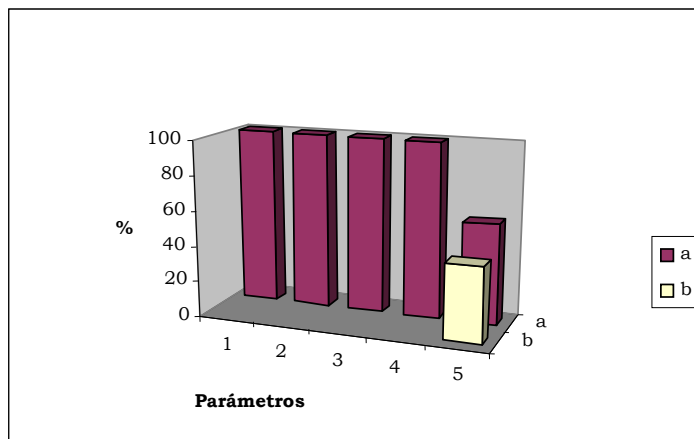


Figura 40. Test de cubos de tomate de árbol DO-AC a 75 °C por 2 horas

Temperatura 75 °C por 2 horas. Es un tratamiento que concede al producto características apropiadas respecto del objetivo que se busca, en cuanto a la ausencia de defectos, color, simetría, sabor y carácter (Figura 40).

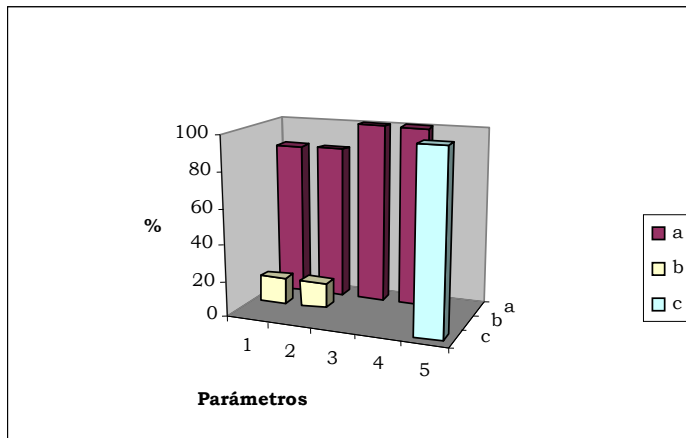


Figura 41. Test de cubos de tomate de árbol DO-AC a 75 °C por 3 horas

Temperatura 75 °C por 3 horas. El método confiere un fruto de buenas propiedades aunque presenta una textura muy dura.

Es necesario anotar que durante estos tipos de tratamientos de DO-AC las células del tejido vegetal experimentan diferentes tipos de estrés, en especial estrés osmótico, provocando cambios fisiológicos y modificaciones en la composición de la fruta, cambios en el perfil de compuestos volátiles (Escriche et al, 2000) en parte ocasionados por la acción enzimática (Zabetakis y Holden, 1997).

Estas alteraciones pueden afectar notablemente a las propiedades sensoriales del producto como la sensación de dulzor o percepción del aroma y grado de dureza.

Teniendo en cuenta la aceptación de cada uno de los productos evaluados a las tres temperaturas y los tres tiempos y en concordancia con el análisis de los parámetros físicos y químicos examinados se puede afirmar que el tratamiento óptimo para obtener cubos de tomate de árbol DO-AC es el que se realiza a 75 °C durante dos horas; por todo lo anterior los cubos de tomate de árbol DO-AC a 75 °C por tres horas puede ser considerado apto para utilizar como ingrediente en cereales para el desayuno y yogures de frutas, ya que su dureza disminuiría al rehidratarlo; además presenta una muy buena inactivación enzimática.

El producto sometido a DO-AC a 75 °C por dos horas se considera adecuado para consumir como pasaboca (snack) y en repostería por su carácter tierno, de acuerdo con lo reportado por el panel de jueces de laboratorio y la inactivación enzimática.

