6. Análisis y Discusión de Resultados

6.1 Caracterización de la materia prima

6.1.1 Elección de la variedad de durazno

El durazno criollo empleado en la realización de éste trabajo se adquirió entre los meses de enero y marzo, de la central de abastos de la ciudad de Puebla, Puebla. Su procesamiento a temperatura ambiente se realizó 24 horas después de haber adquirido el fruto, eligiéndose sólo aquellos que contaban con madurez adecuada (color amarillo pardo con tonalidades rojizas, y textura firma al tacto).

6.1.2 Caracterización de la fruta fresca

Los resultados obtenidos durante la caracterización del durazno fresco se presentan en la Tabla 3; en ella se reportan las medias aritméticas con su respectiva desviación estándar, para cada una de las lecturas realizadas.

Tabla 3. Caracterización del durazno criollo

ºBx		12.82 ± 0.15
pH		3.93 ± 0.03
Acidez[1] (%)		0.04 ± 0.25
Humedad (%)		87.07 ± 0.28
Cenizas (%)		0.34 ± 0.02
Proteína (%)		1.75 ± 0.01
Azúcares reductores (%)		2.47 ± 0.04
Color:		
	L_h	48.45 ± 0.86
	a_h	7.74 ± 0.67
	b_h	27.02 ± 0.59
Bacterias mesofílicas aerobias[2]		> 250 UFC/g
Mohos y levaduras		<10 UFC/g

[1]g ác. málico/100 g muestra

[2]Dilución 10^{-1}

Según los datos reportados por Alzamora *et al.* (1993), el pH del durazno es de 3.4 a 4.2, por lo cual el pH de la fruta empleada se encuentra en el rango establecido. La

misma tendencia poseen la humedad y cenizas, pues los valores citados por Herrero y Guardia (1992) son de 77-90% y 0.3-0.6%, respectivamente. Por su parte la acidez coincide con lo reportado por Catalán (1999), de igual forma que sucede con los sólidos solubles según lo estimado por Corona (2000), mismos que oscilan alrededor de los 12.7ºBx. Por su parte se visualiza que tanto la proteína como los azúcares reductores son ligeramente mayor a los estipulados por Herrero y Guardia (1992): proteína alrededor del 0.3-0.9% y azúcares reductores aproximadamente 2.40%. Las variaciones pueden deberse tanto a la variedad utilizada como al grado de maduración del durazno empleado. Respecto a la flora microbiana nativa no se presenta crecimiento de mohos y levaduras, sin embargo si se observa un elevado número de bacterias mesofílicas aerobias, mismas que pueden alterar la estabilidad microbiana durante el almacenamiento del durazno conservado por métodos combinados.

6.2 Procesado del durazno conservado por métodos combinados

6.2.1 Tratamiento del durazno por métodos combinados

Con el objetivo de alcanzar las condiciones adecuadas para la conservación del durazno, se ajustó la a_w del fruto escaldado a un valor de 0.97 mediante la adición de sacarosa por infusión seca. La concentración necesaria para el ajuste, se calculó mediante la ecuación de Norrish (Apéndice A), en base a los ºBx obtenidos después del proceso de escaldado (10.4ºBx); éstos últimos presentan valores inferiores a los obtenidos para el durazno fresco, lo cual coincide con lo reportado por Corona (2000).

El pH se ajustó a un valor de 3.5 por adición directa de ácido cítrico, mientras que, la concentración de antimicrobianos (sorbato de potasio, benzoato de sodio, vainillina y aldehído cinámico) se determinó con 500 y de 1000 ppm en base al peso total de la fruta y el azúcar.

6.2.2 Obtención del durazno conservado por métodos combinados

Los duraznos se lavaron y escurrieron; posteriormente se pelaron cáusticamente por inmersión en una solución de hidróxido de sodio al 6.25% (p/v) durante 90 segundos. A continuación se retiraron de la solución caliente y se enjuagaron con agua

corriente, para ser sumergidos en una solución de ácido cítrico al 1% (p/v), con la finalidad de eliminar la sosa residual. Enseguida se picaron los frutos, procurando tener un tamaño similar de trozos (aproximadamente 1 cm^3), y se procedió al escaldado, por inmersión durante tres minutos en agua hirviendo, seguida de una inmersión por cinco minutos en agua purificada con hielo. Para el caso del puré de durazno, una vez terminada la etapa anterior, se procedió al pulpeado mediante la utilización de una batidora de inmersión marca Ester de 250 W. Entonces, se ajustó en el puré y en el durazno en trozos, el pH y la a_w por adición directa tanto de ácido cítrico como de sacarosa. Con este último paso, se terminó la transformación de los sistemas control (puré de durazno o durazno en trozos, sin antimicrobiano); por su parte, en aquellos sistemas adicionados con antimicrobiano, el último paso consistió en añadir el antimicrobiano correspondiente (sorbato de potasio, benzoato de sodio, vainillina o aldehído cinámico) en proporciones de 500 ó 1000 ppm.

El puré de durazno fue envasado en bolsas de plástico, herméticamente selladas, inmediatamente después de finalizar el tratamiento por métodos combinados; por su parte los trozos de durazno, se envasaron en frascos de vidrio previamente esterilizados, 24 horas después del tratamiento por métodos combinados, tiempo necesario para lograr el equilibrio (a_w=0.97) y favorecer una adecuada homogenización en los trozos de durazno.

La transformación de durazno fresco en durazno conservado por métodos combinados, tuvo un rendimiento de 49.75% y 66.35%, para el puré de durazno y el durazno en trozos, respectivamente; las diferencias entre ambos rendimientos, se debe al tamaño del durazno empleado, ya que el durazno utilizado durante la elaboración de puré y durazno en trozos, se adquirió en meses diferentes (enero y marzo, respectivamente).

6.3 Almacenamiento del durazno conservado por métodos combinados

Ya envasado el durazno conservado por métodos combinados, se procedió a su almacenamiento a temperatura ambiente, con la finalidad de conocer su estabilidad; el período de estudio fue de ocho semanas para el puré y de cinco semanas para el durazno en trozos. Los parámetros evaluados fueron pH, acidez, ºBx, color y crecimiento microbiano (mesófilos aerobios, mohos y levaduras).

6.3.1 Crecimiento microbiano en el puré de durazno: mesófilos aerobios

Se analizó el efecto de cuatro tipos de antimicrobianos, en dos concentraciones diferentes (500 y 1000 ppm), sobre la flora microbiana nativa de puré de durazno conservado por métodos combinados (pH=3.5 y a_w=0.97). Los resultados expresan el crecimiento semanal de bacterias mesofílicas aerobias (BMA) como función de las variables de estudio: antimicrobiano y concentración.

Los antimicrobianos estudiados se numeraron del dos al cinco: sorbato de potasio (2), benzoato de sodio (3), vainillina (4) y aldehído cinámico (5); con la finalidad de facilitar el análisis estadístico (ANOVA con 95% de confianza) mediante el programa MINITAB 14; durante la comparación estadística se omitió el estudio del sistema uno o puré de durazno control, ya que el mismo no presenta tratamiento con antimicrobiano, tan sólo posee condiciones de pH=3.5 y a_w=0.97, por adición de ácido cítrico y sacarosa, respectivamente.

Como puede observarse en la Figura 7, el puré de durazno control es microbiológicamente estable durante la primera semana de almacenamiento a temperatura ambiente; para éste puré en particular, el análisis se realizó únicamente por cinco semanas, ya que el alimento presentó fermentación después de cuatro semanas de almacenamiento, como consecuencia de un elevado crecimiento microbiano.

En las Figuras 9 y 11 se muestra la evolución de los purés de durazno adicionados con 500 y 1000 ppm de sorbato de potasio, éstos presentan mayor estabilidad microbiana en comparación con el puré control, sin embargo presentan ligero crecimiento microbiano a partir de la tercera semana de almacenamiento a temperatura ambiente; a pesar de ello, el desarrollo de mesófilos sólo es significativo ($P \leq 0.05$) a partir de la séptima semana de estudio (Apéndie B). Los resultados obtenidos para el puré de durazno tratado con 1000 ppm de sorbato de potasio, difieren de los reportados por Argaíz, *et al.* (1993), pues los autores obtuvieron inhibición microbiana durante 80 días de almacenamiento; la diferencia puede atribuirse a una menor carga microbiana en la flora nativa del durazno utilizado por los autores, así como al empleo de sulfitos, que actuando sinérgicamente con el sorbato de potasio, inhiben el desarrollo microbiano por un tiempo mayor.

La estabilidad microbiológica de los purés constituidos por 500 y 1000 ppm de benzoato de sodio (Figuras 13 y 15), muestran ser microbiológicamente estables durante cinco semanas de almacenamiento a temperatura ambiente. Un comportamiento similar

se tiene para el puré que contiene 1000 ppm de aldehído cinámico (Figura 23) o vainillina (Figura 19); él último concuerda con lo citado por Castañón *et al.* (1999) para puré de plátano, en el cual no se obtuvo total inhibición microbiana mediante la adición de 1000 ppm de vainillina, pero si se consiguió desacelerar la velocidad de crecimiento. Por su parte, la adición de 500 ppm vainillina al puré de durazno (Figura 17) presenta muy poca efectividad contra el crecimiento de mesófilos aerobios, resultando ser significativamente diferente durante las primeras cinco semanas de almacenamiento; lo anterior coincide con lo estipulado por López-Malo *et al*. (1995), en cuanto al hecho de que la vainillina, como antimicrobiano, debe ser empleada en concentraciones mayores a las utilizadas con antimicrobianos convencionales, para lograr una efectividad similar.

En cuanto al puré de durazno tratado con 500 ppm de aldehído cinámico (Figura 21), este presenta estabilidad microbiana sólo durante la primera semana de almacenamiento, sin embargo la velocidad de crecimiento microbiano disminuye considerablemente, de tal forma que la mayor carga microbiana se obtiene a la sexta semana de estudio, al igual que lo hacen los purés de durazno antes mencionados.

Figura 6. Puré de durazno control (sin antimicrobiano, pH=3.5, a_w=0.97)

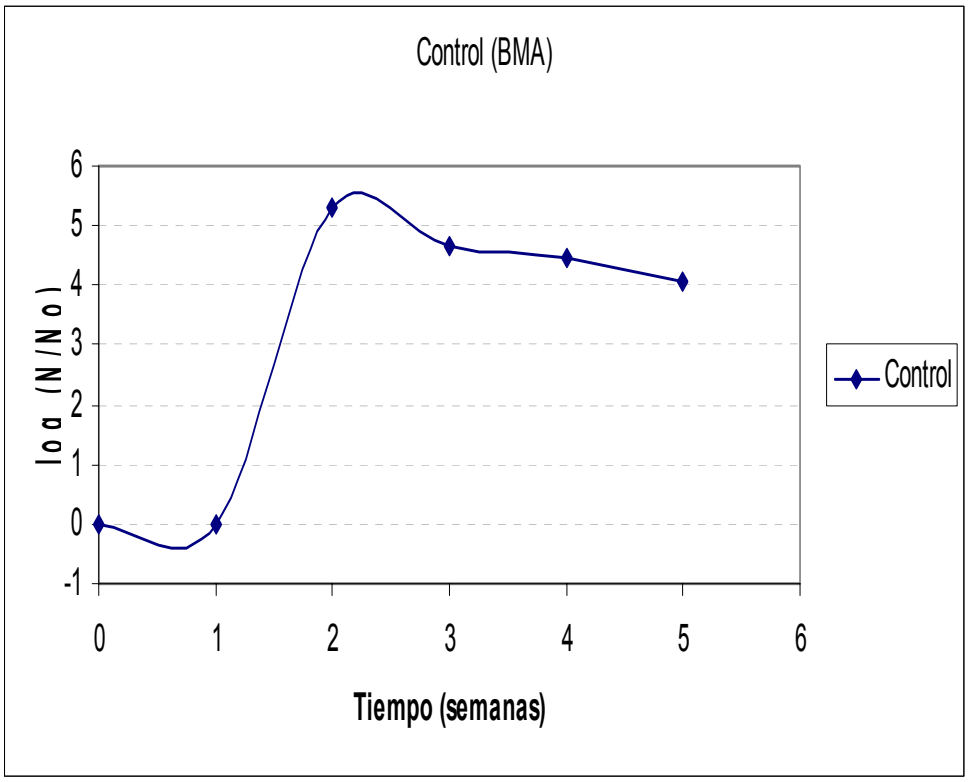

Figura 7. Desarrollo de bacterias mesofílicas aerobias (BMA) en el puré de durazno control (sin antimicrobiano, pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana del puré a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

Figura 8. Puré de durazno tratado con 500 ppm de sorbato de potasio (pH=3.5, a_w=0.97)

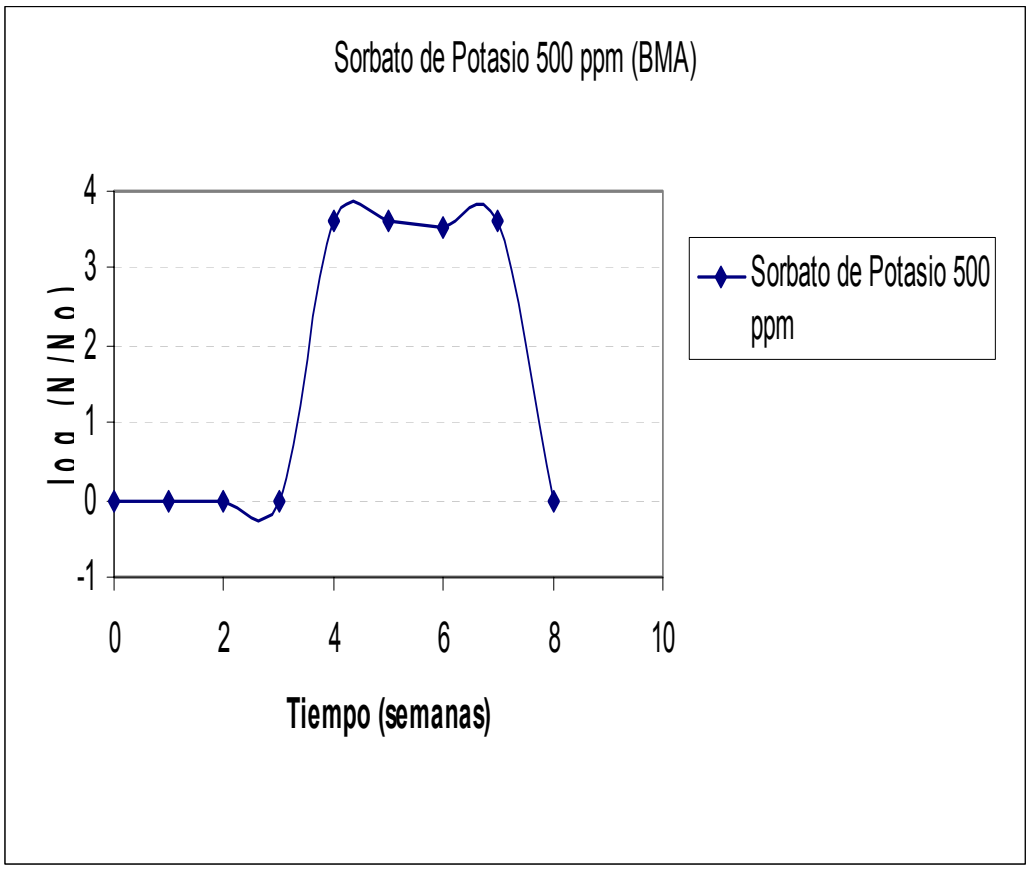

Figura 9. Desarrollo de bacterias mesofílicas aerobias (BMA) en el puré de durazno tratado con 500 ppm de sorbato de potasio (pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana del puré a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

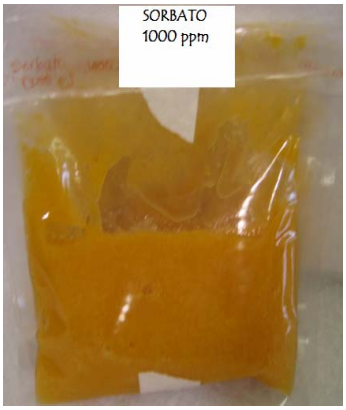

Figura 10. Puré de durazno tratado con 1000 ppm de sorbato de potasio (pH=3.5, a_w=0.97)

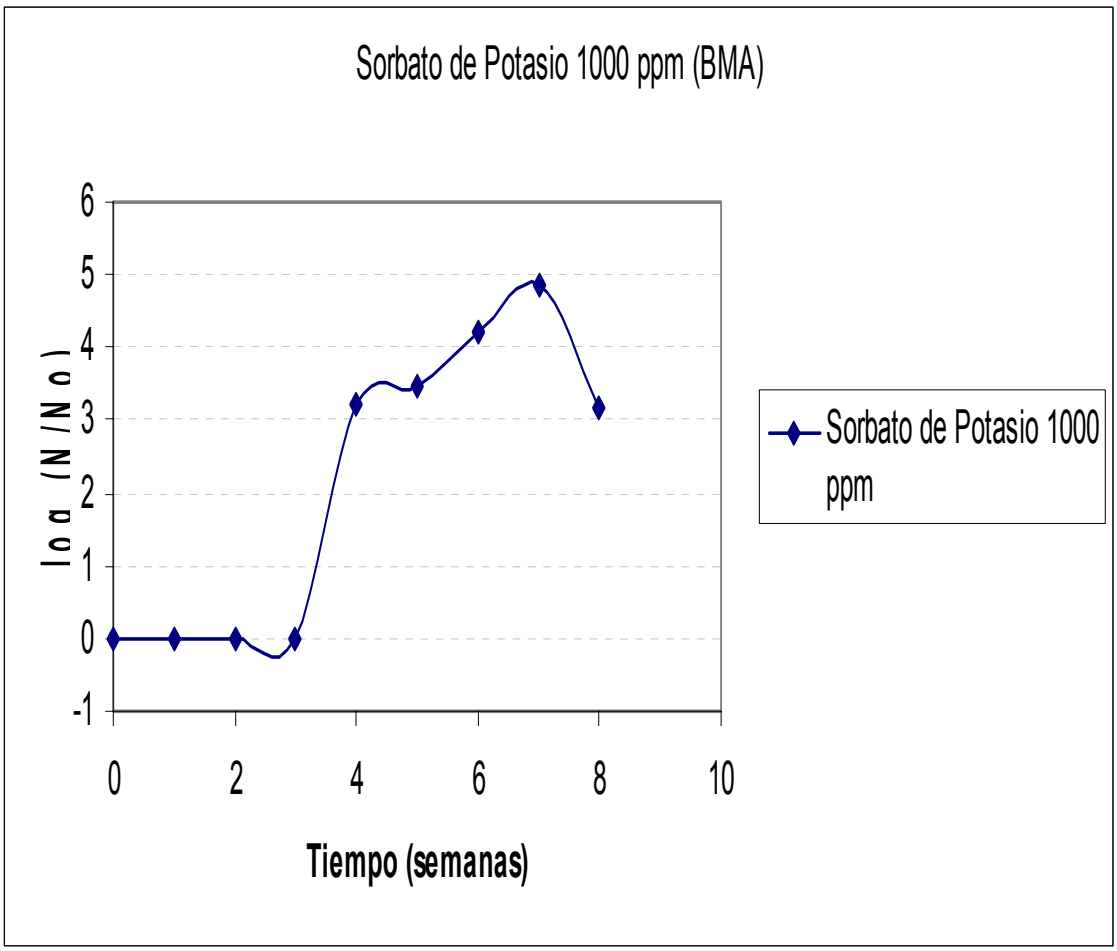

Figura 11. Desarrollo de bacterias mesofílicas aerobias (BMA) en el puré de durazno tratado con 1000 ppm de sorbato de potasio (pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana del puré a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

Figura 12. Puré de durazno tratado con 500 ppm de benzoato de sodio (pH=3.5, a_w=0.97)

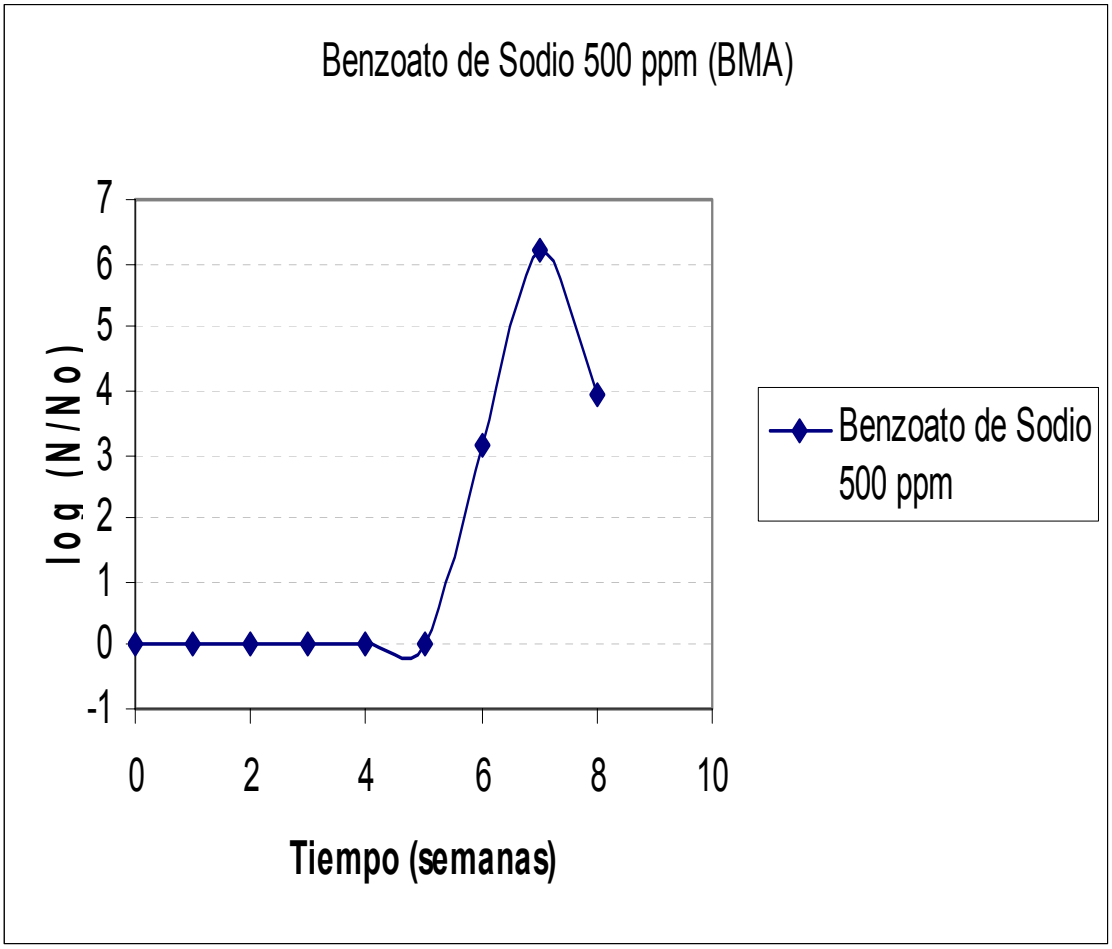

Figura 13. Desarrollo de bacterias mesofílicas aerobias (BMA) en el puré de durazno tratado con 500 ppm de benzoato de sodio (pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana del puré a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

Figura 14. Puré de durazno tratado con 1000 ppm de benzoato de sodio (pH=3.5, a_w=0.97)

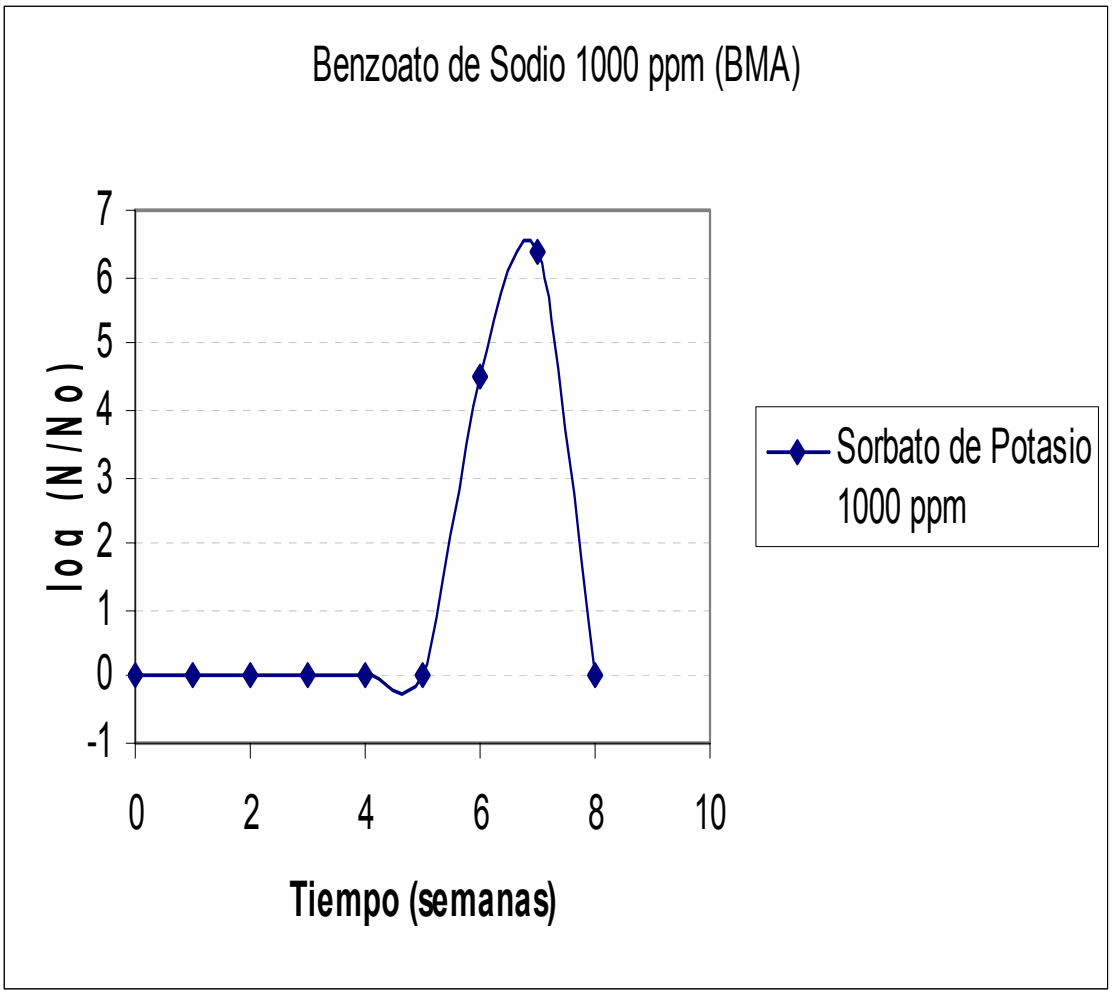

Figura 15. Desarrollo de bacterias mesofílicas aerobias (BMA) en el puré de durazno tratado con 1000 ppm de benzoato de sodio (pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana del puré a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

Figura 16. Puré de durazno tratado con 500 ppm de vainillina (pH=3.5, a_w=0.97)

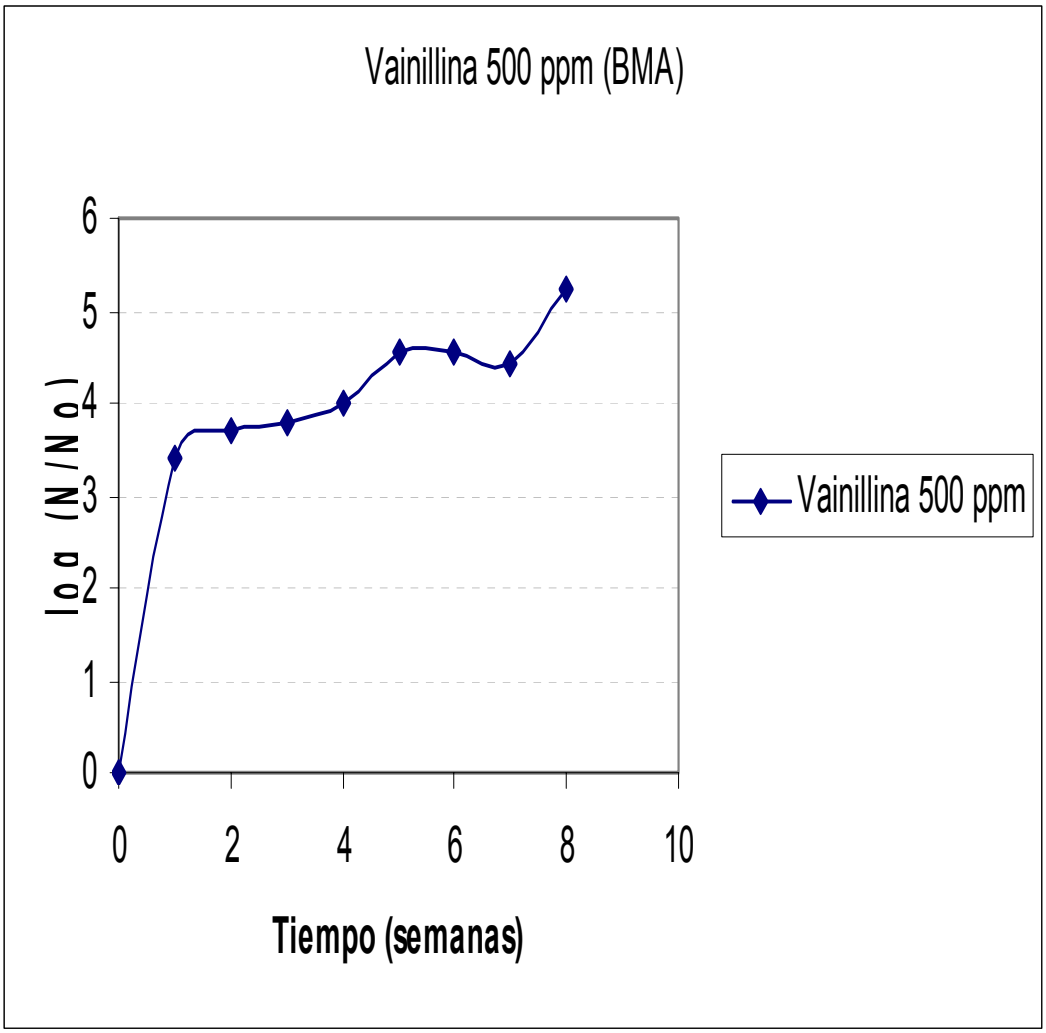

Figura 17. Desarrollo de bacterias mesofílicas aerobias (BMA) en el puré de durazno tratado con 500 ppm de vainillina (pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana del puré a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

Figura 18. Puré de durazno tratado con 1000 ppm de vainillina (pH=3.5, a_w=0.97)

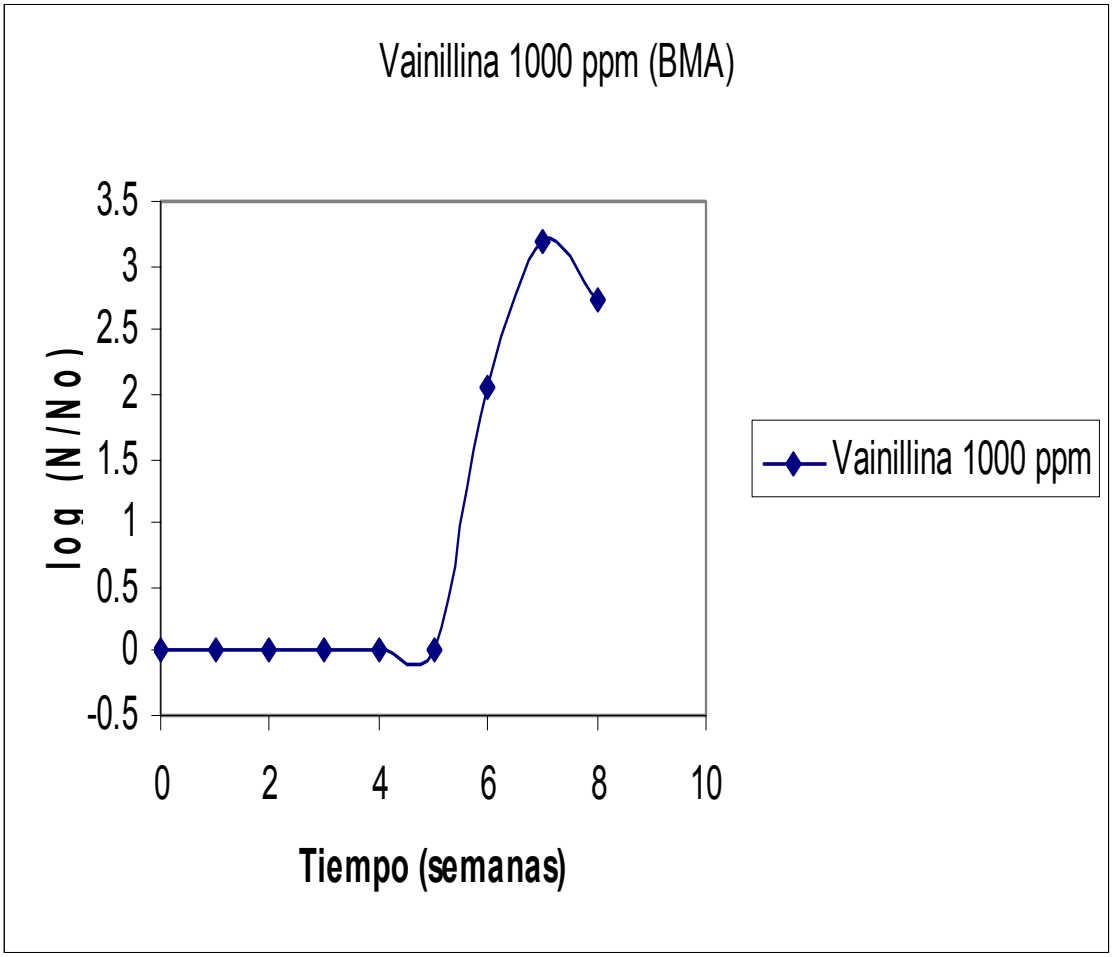

Figura 19. Desarrollo de bacterias mesofílicas aerobias (BMA) en el puré de durazno tratado con 1000 ppm de vainillina (pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana del puré a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

Figura 20. Puré de durazno tratado con 500 ppm de aldehído cinámico (pH=3.5, a_w=0.97)