9. CONCLUSIONES

- Se analizaron detalladamente durante el proceso combinado de DO-AC para las diferentes temperaturas y tiempos, los cubos deformados de tomate de árbol con respecto a su evolución fisicoquímica y conserva de sus propiedades organolépticas lográndose perfilar la temperatura de 75 °C durante 180 minutos de secado como una muy buena opción ya que presentó buena aceptación gustativa y sus parámetros fisicoquímicos muestran un comportamiento efectivo.

- El empleo del método combinado (DO-AC) como metodología de deshidratación aumenta de manera importante la pérdida de peso a través de la salida de agua, lográndose eliminar aproximadamente un 42% del peso para una actividad de agua alrededor de 0.53 y humedad del 10%.

- Respecto a la evolución del pH en el secado por AC y previa DO, la mayor variación se observa durante los primeros 120 minutos para los tres casos de temperatura, estabilizándose de ahí en adelante; sin embargo, el pH de la fruta no fue afectado de manera contundente por el proceso de deshidratación combinada DO-AC.

- El comportamiento en la pérdida de la actividad de agua de los cubos deformados de tomate de árbol, con el consecuente aumento de sólidos solubles en una proporción de 1:2 permitió considerar la doble

transferencia de masa, expresada en la disminución del peso y el volumen aparente.

- Al analizar los valores de peso y volumen aparente se observó una disminución gradual en cada uno de los tiempos de secado combinado DO-AC, comparados con el fruto antes DO según parámetros establecidos por (Rojas y Arango, 2004) a 65 °Brix.

- Los tratamientos de deshidratación en el procesado mínimo de cubos deformados de tomate de árbol soportan cambios en la composición de azúcares y ácidos diferentes a los esperados desde la simple concentración del tejido que refleja la influencia del nivel de estrés celular al interior del tejido obtenido en cada caso y que pueden ser relevantes en la calidad del producto final.

- Se produjo un efecto inhibitor notable sobre la actividad enzimática, durante los tratamientos de DO-AC marcando una influencia definitiva por parte de la temperatura y el tiempo en la inactivación enzimática, ya que la acción de la POD y PPO para los cubos deformados de tomate de árbol se muestran en descenso con el aumento de dichas variables.

- Pese a la deliberación por los jueces entrenados medianamente en el laboratorio para llevar a cabo el análisis sensorial de tomate de árbol tratado por métodos combinados DO-AC después de las tres rondas selectivas, se determinó como mejor tratamiento los frutos de tomate de árbol secados a 75 °C por 120 y 180 minutos, trabajando finalmente con el tiempo corto ya que presenta mayor ternura en su carácter.

10. RECOMENDACIONES

- Establecer un procedimiento en el cual se lleve a cabo la rehidratación de los productos deshidratados por métodos combinados DO-AC, ya que los productos rehidratados presentan características organolépticas muy bien definidas y devuelve también en el caso de trozos con ternura variable, su carnosidad gustativa al paladar.

- Realizar análisis fotográfico utilizando la microscopía electrónica de barrido, la cual permitirá detallar el tejido celular de la fruta después de la aplicación de la deshidratación por métodos combinados DO-AC para observar el estado celular y analizar la influencia del daño sufrido por el procesado sobre el producto final.

- Considerar la utilización de un aerómetro para determinar la velocidad de flujo de aire en el secador y así poder controlar otras variables del proceso.

- A nivel industrial se sugiere la implementación de la DO-AC como una técnica que posibilite la conservación de alimentos para la obtención de un producto que conserve sus propiedades características organolépticas y fisicoquímicas con un costo competitivo incluso a nivel de exportación puesto que la reducción de peso es un factor clave en la disminución de costos de transporte.

11. BIBLIOGRAFÍA

¹Anzaldúa, A.; Morales (1994). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza (España).

²AOAC. (1997) Official Methods of Analysis, 16 th ed, 3 rd revision. Association of official Analytical Chemists, Washington, DC.

³Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior. (marzo - abril 1998). Densidad y peso específico. Ipn ciencia, arte y cultura.

www.hemerodigital.unam.mx/ANUIES/ipn/arte_ciencia_cultura/marabr98/alimen/sec_2

⁴Bradford, M. (1976) Anal. Biochem., 72, p.248.

⁵Brody, A.L. (1996) "Integrating Aseptic and Modified Atmosphere Packaging to Fulfill a Vision of Tomorrow". Food Technology. <http://www.monografias.com/trabajos10/tebar/tebar2.shtml>.

- ⁶Brunke E.-J. Mair P. and Hammerschmidt F.-J. (1989) *Agric. Food Chem.*, 37, 746.
- ⁷Buttery R.G. Teranishi R. Ling L.C. and Turnbaugh J.G. (1990) *Agric. Food Chem.* 38, 336.
- ⁸Chiralt A., Martínez N., Camacho M., González C. (1998). Experimentos de fisicoquímica de alimentos. Servicio de publicaciones de la UPV. Valencia España pp 64 -65, 147 - 152.
- ⁹Dennis Millar. (2003) *Química de alimentos: Manual de Laboratorio.* p. 47-51.
- ¹⁰Desrosier, N.W., (1986) *Conservación de alimentos.* Editorial Continental S.A México. P 157, 161, 164.
- ¹¹Escriche, I.; Chiralt, A.; Moreno, J.; Serra, J. A., (2000). Influence of Blanching-osmotic Dehydration Treatments on volatile Fraction of Strawberries. *Journal of Food Sciences*, 65: 1107-1111.

¹²Fellows, P. (1994) "Tecnología del Procesado de Alimentos, Principios y Prácticas". Editorial Acribia S.A. España.

<http://www.monografias.com/trabajos10/tebar/tebar2.shtml>.
www.monografias.com/trabajos15/cana-azucar/cana-azucar.shtml

¹³Giraldo, G., Bilbao, C., Chiralt, A., (2004) Secado combinado en el escarchado de mango. V Seminario Nacional e Internacional de frutales. Memorias en: Tecnología para la transformación de frutas. pp 290-292.

¹⁴Guarnizo, R., García, H.R., Salamanca, G.G., Aguilar, G.H., García, B.E., (2001) Evaluación de un proceso de deshidratación de uchuva (*Physalis peruviana*) mediante secado por convección con aire caliente sobre fruta fresca y previamente osmodeshidratada. III Congreso Iberoamericano de Ingeniería de alimentos. I Congreso Español de Ingeniería de alimentos CIBIA. Ingeniería de alimentos Nuevas Fronteras en el siglo XXI. Universidad Politécnica de Valencia, España. Tomo II p 379.

¹⁵Hart, F. L. y Fisher, H. D. (1991). Análisis Moderno de los Alimentos. De la edición en lengua española, Editorial Acribia. Zaragoza (España).
www.orbita.starmedia.com/tecnologiaalimentos/analisis_humedad.htm

- ¹⁶Hernández, T., Bernalte, M. G., Sabio, E., Vidal-Aragón M. C. (1997).
Actividad peroxidasa y polifenoloxidasa de dos variedades de
cereza durante la maduración. En: Alimentaria
- ¹⁷Herrero, A., Guardia, J., (1991) Conservación de frutos, manual
técnico. Ediciones mundiprensa.
- ¹⁸ICONTEC. (1997). Instituto Colombiano de Normas técnicas y
certificación, Norma Técnica Colombiana (NTC4105) Frutas
fresca. Tomate de árbol. Especificaciones. Santafé de Bogotá.
- ¹⁹Jensen W., Salisbury F. (Julio 1994). Botánica. Segunda edición.
McGraw – Hill. (Ed.) México. p 31, 44.
- ²⁰Leach, M. y Mason M. (1964) Conservación de frutas y hortalizas.
Zaragoza, Acribia, p.152-60.
- ²¹Lees, R. and Jackson E.B. (1975) Sugar confectionery and chocolate
manufacture. New York, Chemical Publ. pp.218-22.