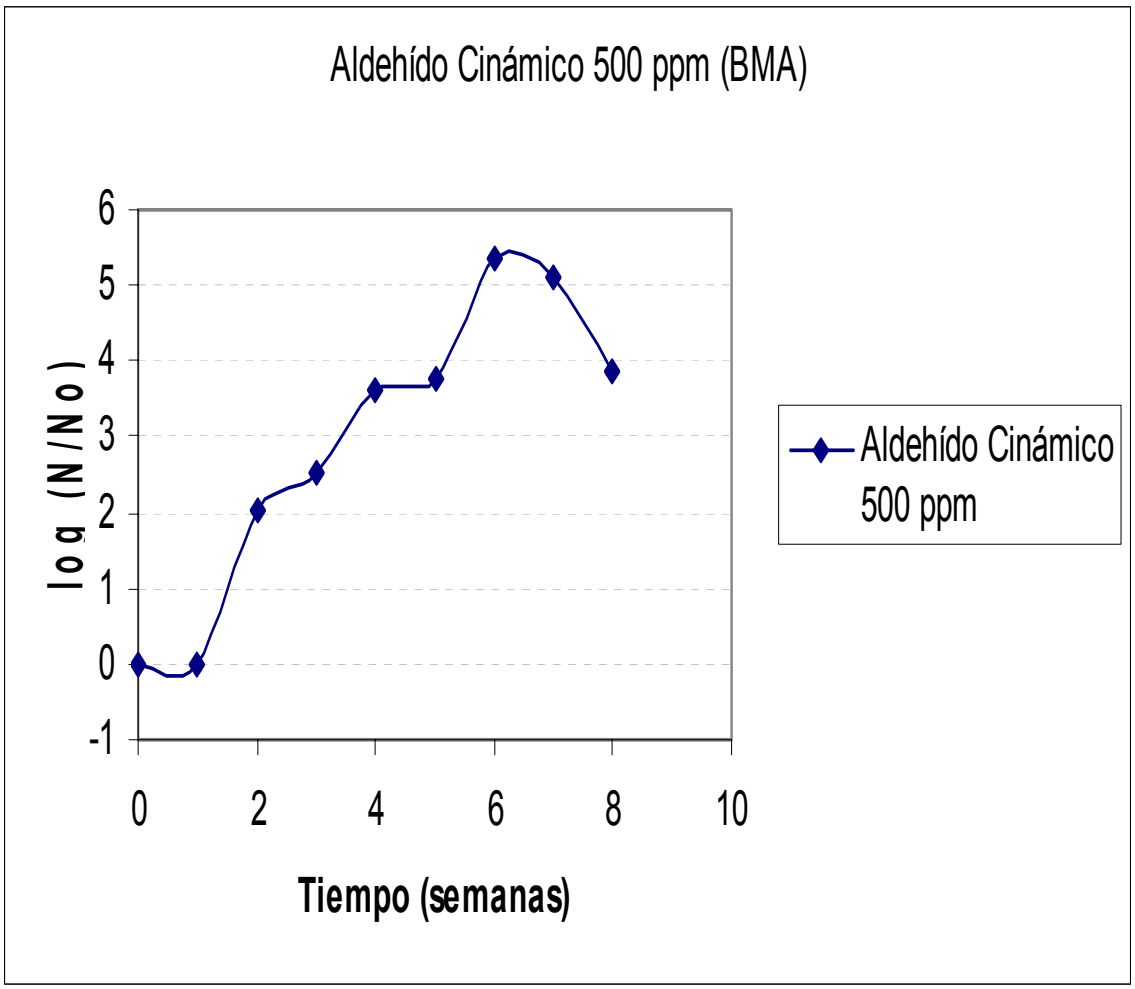

Figura 21. Desarrollo de bacterias mesofílicas aerobias (BMA) en el puré de durazno tratado con 500 ppm de aldehído cinámico (pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana del puré a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

Figura 22. Puré de durazno tratado con 1000 ppm de aldehído cinámico (pH=3.5, a_w=0.97)

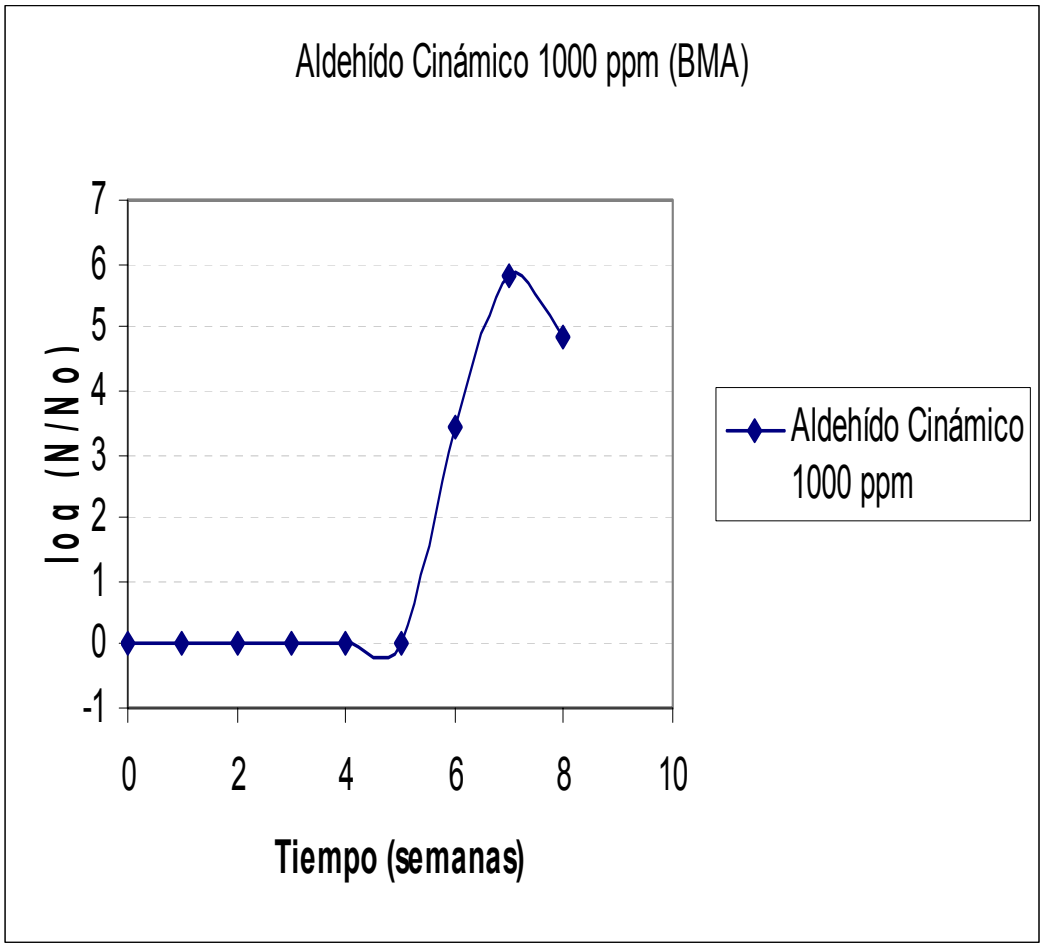

Figura 23. Desarrollo de bacterias mesofílicas aerobias (BMA) en el puré de durazno tratado con 1000 ppm de aldehído cinámico (pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana del puré a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

6.3.2 Crecimiento microbiano en el puré de durazno: mohos y levaduras

Paralelamente al caso de bacterias mesofílicas aerobias, se analizó el desarrollo de mohos y levaduras sobre el puré de durazno conservado por métodos combinados. Los resultados confirman que el tratamiento es efectivo contra el desarrollo de mohos para cualquier antimicrobiano en cualquiera de las dos concentraciones probadas (500 y 1000 ppm), pues ningún puré presentó crecimiento durante las ocho semanas de almacenamiento a temperatura ambiente; la explicación al fenómeno anterior, es consecuencia de una mayor sensibilidad por parte de los mohos, al tratamiento térmico (escaldado) aplicado al fruto.

Por otra parte, se encontró que la mayoría de los sistemas estudiados, son efectivos contra el desarrollo de levaduras, pues a excepción del puré control y el puré adicionado con 500 ppm de vainillina o aldehído cinámico, todos mostraron estabilidad microbiana durante seis semanas de almacenamiento (Figuras 24 a 32). Lo anterior coincide con los datos analizados estadísticamente (Apéndie C), pues en ellos se refleja que los únicos purés diferentes ($P \leq 0.05$) son los constituidos por: 500 ppm de vainillina, durante las primeras cinco semanas, ó 500 ppm de aldehído cinámico, a partir de la quinta semana.

Los resultados emanados para el durazno tratado con 500 ppm de vainillina o aldehído cinámico concuerdan con lo reportado en la literatura, donde Tapia de Daza *et al.* (1995) reportan crecimiento de *Zygosaccharomyces bailii* en papaya y mango, conservado por la tecnología de barreras (a_w=0.97, pH=3.5, con 150 ppm de sulfito de sodio y 1000 ppm de sorbato de potasio), ello debido a que ciertas levaduras son capaces de adaptarse a condiciones extremas como bajos pH y reducida a_w, además de presentar resistencia al tratamiento térmico así como a los sulfitos y al ácido sórbico o benzoico (Thomas & Davenport, 1985).

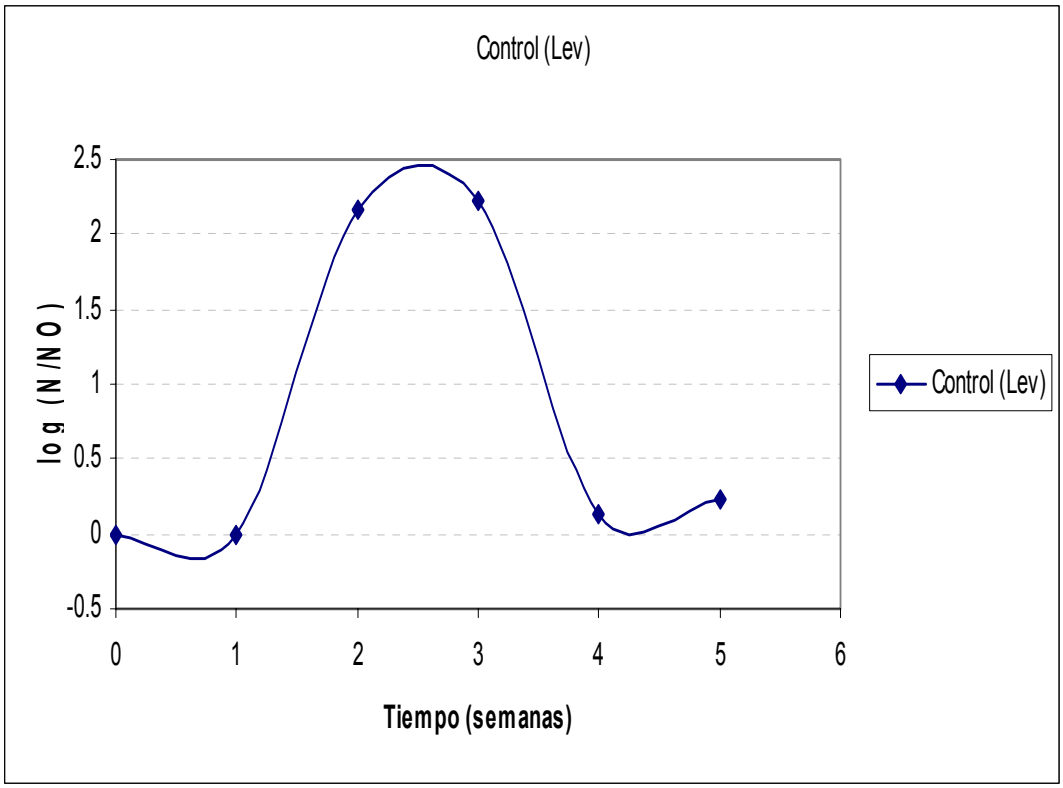

Figura 24. Desarrollo de levaduras (Lev) en el puré de durazno control (sin antimicrobiano, pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana del puré a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

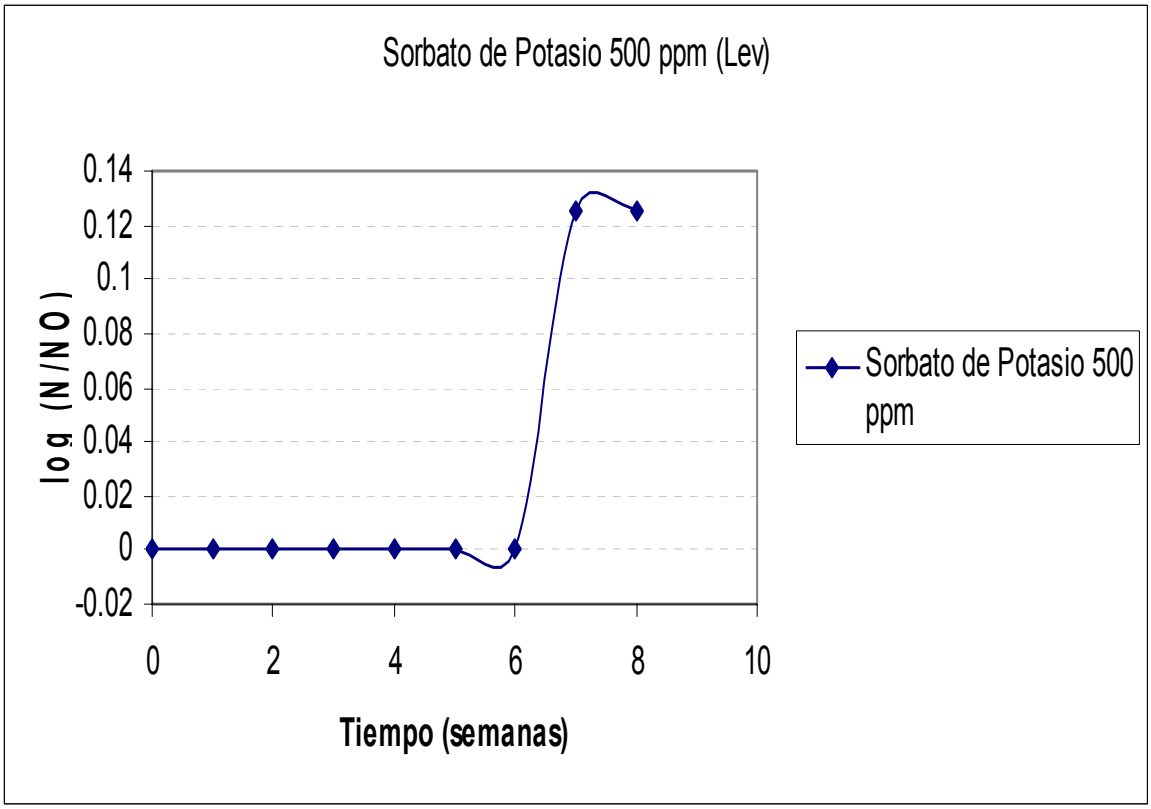

Figura 25. Desarrollo de levaduras (Lev) en el puré de durazno tratado con 500 ppm de sorbato de potasio (pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana del puré a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

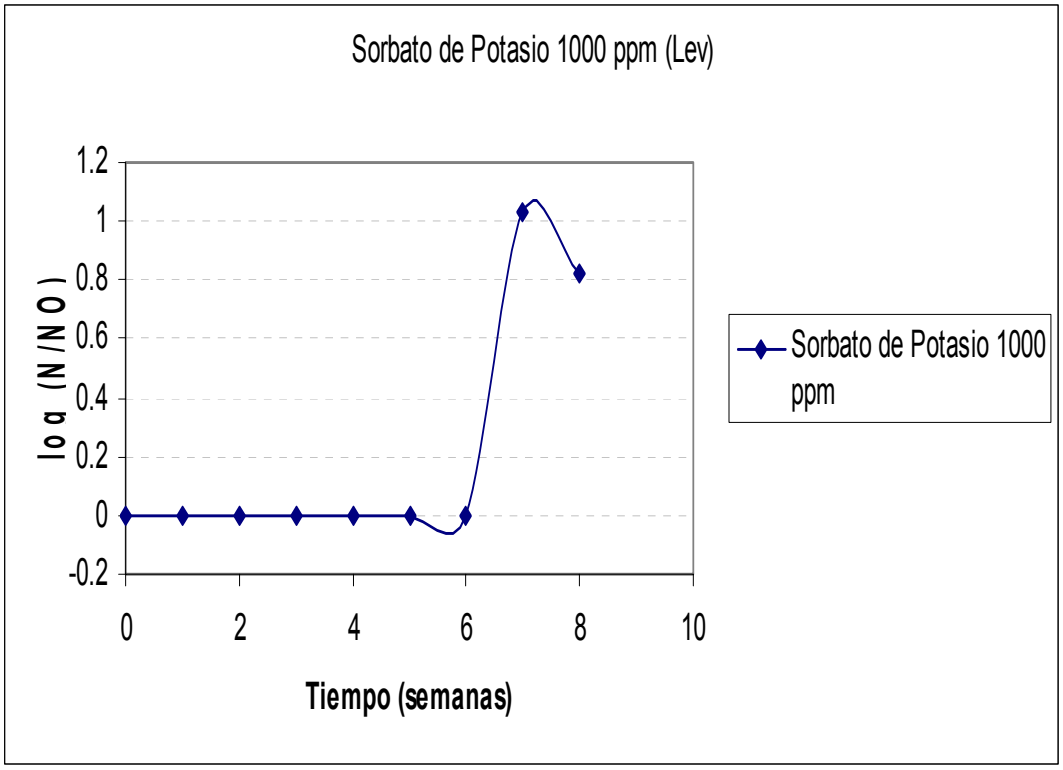

Figura 26. Desarrollo de levaduras (Lev) en el puré de durazno tratado con 1000 ppm de sorbato de potasio (pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana del puré a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

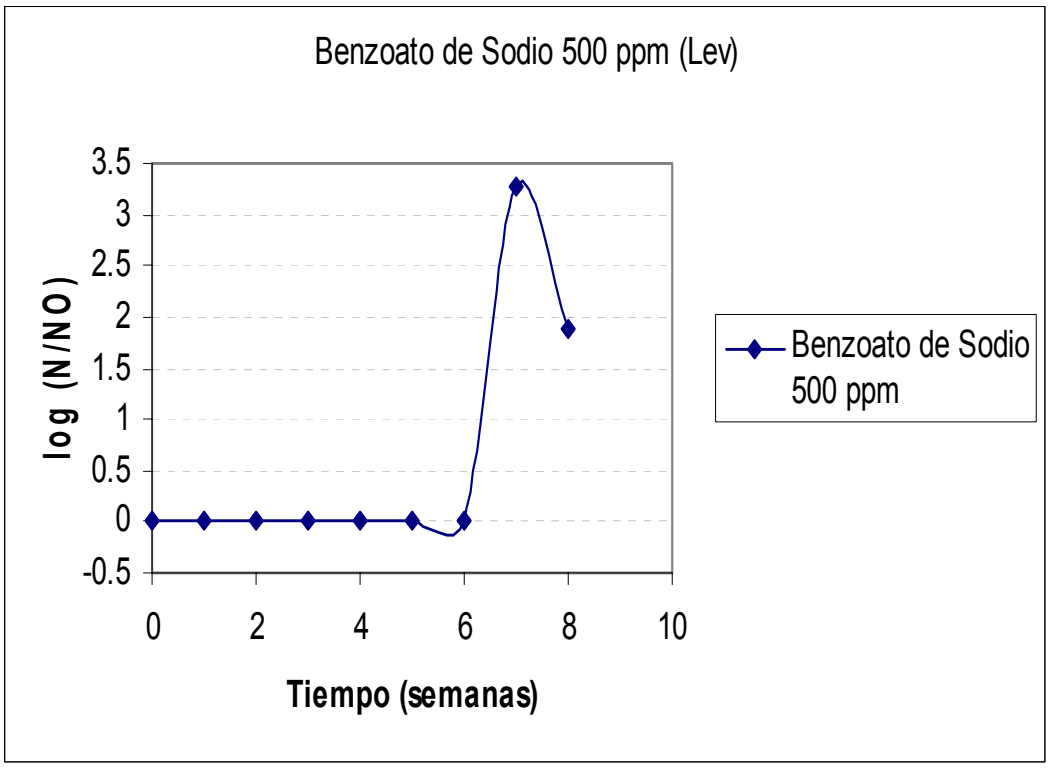

Figura 27. Desarrollo de levaduras (Lev) en el puré de durazno tratado con 500 ppm de benzoato de sodio (pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana del puré a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

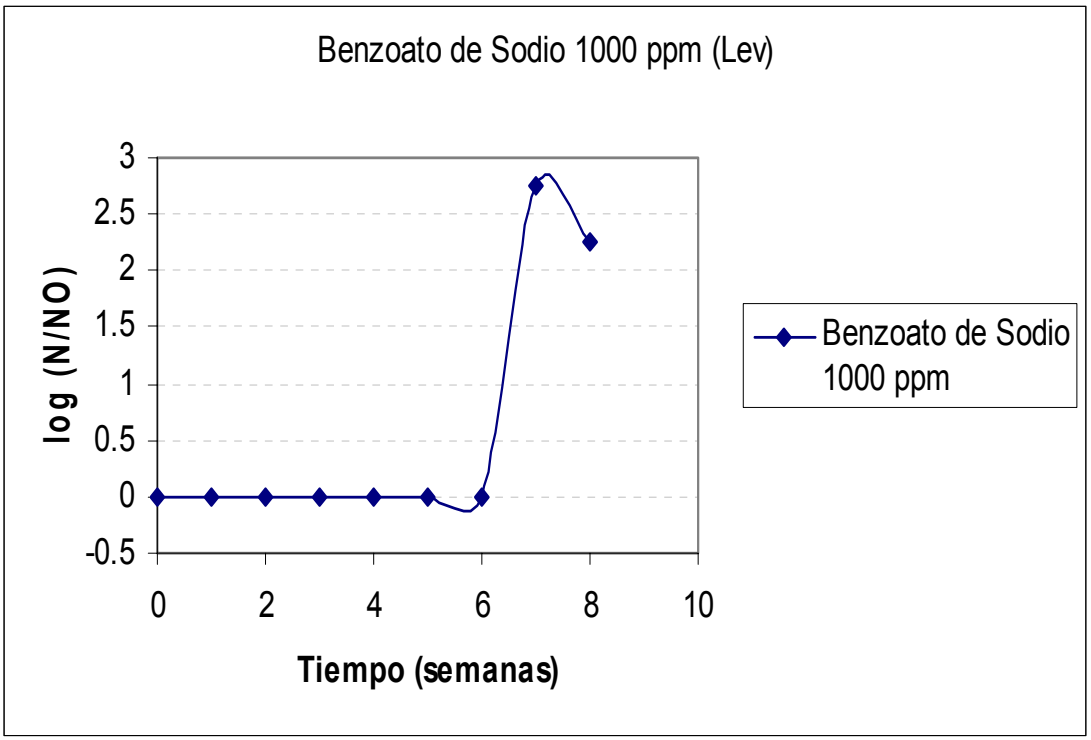

Figura 28. Desarrollo de levaduras (Lev) en el puré de durazno tratado con 1000 ppm de benzoato de sodio (pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana del puré a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

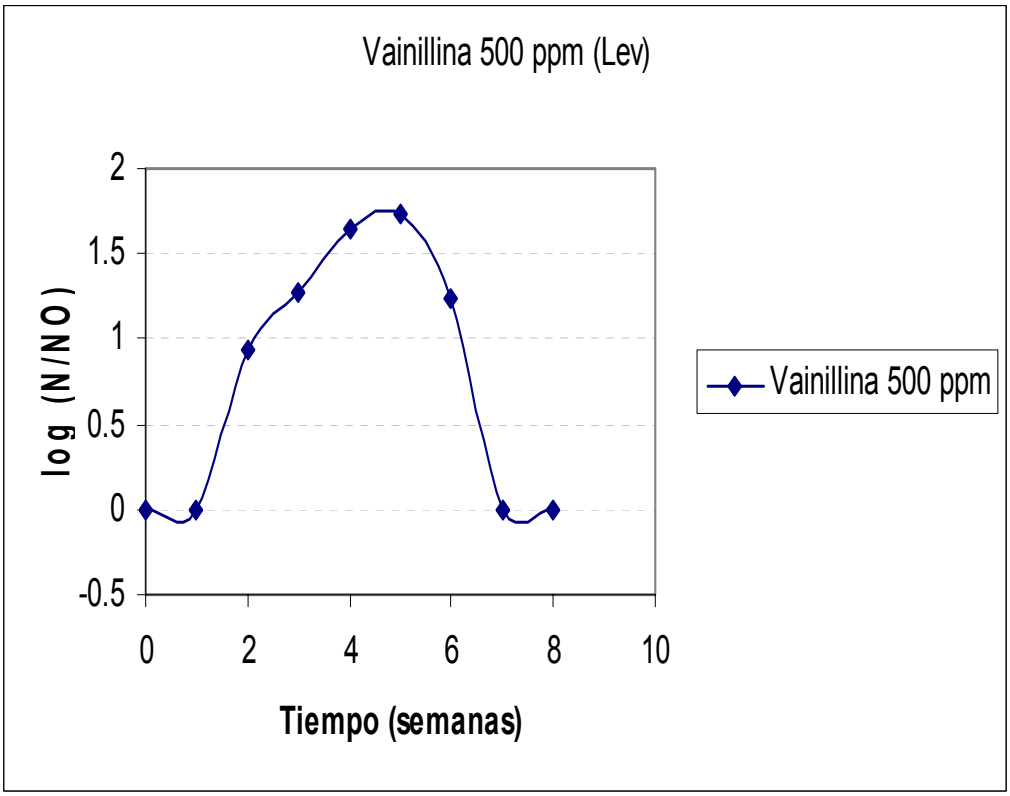

Figura 29. Desarrollo de levaduras (Lev) en el puré de durazno tratado con 500 ppm de vainillina (pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana del puré a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

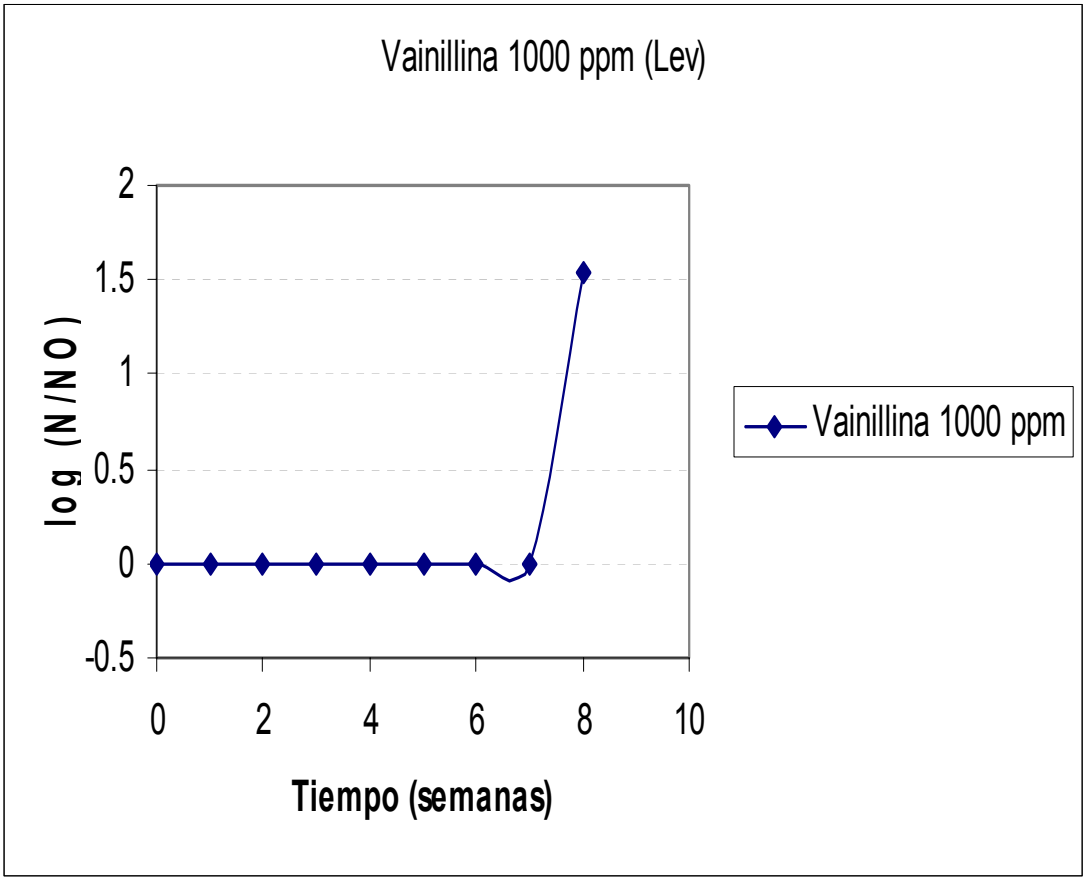

Figura 30. Desarrollo de levaduras (Lev) en el puré de durazno tratado con 1000 ppm de vainillina (pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana del puré a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

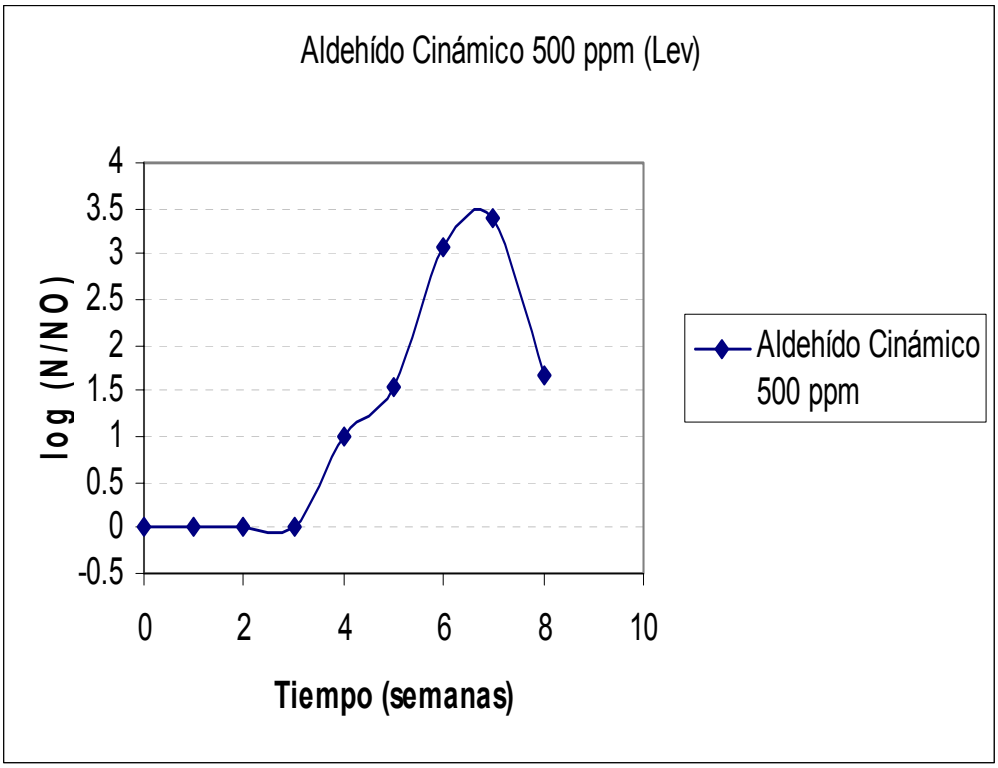

Figura 31. Desarrollo de levaduras(Lev) en el puré de durazno tratado con 500 ppm de aldehído cinámico (pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana del puré a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

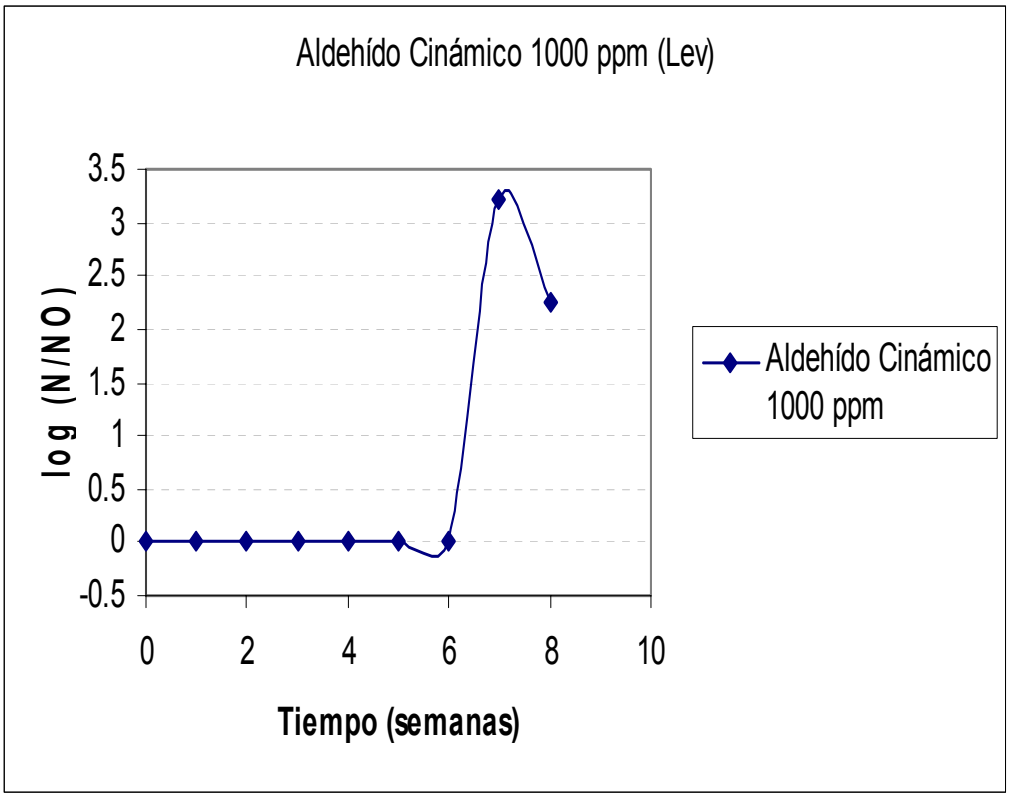

Figura 32. Desarrollo de levaduras (Lev) en el puré de durazno tratado con 1000 ppm de aldehído cinámico (pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana del puré a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

6.3.3 Evolución del pH, acidez, ºBx y color en el puré de durazno

Durante el almacenamiento del puré de durazno conservado por métodos combinados, tanto el pH (Figura 33) como la acidez de todos los purés, se mantuvieron constantes en 3.0 ± 0.094 y 0.07 ± 0.01, respectivamente. Por su parte los ºBx no presentaron alteraciones en los purés que contenían 500 y 1000 ppm, tanto de sorbato de potasio como de benzoato de sodio; mientras que los purés restantes presentaron una disminución en los sólidos solubles, como consecuencia de una fermentación causada por crecimiento microbiano (Figura 34). Para el caso de los purés con por 500 y 1000 ppm de aldehído cinámico, la constancia en los ºBx se relaciona a su estabilidad microbiológica, ya que las alteraciones se presentan a partir de la sexta semana de almacenamiento.

Respecto al color de los purés de durazno, los parámetros evaluados fueron: L_h, a_h, b_h y ΔE. De éstos, el parámetro a_h (plano rojo-verde) no mostró variaciones durante el almacenamiento, a excepción del puré control y el que contenía por 500 ppm de vainillina (Figura 35), los cuales disminuyeron con el paso del tiempo. Por su parte, los parámetros b_h (plano amarillo-azul) y el L_h (luminosidad) presentaron una tendencia similar entre ellos, pues tuvieron una ligera disminución en sus valores; las excepciones a dicha tendencia fueron los purés control y el que tenía por 500 ppm de vainillina (Figura 36 y 37). La disminución en la luminosidad del durazno conservado por métodos combinados, se traduce en un tenue oscurecimiento de la fruta conforme transcurre el tiempo, sin embargo, dicho cambio no es perceptible al ojo humano; en cuanto al cambio neto de color (ΔE), la Figura 38 muestra importantes cambios para los purés control y los que contenían 500 ppm de vainillina o aldehído cinámico, además se observa que el cambio de mayor importancia se obtiene al inicio como consecuencia de la transformación de la fruta por la tecnología de barreras.

Las tendencias de color, previamente mencionadas, son análogas a lo reportado por Corona (2000) durante el almacenamiento de trozos de durazno conservado por métodos combinados, en los cuales utilizó como antimicrobiano, 1000 ppm de sorbato de potasio, en combinación con 300 ppm de sulfitos.

Por ende, se confirma que el puré de durazno conservado por métodos combinados es estable por un tiempo aproximado de cinco semanas; con ello resulta factible para ser empleado, a corto plazo, como materia prima en la elaboración de productos de fruta de humedad intermedia.