²²López O., Montes L., Serna L., Franco G. (2002). “Conservación del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav) Sendtn) Mínimamente procesado por deshidratación osmótica”. IV Seminario Nacional de Frutales de Clima Frío Moderado. Medellín - Colombia 20 – 22 de noviembre de. Corpoica – Unidad Pontificia Bolivariana – C.D.T.F. (Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales). p.p. 272 – 276. Colombia.

²³McNair, H., Esquivel, B., (1980). Cromatografía líquida de alta presión. Editorial: Eva V Chesneau. pp. 2-4.

²⁴Mahecha, L.G., (1985) Evaluación Sensorial en el Control de Calidad de Alimentos Procesados. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Editorial Carrera 7a. Bogotá.

²⁵Mertens, B. and Knorr D. (1992) "Developments of Nonthermal Processes for Food Preservation" Food Technology. Lioutas, Theodore S. "Challenges of Controlled and Modified Atmosphere Packaging: A Food Company's Perspective". Food Technology.
<http://www.monografias.com/trabajos10/tebar/tebar2.shtml>.

²⁶Moraga, G., (2002) Aspectos fisicoquímicos relacionados con la crioprotección de fresa y kiwi. Tesis doctoral. Departamento de

tecnología de alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.

²⁷Moraga, G., Martínez – Navarrete, N., Chiralt A., (2001) Cambios en la composición de fresa durante tratamientos combinados de secado por aire y osmótico. III Congreso Iberoamericano de Ingeniería de alimentos. I Congreso Español de Ingeniería de alimentos CIBIA. En: Ingeniería de alimentos Nuevas Fronteras en el siglo XXI. Universidad Politécnica de Valencia, España Tomo II. p 529.

²⁸Moreno, J.; Chiralt, A.; Escriche, I.; Serra, J.A., (2000). Effect of blanching/osmotic combined methods on quality and stability of minimally processed strawberries. Food Research international, 33: 609-616.

²⁹Muñoz H. (1977) (Fábrica de Dulces Colombina). Comunicación personal.

³⁰Owen, A. J. (1988). The diode array advantage in uv / visible spectroscopy. Hewlett Packard GmbH. Waldbronn analytical division. Printed in the federal republic of Germany. p 9 – 10.

- ³¹Pamplona F.D, Orrego A, C.E. (2002) IV Seminario Nacional de Frutales de Clima Frío Moderado. Medellín, Colombia. Pp 266-271.
- ³²Pinzón, M. (2000). Evolución de la composición y propiedades físicas durante el crecimiento y maduración de híbridos de lulo, *Solanum quitoense* Lam. Tesis doctoral. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- ³³Pinzón M. I., Torres J. F., Bonilla H. (1990). Tecnología de vegetales Tomo II. Universidad del Quindío. pp 431-493.
- ³⁴Pointing, V.; Watters, G.G.; Forrey, R.R.; Jacson, R.; Stanley, W.L. (1966) "Osmotic dehydration of fruits". Food Technology. (20):125-128.
- ³⁵Ranken M.D. Y OTROS (1993) Manual de industrias de los alimentos 2ª Edición; Editorial ACRIBIA, S.A., Zaragoza, España. pp 499-500, 505-506.
- ³⁶Rausell, O.; Ruíz-Díaz, G.; Martínez-Monzó, J.; Chiralt, A. (2001) Secado combinado mediante microondas y aire caliente de rodajas de naranja. Series de ciencia e ingeniería de alimentos investigación del postgrado del iad-dta Editores: P.Fito.; A. Chiralt.; A. Andrés.; N. Martinez-Navarrete

Instituto de ingeniería de alimentos para el desarrollo.
Departamento de tecnología de alimentos vicerrectorado de
investigación desarrollo e innovación VALENCIA, ESPAÑA
pp 315-334

³⁷Rodríguez, A., Fito, P., (1994) Deshidratación de zanahoria en rodajas.
Anales de investigación del master en ciencia e ingeniería de
alimentos, volumen IV, Universidad Politécnica de Valencia.
España. p 641.