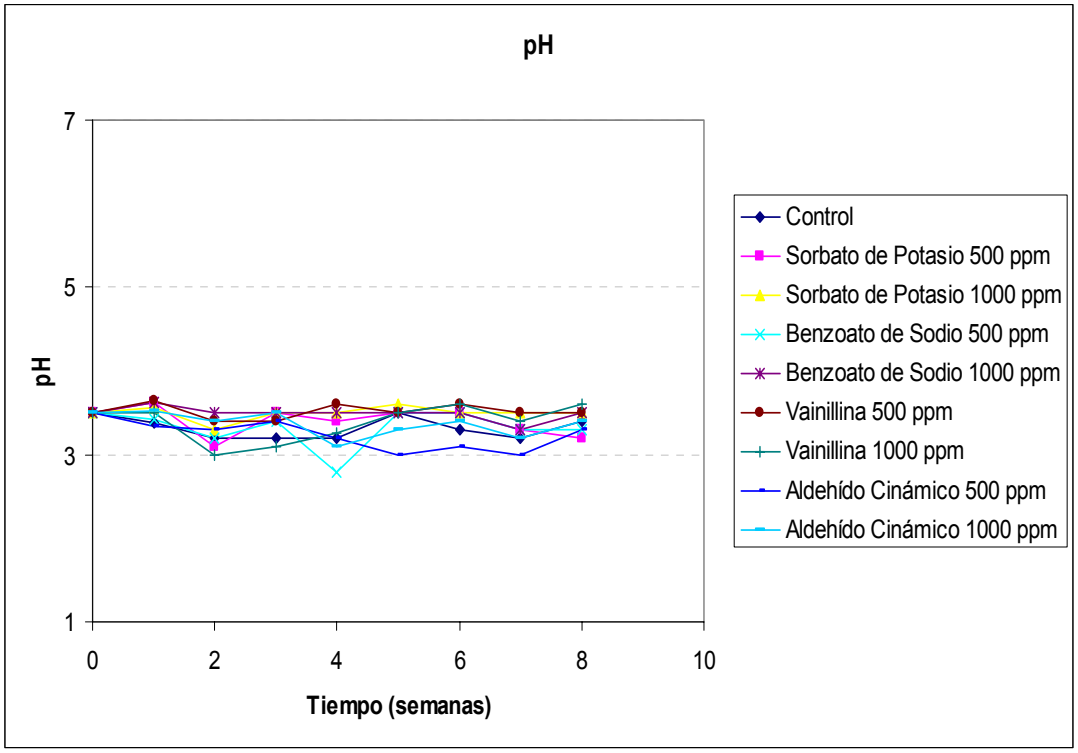

Figura 33. Evolución del pH en puré de durazno conservado por métodos combinados (pH=3.5, a_w=0.97)

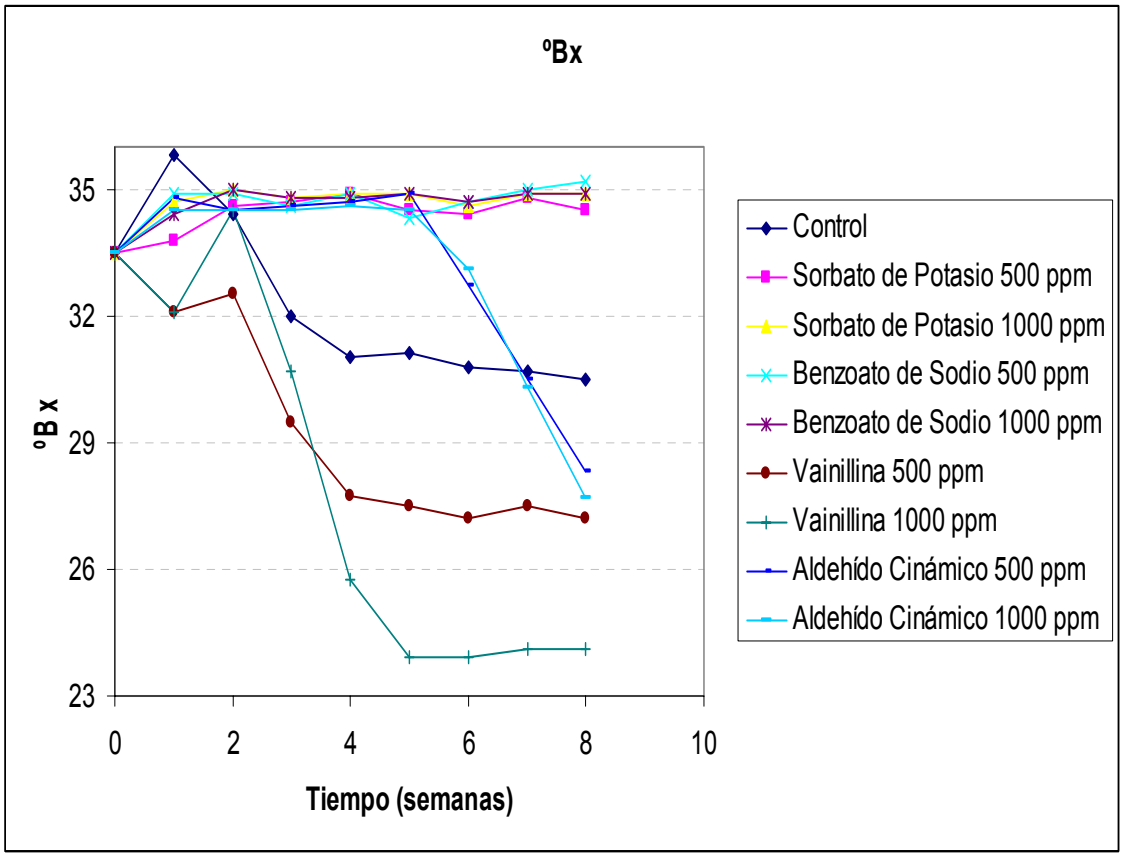

Figura 34. Evolución de los ºBx en puré de durazno conservado por métodos combinados (pH=3.5, a_w=0.97)

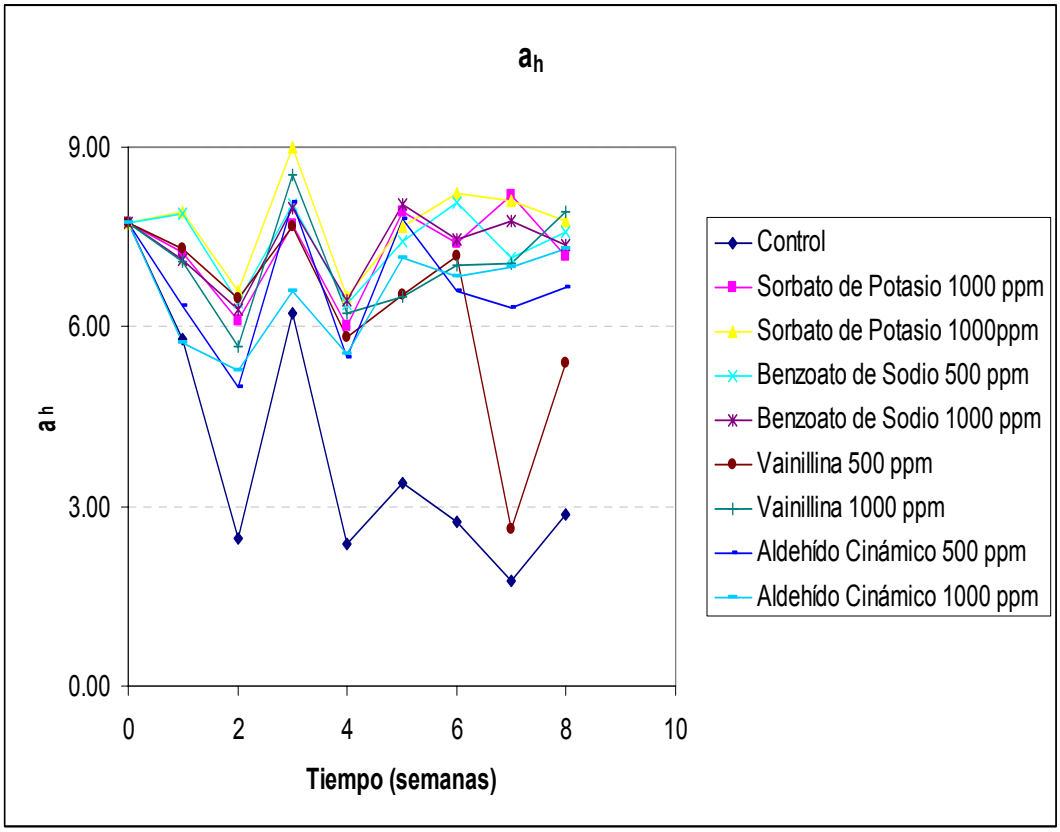

Figura 35. Evolución del parámetro a_h en puré de durazno conservado por métodos combinados (pH=3.5, a_w=0.97)

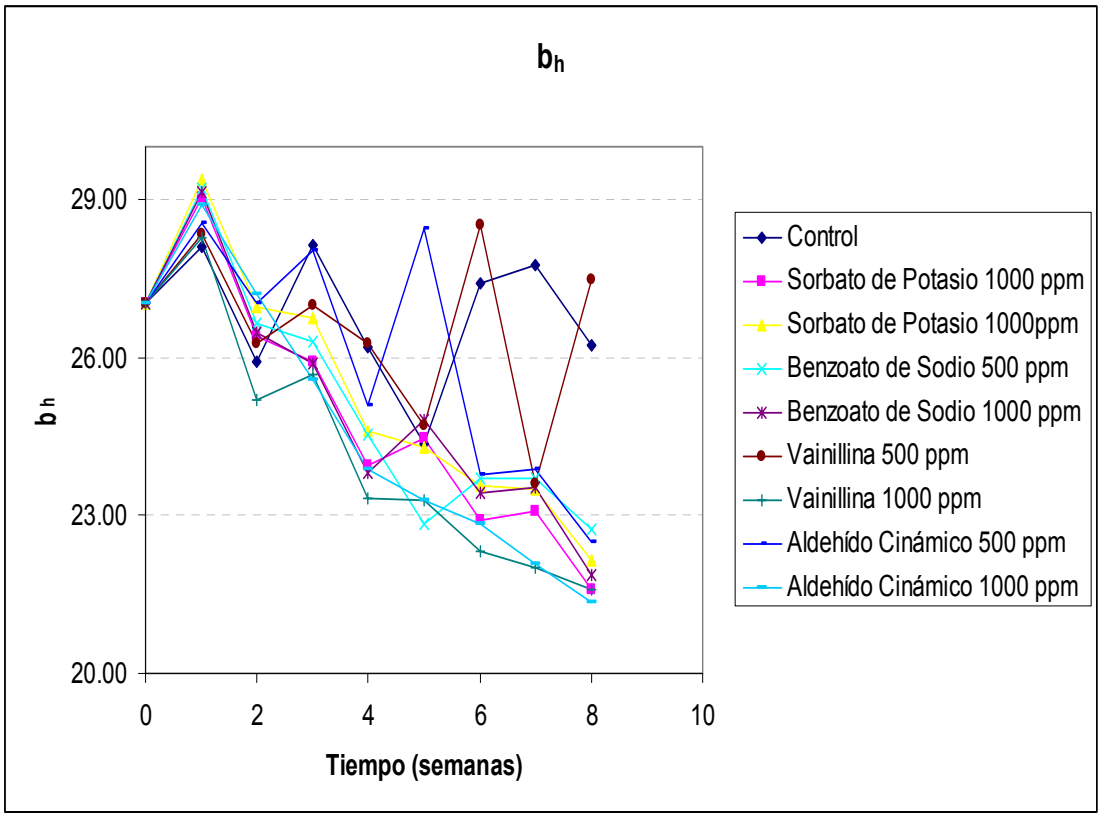

Figura 36. Evolución del parámetro b_h en puré de durazno conservado por métodos combinados ($pH=3.5$, $a_w=0.97$)

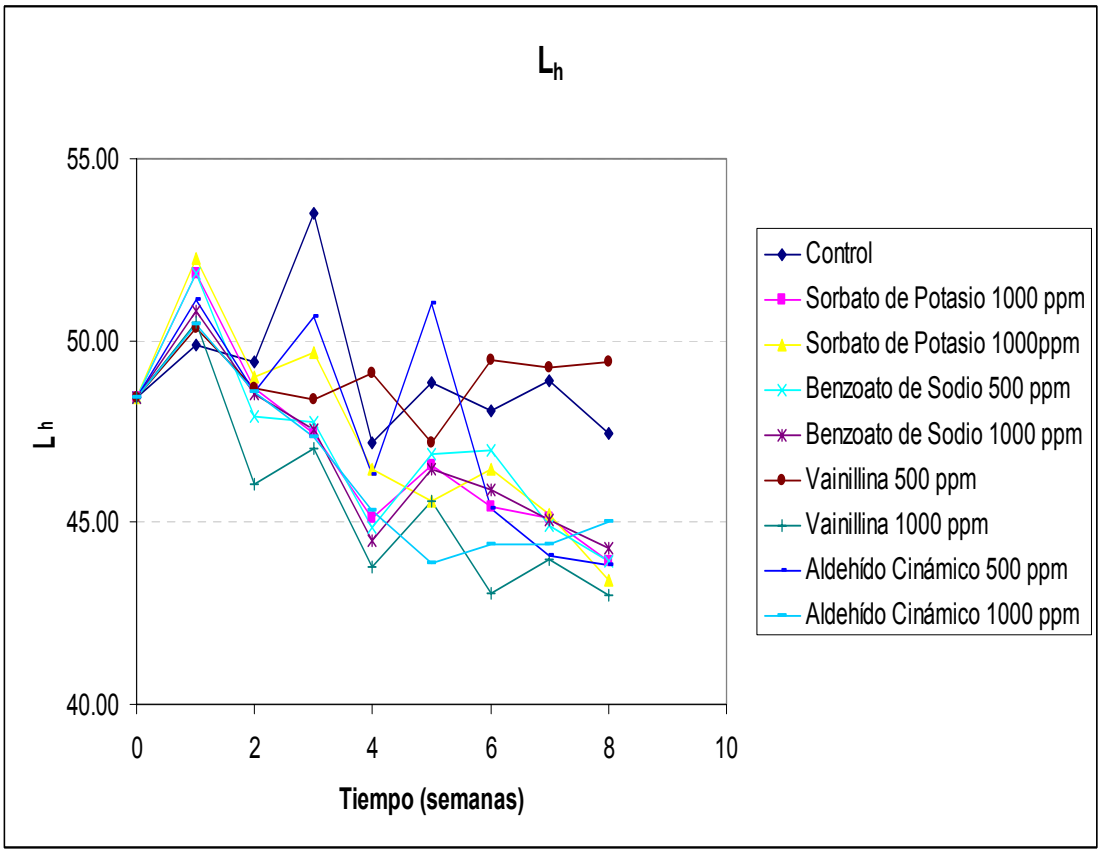

Figura 37. Evolución del parámetro L_h en puré de durazno conservado por métodos combinados ($pH=3.5$, $a_w=0.97$)

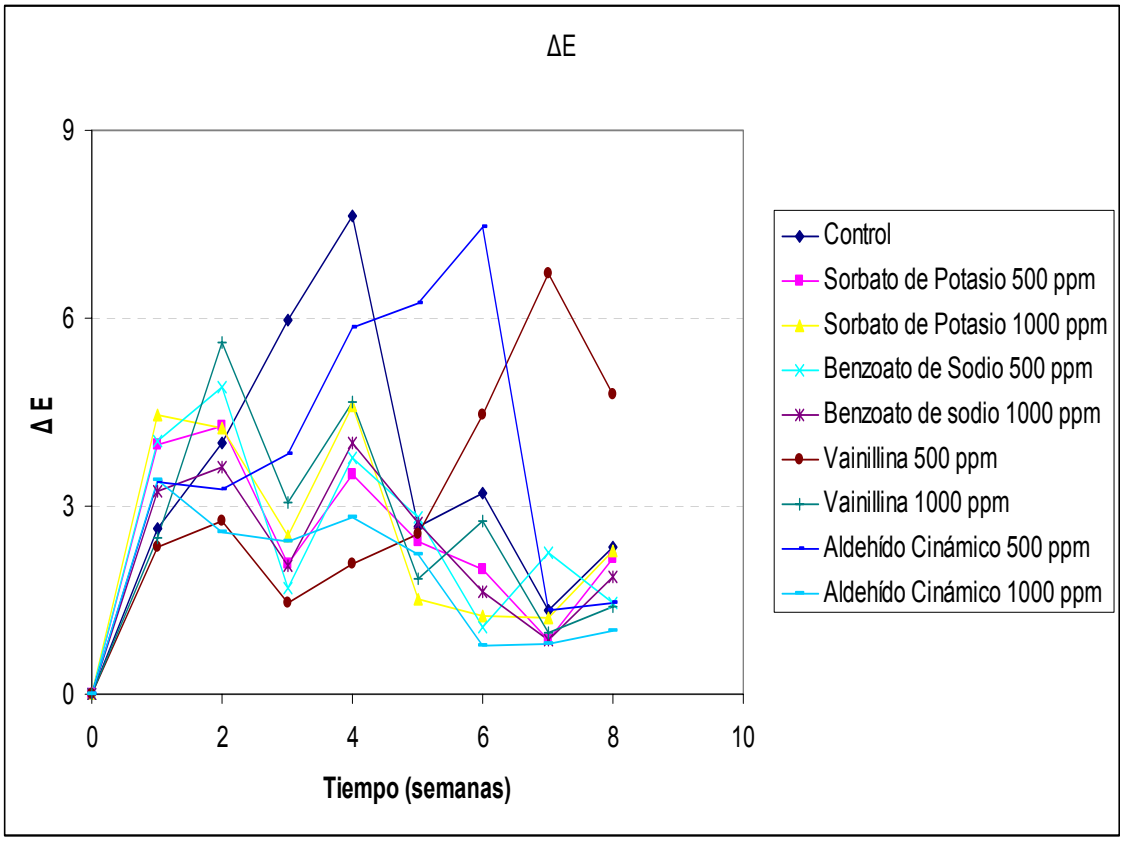

Figura 38. Cambio neto de color (ΔE) en puré de durazno conservado por métodos combinados ($pH=3.5$, $a_w=0.97$)

6.3.4 Crecimiento microbiano en trozos de durazno: mesófilos aerobios

Análogo al estudio realizado con puré de durazno, se analizó el efecto, sobre el desarrollo de mesófilos aerobios en trozos de durazno conservado por métodos combinados, de 1000 ppm de sorbato de potasio, benzoato de sodio, vainillina o aldehído cinámico.

Los resultados obtenidos muestran estabilidad microbiana, al menos por cinco semanas de almacenamiento a temperatura ambiente, para los trozos que contenían sorbato de potasio y benzoato de sodio; mientras que para el durazno adicionado con aldehído cinámico, se obtiene inhibición por tan sólo cuatro semanas de estudio (Figuras 39 a 44). Se demuestra entonces, una efectividad similar entre el sorbato de potasio y el benzoato de sodio, corroborándose dicha información con lo citado por Jay (1992), acerca de una efectividad semejante entre dichos antimicrobianos a pH 3.0 o inferior. Respecto al comportamiento del durazno adicionado con aldehído cinámico, se obtiene un comportamiento parecido al reportado por Roller y Seedhar (2002) quienes lograron una reducción de los recuentos de microorganismos viables en kiwi así como una extensión de la fase lag en la flora microbiana natural de melón fresco recién cortado.

Por su parte, los trozos de durazno control, así como los adicionado con vainillina, presentan crecimiento de mesófilos a partir de la primera semana; estadísticamente (Apéndice D), son estos últimos dos sistemas los que presentan diferencia significativa ($P \leq 0.05$) a lo largo de todo el almacenamiento, como consecuencia de un elevado desarrollo de flora microbiana (Figuras 45 a 48).

Figura 39. Trozos de durazno tratado con 1000 ppm de sorbato de potasio (pH=3.5, a_w=0.97)

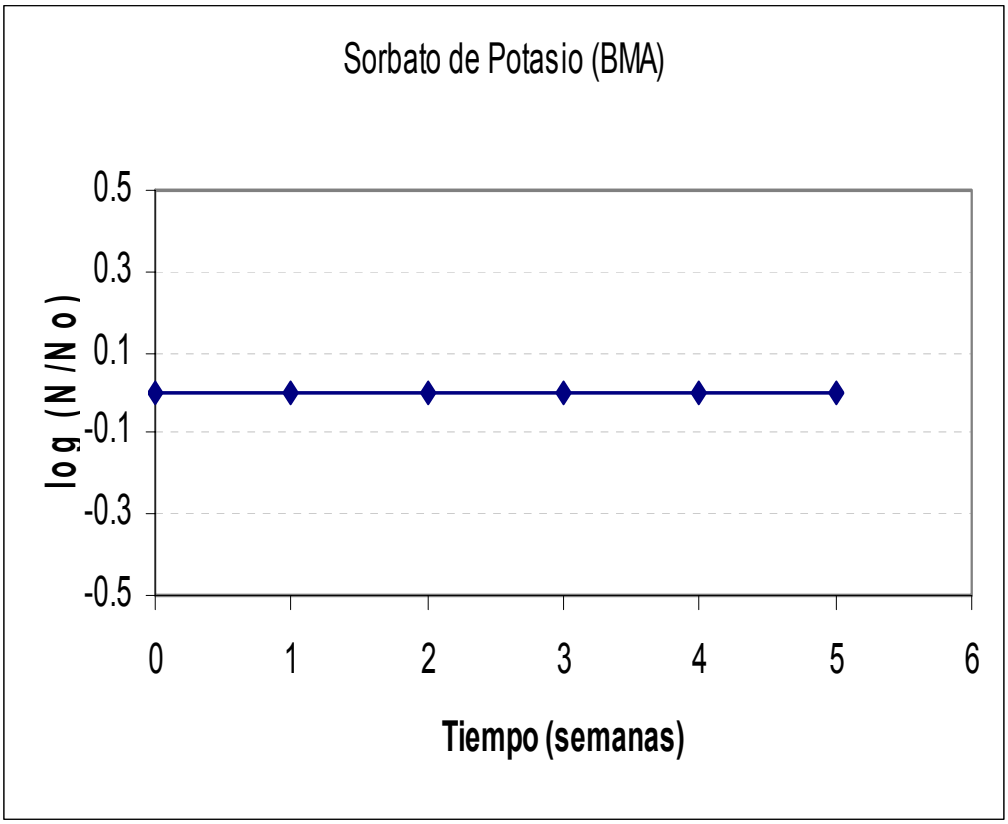

Figura 40. Desarrollo de bacterias mesofílicas aerobias (BMA) en trozos de durazno tratado con 1000 ppm de sorbato de potasio (pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana de los trozos de durazno a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

Figura 41. Trozos de durazno tratado con 1000 ppm de benzoato de sodio (pH=3.5, a_w=0.97)

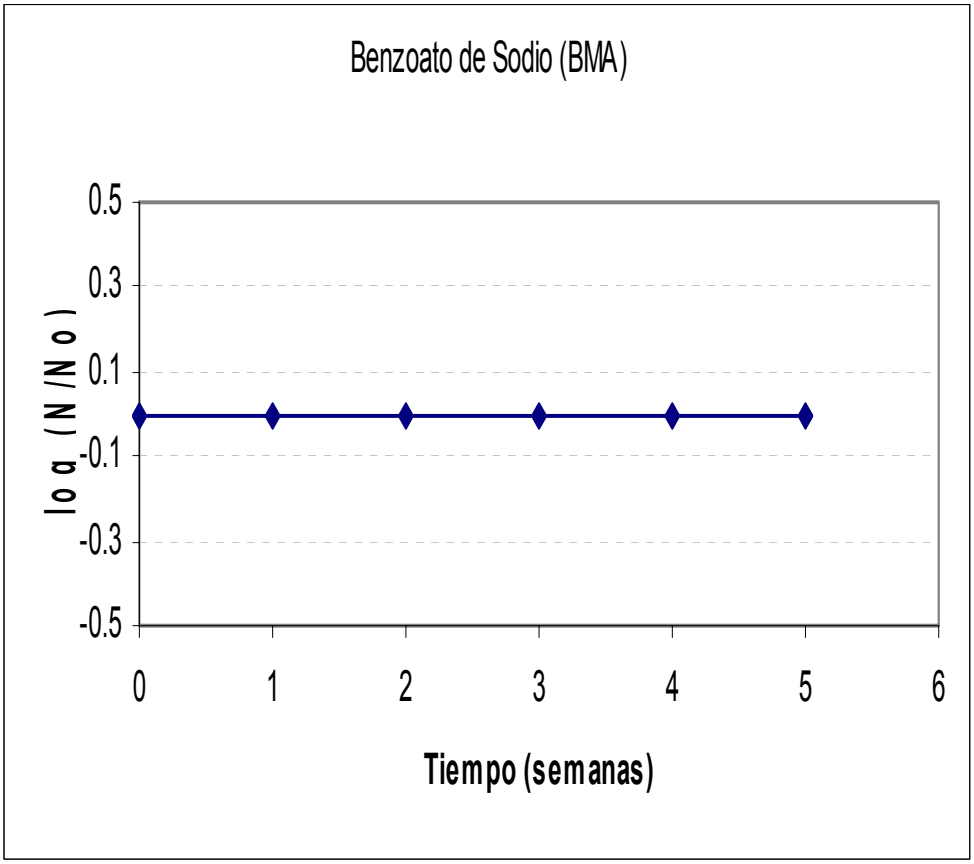

Figura 42. Desarrollo de bacterias mesofílicas aerobias (BMA) en trozos de durazno tratado con 1000 ppm de benzoato de sodio (pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana de los trozos de durazno a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

Figura 43. Trozos de durazno tratado con 1000 ppm de aldehído cinámico (pH=3.5, a_w=0.97)

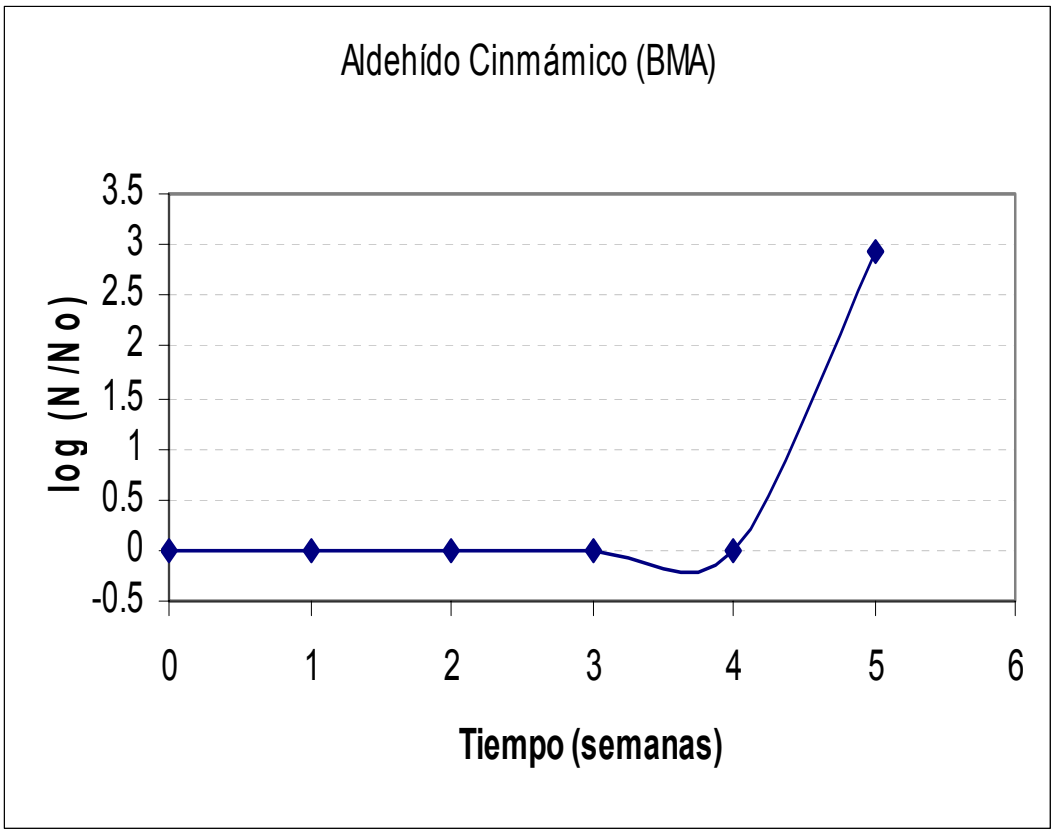

Figura 44. Desarrollo de bacterias mesofílicas aerobias (BMA) en trozos de durazno tratado con 1000 ppm de aldehído cinámico (pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana de los trozos de durazno a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

Figura 45. Trozos de durazno tratado con 1000 ppm de vainillina (pH=3.5, a_w=0.97)

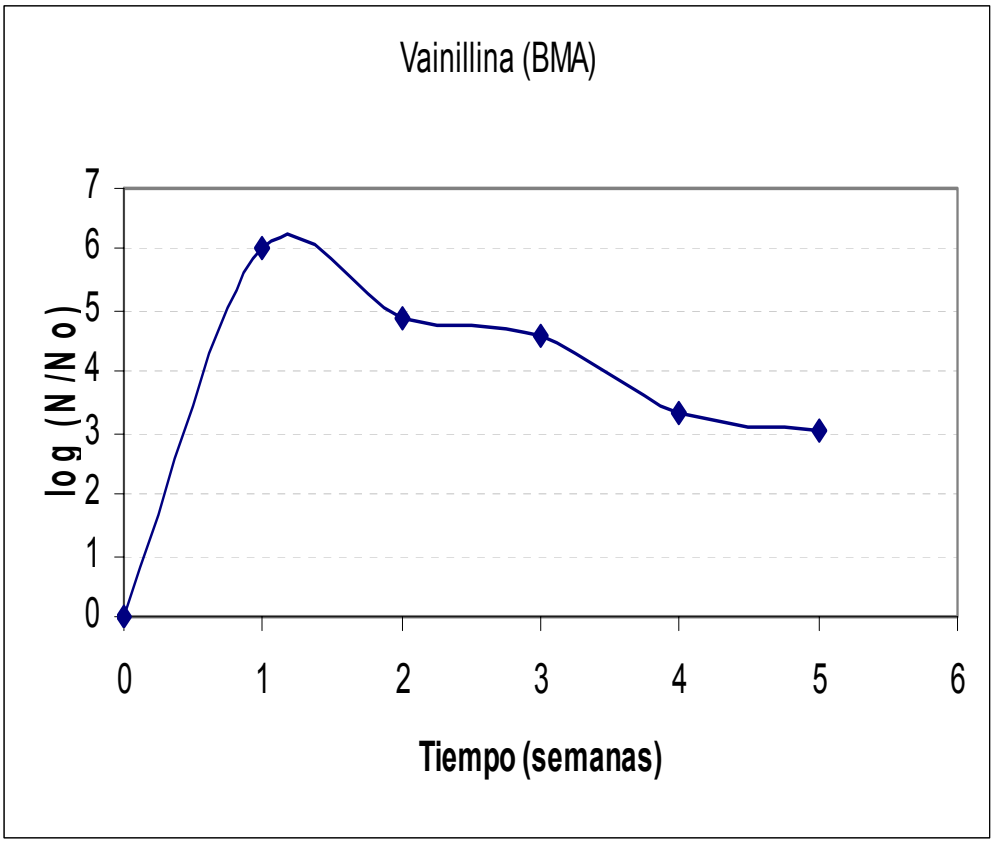

Figura 46. Desarrollo de bacterias mesofílicas aerobias (BMA) en trozos de durazno tratado con 1000 ppm de vainillina (pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana de los trozos de durazno a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

Figura 47. Trozos de durazno control (sin antimicrobiano, pH=3.5, a_w=0.97)

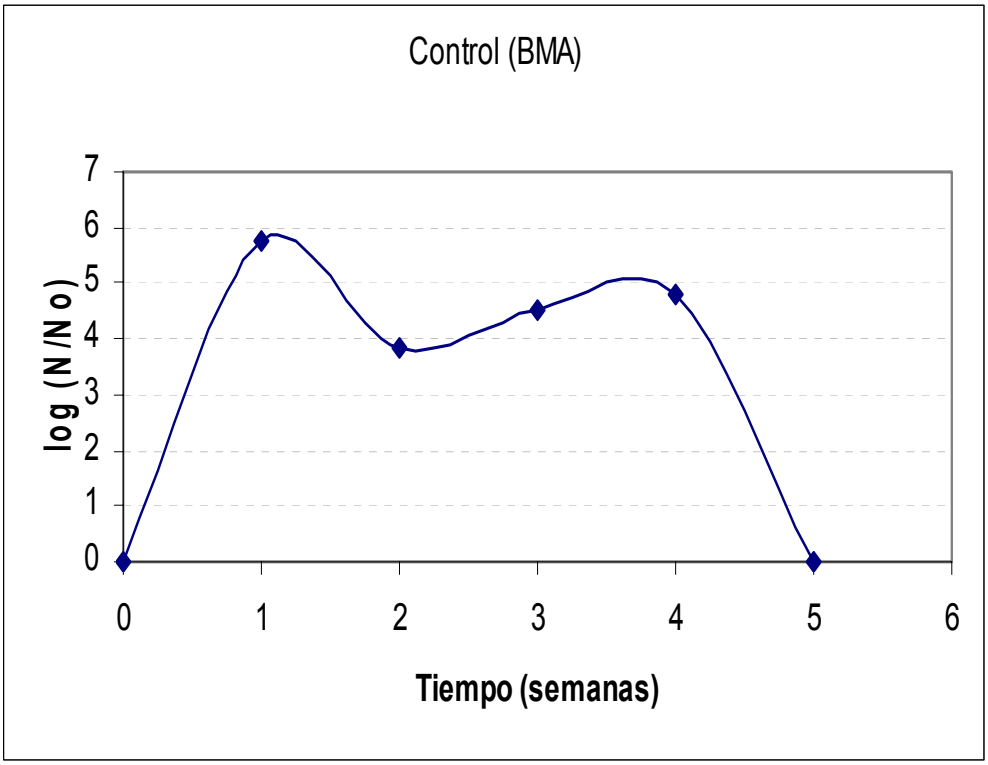

Figura 48. Desarrollo de bacterias mesofílicas aerobias (BMA) en trozos de durazno control (sin antimicrobiano, pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana de los trozos de durazno a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

6.3.5 Crecimiento microbiano en trozos de durazno: mohos y levaduras

Al igual que para el caso de bacterias mesofílicas aerobias (BMA), la presencia de levadura se hizo evidente desde la primera semana de almacenamiento, en los trozos que contenían vainillina; en consecuencia, el análisis estadístico lo arroja por tres semanas consecutivas, como el sistema significativamente diferente ($P \leq 0.05$). Esto no es de asombrarse, ya que durante el tiempo de estudio, se observó fermentación a partir del tercer día de almacenamiento; lo cual se explica en términos de un rápido y elevado crecimiento de levaduras. Resultados similares se obtuvieron para los trozos control, durante la primera semana, sin embargo, a partir de la segunda semana se obtiene muerte microbiana como consecuencia del agotamiento de nutrientes presentes en el medio a causa del elevado número de microorganismos desarrollados durante los primeros días de almacenamiento (Figura 49 y 50, Apéndie E).

Por otro lado, los trozos de duraznos con sorbato de potasio, benzoato de sodio o aldehído cinámico (Figura 51 a 53) mostraron estabilidad al menos por cinco semanas de almacenamiento a temperatura ambiente. La efectividad del aldehído cinámico sobre los trozos de durazno semeja un comportamiento similar al obtenido por Lock y Borrad en la Universidad de Bath en Reino Unido (García, 2004), quienes demostraron que dicho antimicrobiano es particularmente efectivo contra mohos y levaduras a pH ácidos. En cuanto a la efectividad de los sorbatos, se corrobora con lo citado por García (2004), que éste antimicrobiano es altamente eficaz contra el desarrollo de mohos y levaduras; entre ellos se encuentran *Saccharomyces sp., Torulopsis sp., Botrytis sp., Penicilum sp., Fusarium sp., Candida sp.* y *Aspergillus sp.*, por mencionar algunos (Sofos, 1988).