³⁸Rojas, A.M., Arango, L.A., (2004) Evolución de propiedades físicas y
bioquímicas durante la cinética de deshidratación osmótica del
tomate de árbol *Cyphomandra betacea* (cav) Sendt. Tesis de
grado. Programa de Química. Universidad del Quindío.

³⁹Rojas, A.M., Arango, L.A., Pinzón, M.I., (2004) Evolución del color, la
pérdida de agua y la ganancia de solutos durante la cinética de
osmodeshidratación de tomate de árbol. V Seminario Nacional e
Internacional de frutales. Memorias en: Tecnología para la
transformación de frutas. pp 268–270.

⁴⁰Schwartz M., Del Valle J.M., Aguilera J.M., Sepúlveda M. (1999)
Conservación de frutas y hortalizas por métodos combinados.
Facultad de Ciencias Agronómicas. Depto de Agroindustria y
Enología. Universidad de Chile. Depto. de Ingeniería Química y
Bioprocesos. Pontificia Universidad Católica de Chile.

[http://agronomia.uchile.cl/departamentos/agroindustria/proyho
rt6.htm](http://agronomia.uchile.cl/departamentos/agroindustria/proyho
rt6.htm).

[www.uam.es/personal_pdi/ciencias/ifitg18/_private/docs/OpTA
/Exposiciones/ExpoTema16.doc](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/ifitg18/_private/docs/OpTA
/Exposiciones/ExpoTema16.doc).

(Consultada Septiembre 29 de 2004).

⁴¹Skoog, D., Holler, F., Nieman, T., (2001) Principios de análisis instrumental. Quinta edición. Editorial Mc Graw Hill. pp.731

⁴²Suárez M. and Duque C. J. *Agric. Food Chem.* 39, 1498 (1991).

⁴³Tabares 2004 IV Seminario Nacional de Frutales de Clima Frío Moderado. Medellín - Colombia 20 – 22 de noviembre de. Corpoica – Unidad Pontificia Bolivariana – C.D.T.F. (Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales)

⁴⁴Tapia, M., Alzamora, S., Welti, J., Minimally Processed High Moisture Fruit Products by Combined Methods: Results of a Multinational Project (en Fito, P., Ortega, E., Barbosa, G. (eds), Food Engineering 2000, Ed. Chapman & Hall, (EU), 1996)

⁴⁵Telis, V.R.N., Murari, R.C.B.D.L., Carrizo, J.M., Telis – Romero, J., (2001) Air – Drying kinetics of osmotically pre – treated tomato. III Congreso Iberoamericano de Ingeniería de alimentos. I Congreso Español de Ingeniería de alimentos CIBIA. En: Ingeniería de alimentos Nuevas Fronteras en el siglo XXI. Universidad Politécnica de Valencia, España. Tomo II p 391.

- ⁴⁶Valverde, F. (1998) Plantas útiles del litoral ecuatoriano. Ecociencia, ECORAE. p.312
- ⁴⁷Wade, L.G. (2003) Química Orgánica Segunda Edición. Pearson Education. pp 1109-1110.
- ⁴⁸Xue, K., Cháfer, M., González – Martínez, C., Fito, P., Chiralt A., (2001) Secado por aire caliente de Pera Var. Blanquilla. III Congreso Iberoamericano de Ingeniería de alimentos. I Congreso Español de Ingeniería de alimentos CIBIA. En: Ingeniería de alimentos Nuevas Fronteras en el siglo XXI. Universidad Politécnica de Valencia, España. Tomo II p 235.
- ⁴⁹Zabetakis, I. and Holden, M. A. (1997) Strawberry Flavour: Analysis and Biosynthesis J. Sci. Food Agric., 74: 424-434.