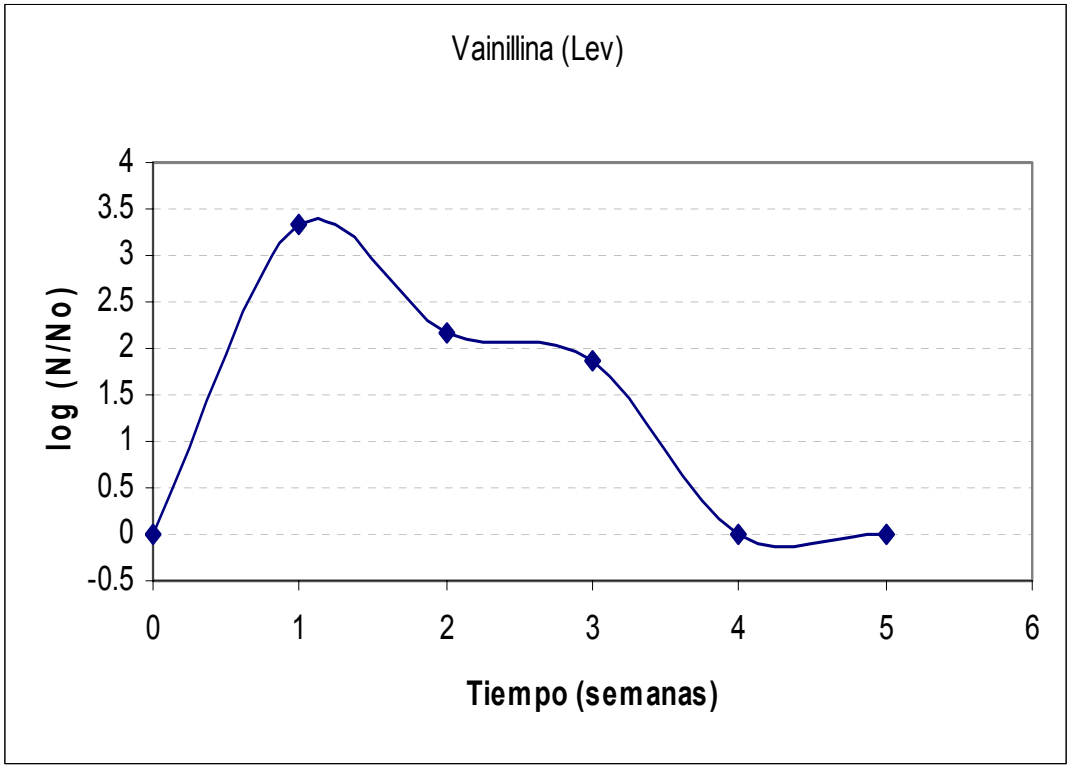

Figura 49. Desarrollo de levaduras (Lev) en trozos de durazno tratado con 1000 ppm de vainillina (pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana de los trozos de durazno a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

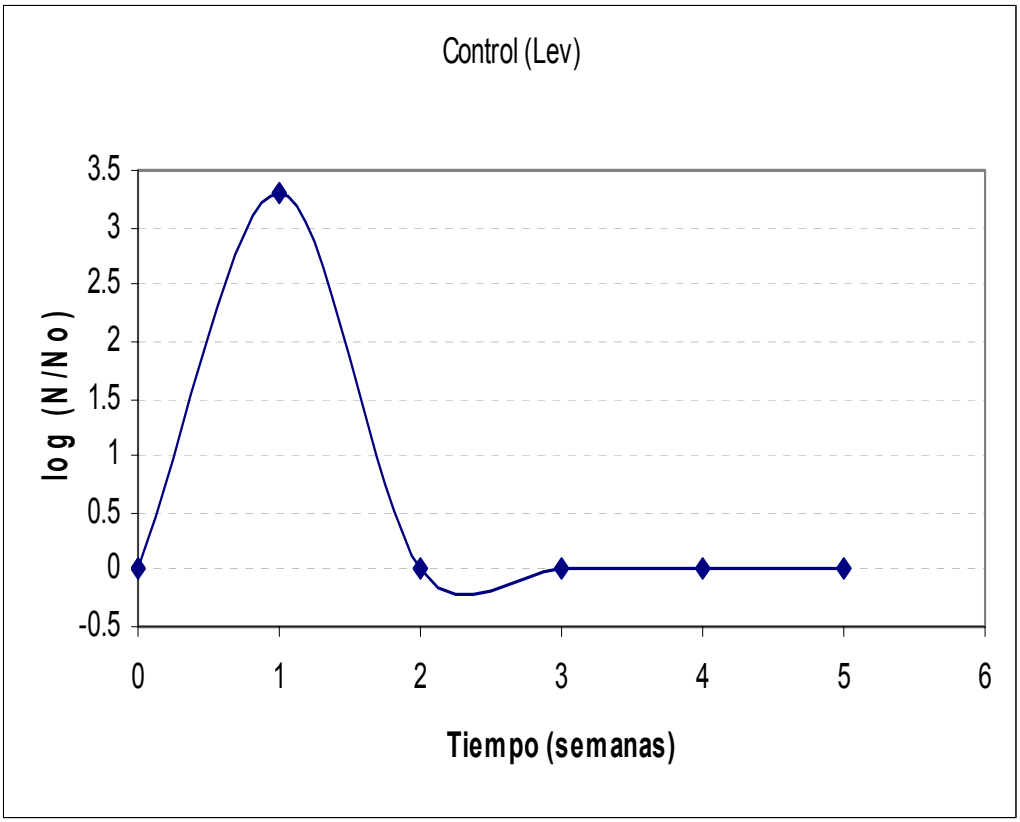

Figura 50. Desarrollo de levaduras (Lev) en trozos de durazno control (sin antimicrobiano, pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana de los trozos de durazno a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

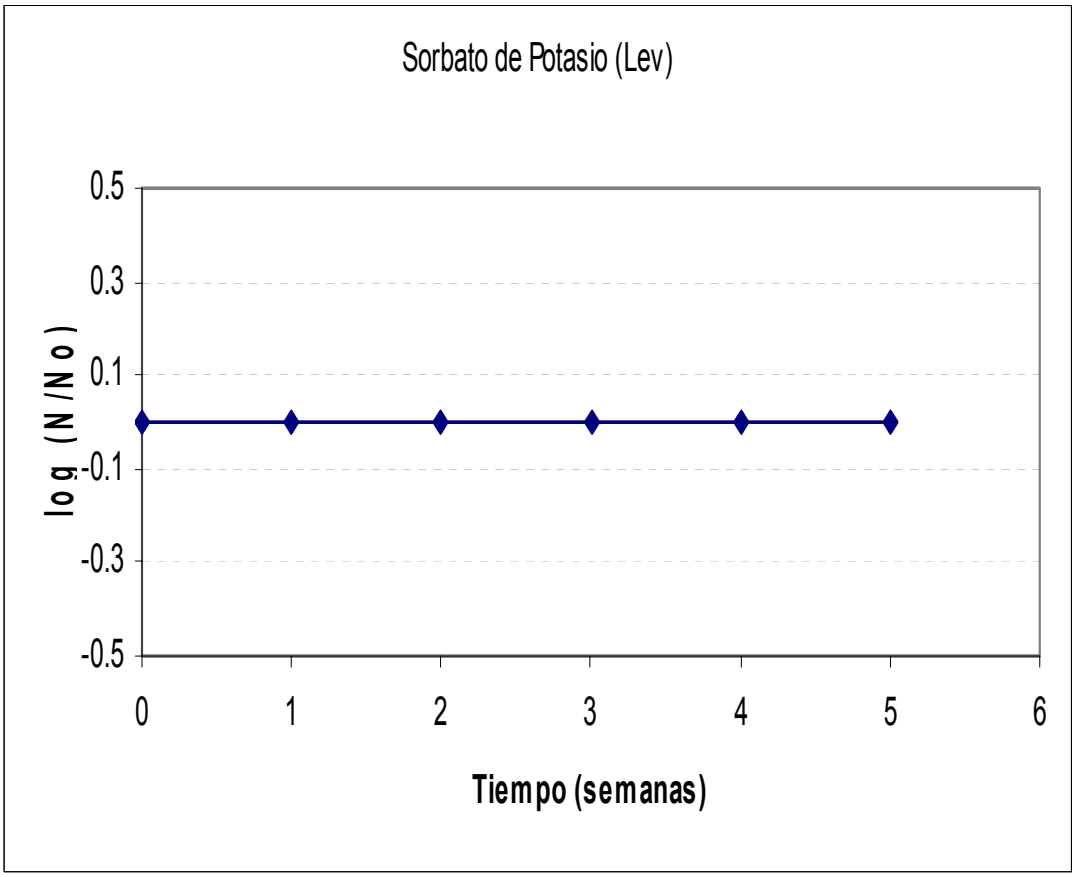

Figura 51. Desarrollo de levaduras (Lev) en trozos de durazno tratado con 1000 ppm de sorbato de potasio (pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana de los trozos de durazno a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

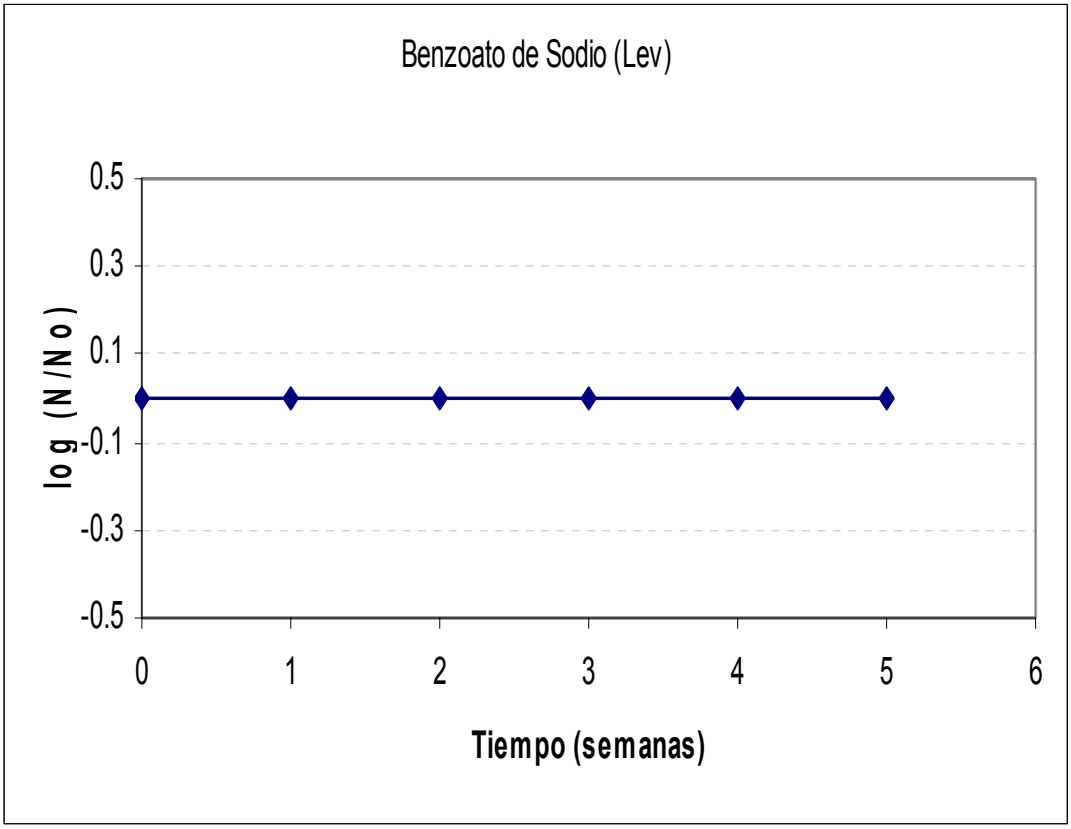

Figura 52. Desarrollo de levaduras (Lev) en trozos de durazno tratado con 1000 ppm de benzoato de sodio (pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana de los trozos de durazno a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

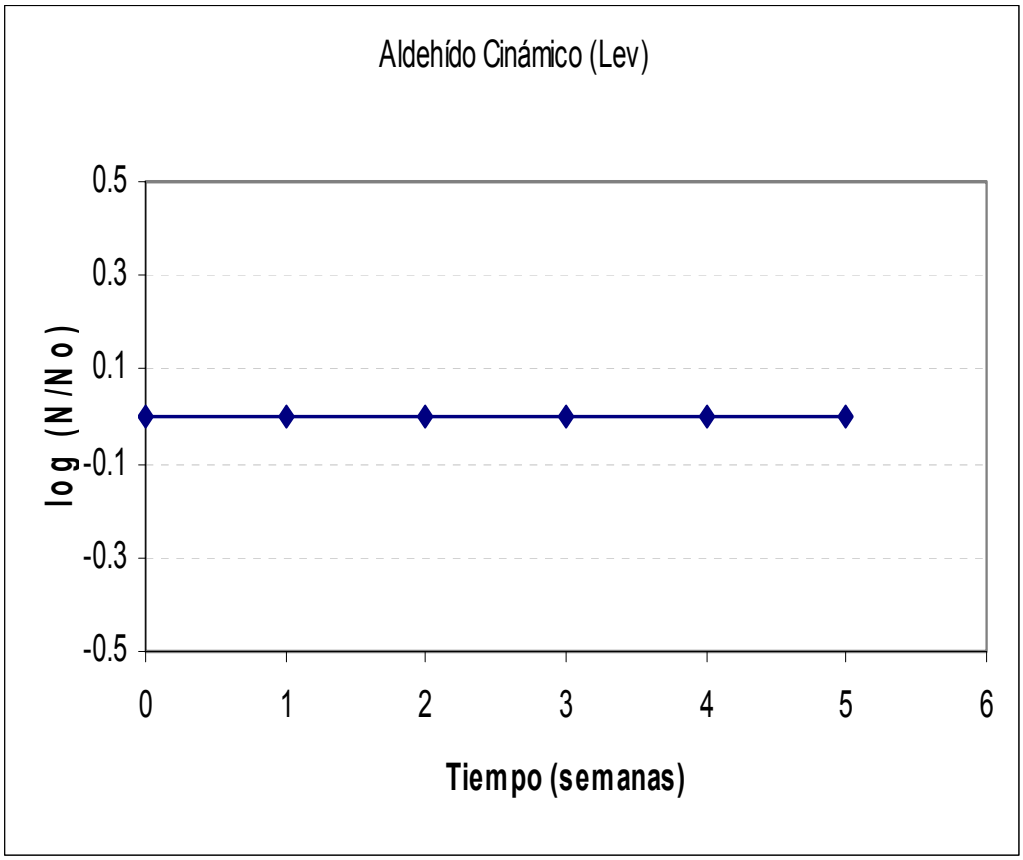

Figura 53. Desarrollo de levaduras (Lev) en trozos de durazno tratado con 1000 ppm de aldehído cinámico (pH=3.5, a_w=0.97); donde N corresponde a la carga microbiana de los trozos de durazno a un tiempo determinado, mientras que N_0 corresponde a la carga microbiana inicial

6.3.6 Evolución del pH, acidez, ºBx y color en trozos de durazno

A lo largo del almacenamiento de los trozos de durazno conservado por métodos combinados, la acidez osciló alrededor de un valor promedio de 0.04% ± 0.01, por su parte el pH (Figura 54) aumentó ligeramente de 3.5 a 3.7. Dicho comportamiento difiere respecto al presentado en puré de durazno, pues en éste último caso, los valores de pH y acidez permanecieron constantes a lo largo de todo el tiempo de estudio. Respecto a los ºBx (Figura 55), se observa una tendencia constante en los trozos que contenían sorbato de potasio, benzoato de sodio y aldehído cinámico, sin embargo se visualiza una disminución en los trozos control y los que contenían vainillina; esto como consecuencia de la presencia de fermentación a partir de la primera semana de almacenamiento. La tendencia obtenida para los ºBx coincide con la del puré de durazno conservado por métodos combinados.

Análogamente a lo observado con el puré de durazno, en los trozos de durazno se visualiza en el cambio neto de color (ΔE), que el cambio de mayor importancia se tiene al principio del estudio, como consecuencia de la transformación de la fruta en alimento conservado por la técnica de métodos combinados (Figura 56). El parámetro a_h mostró un aumento poco importante conforme transcurrió el tiempo, sin embargo el b_h disminuyó para la mayoría de los trozos, a excepción de aquel compuesto por vainillina (Figuras 57 y 58); ello refleja una tendencia análoga entre el puré y los trozos de durazno, para el parámetro b_h. Por su parte, la luminosidad, L_h, no mostró una tendencia similar al del puré, pues obtuvo un ligero aumento en sus valores, a pesar de que estos resultaron no ser importantes (Figura 59).

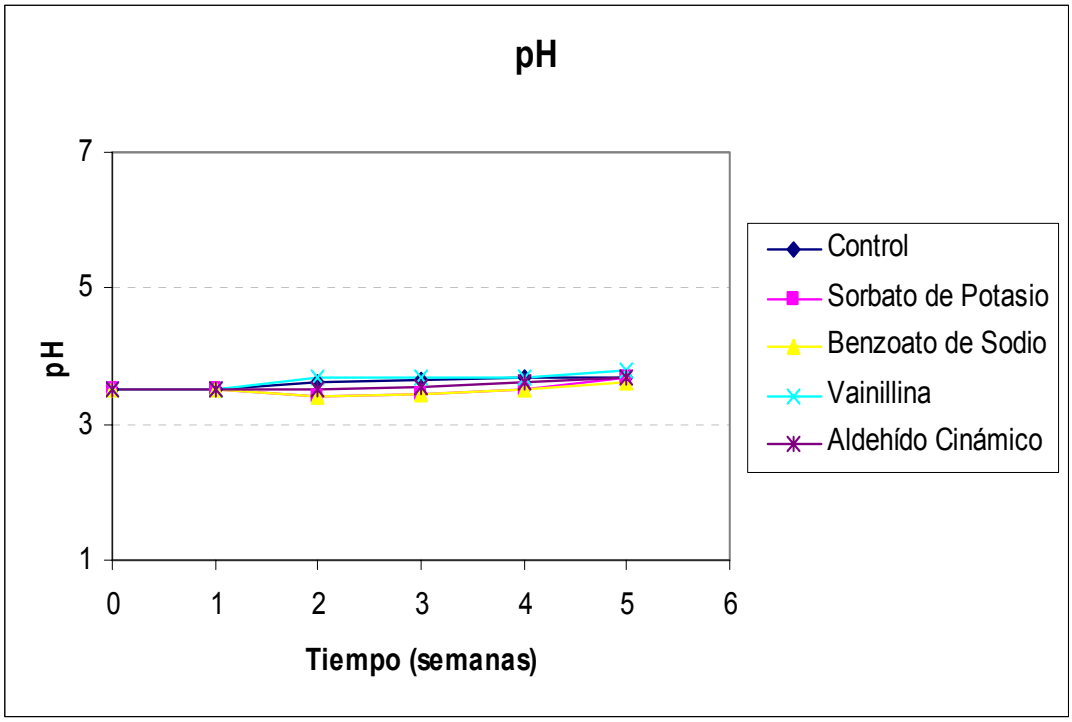

Figura 54. Evolución del pH en trozos de durazno conservado por métodos combinados (pH=3.5, a_w=0.97)

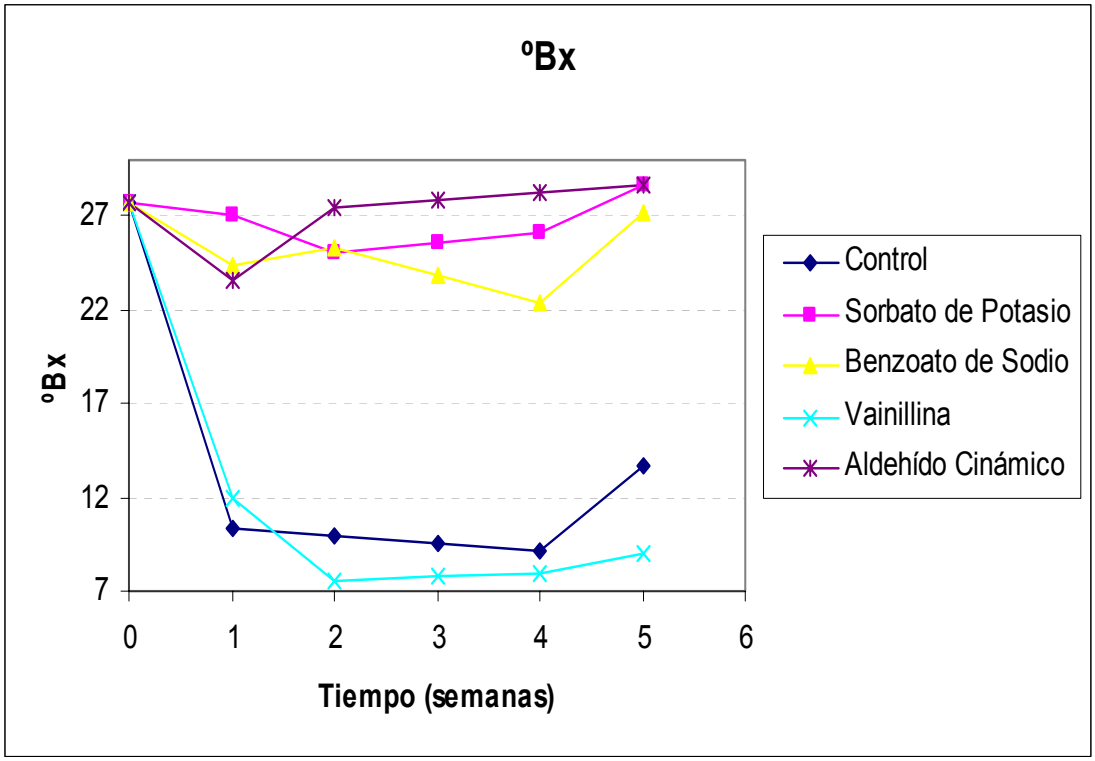

Figura 55. Evolución de los ºBx en trozos de durazno conservado por métodos combinados (pH=3.5, a_w=0.97)

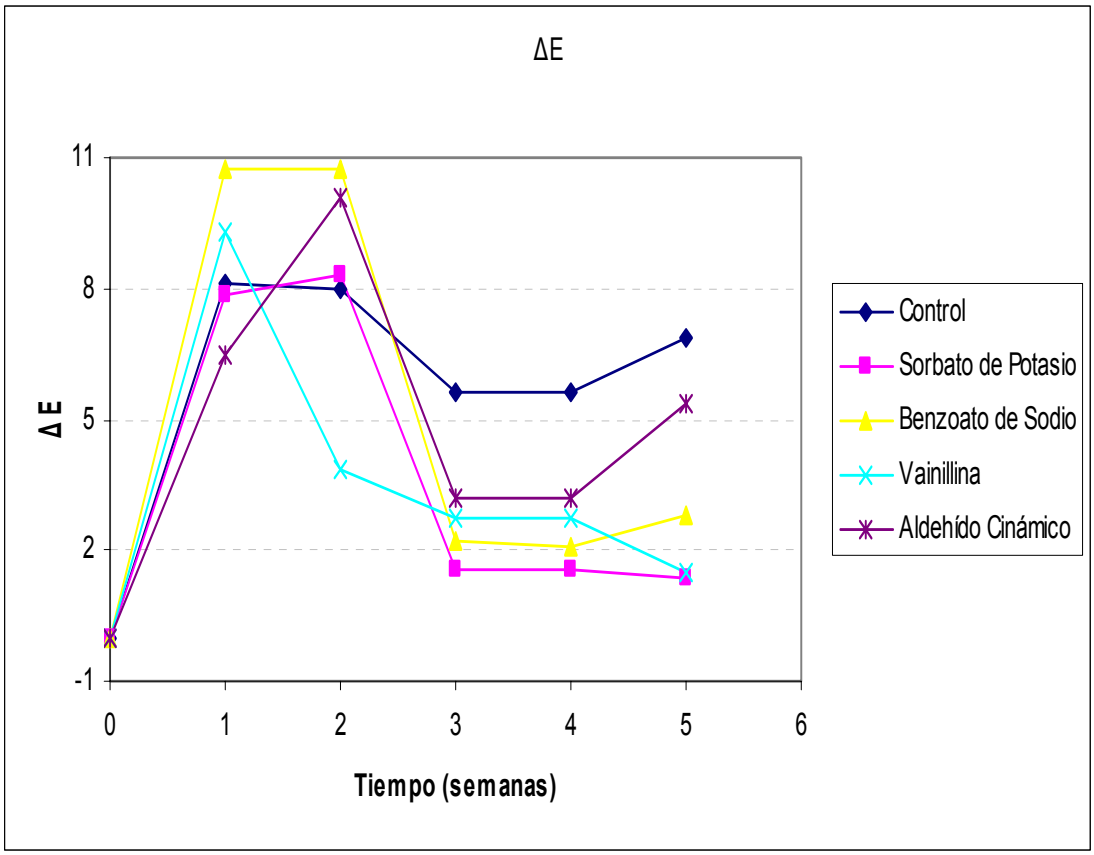

Figura 56. Cambio neto de color (ΔE) en trozos de durazno conservado por métodos combinados ($pH=3.5$, $a_w=0.97$)

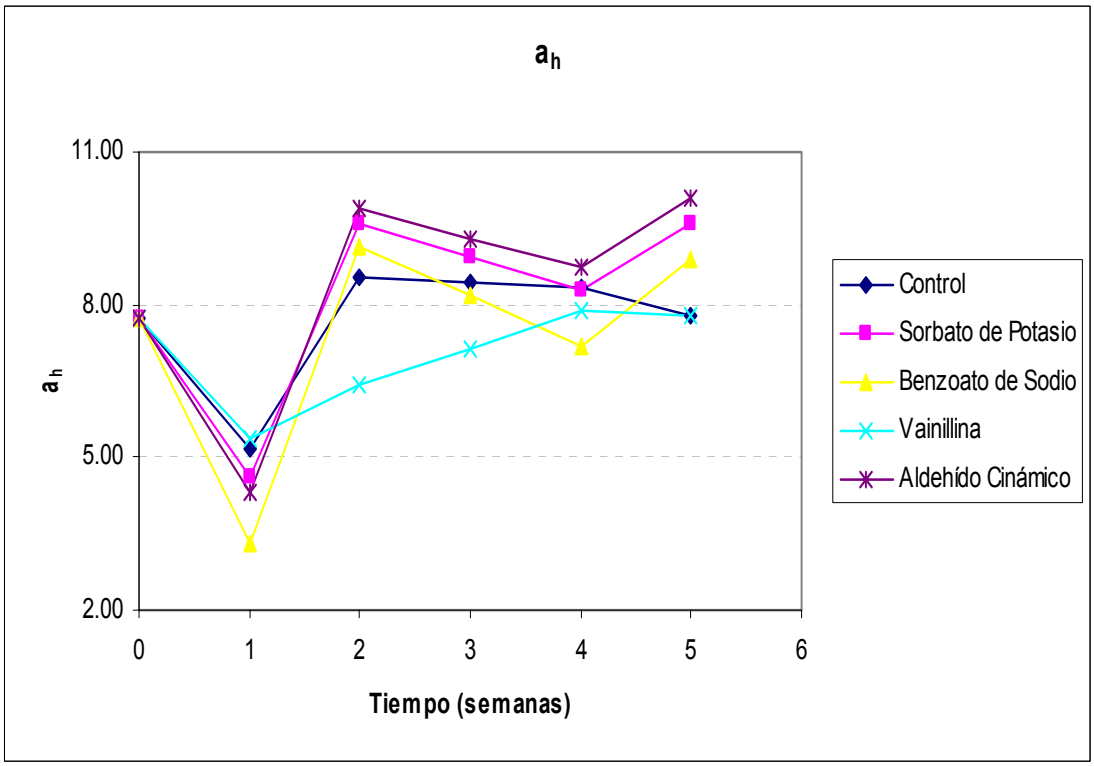

Figura 57. Evolución del parámetro a_h en trozos de durazno conservado por métodos combinados (pH=3.5, a_w=0.97)

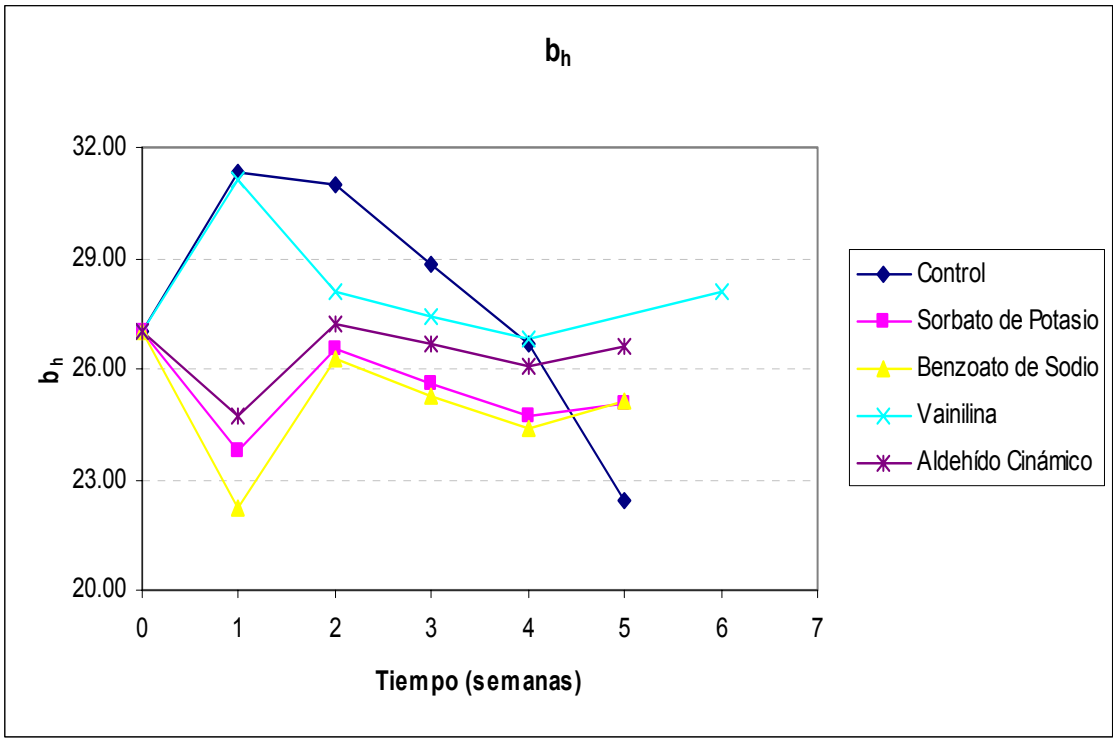

Figura 58. Evolución del parámetro b_h en trozos de durazno conservado por métodos combinados ($pH=3.5$, $a_w=0.97$)

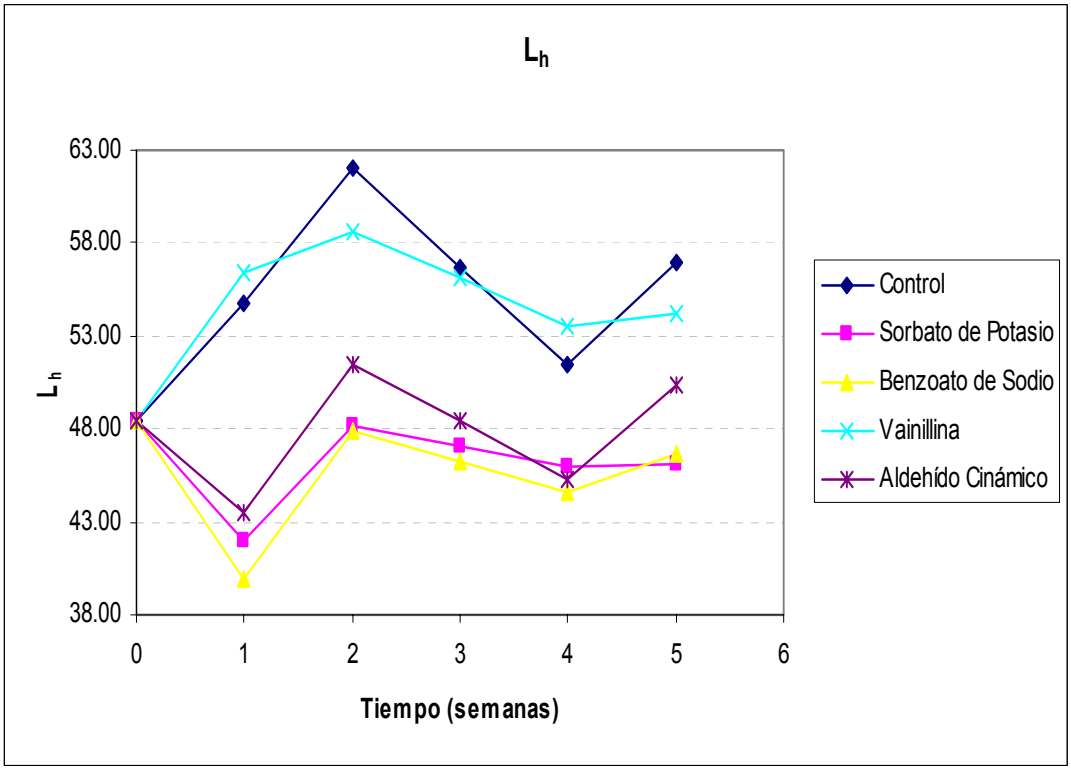

Figura 59. Evolución del parámetro L_h en trozos de durazno conservado por métodos combinados ($pH=3.5$, $a_w=0.97$)

6.4 Transformación del durazno en otros productos a base de fruta

6.4.1 Obtención de mermelada de durazno

Con la finalidad de obtener la formulación más adecuada para la elaboración de mermelada de durazno, se buscó la relación idónea entre pectina, azúcar, ácido cítrico y fruta conservada por métodos combinados. Se obtuvo una mermelada de propiedades aceptables a la expectativa pública, sin embargo su proceso de elaboración puede perfeccionarse con el objetivo de mejorar las cualidades finales del producto de humedad intermedia.

La elaboración de la mermelada se realizó a partir de los trozos de durazno conservado por métodos combinados (Figuras 60 a 64), por ende, las proporciones utilizadas durante las formulaciones, varían particularmente del método tradicional, en el cual la relación fruta:azúcar es 1:1, mientras que la cantidad de pectina a añadir, corresponde aproximadamente al 0.65% de peso total de fruta y azúcar inicial (Guerrero, 2005).

En el Apéndice H se especifica el proceso de elaboración utilizado en la elaboración de mermelada de durazno conservado por métodos combinados; los ingredientes empleados, así como las cantidades exactas, se muestran en la Tabla 4, misma en la que se aprecia una relación fruta:azucar de aproximadamente 2.5:1.

Tabla 4. Ingredientes empleados en la elaboración de mermelada de durazno

Fruta conservada por métodos combinados [kg]	1
Azúcar [kg]	0.447
Pectina [g]	3.03
Ácido cítrico [g]	1.45

La mermelada obtenida alcanzó los 68ºBx con un total de 55% de fruta troceada y 45% de azúcar; situando así al producto de humedad intermedia, como un alimento de primera calidad (Vergara y López-Malo, 2004). Su rendimiento fue del 66.3% ± 2.9, considerablemente menor al obtenido por métodos convencionales, en los cuales se puede alcanzar hasta un 90% de producto transformado; la explicación podría deberse a que durante el proceso de elaboración, no se adiciona agua al sistema fruta-azúcar, en consecuencia, el agua evaporada durante la concentración de dicha mezcla, proviene de

la solución osmótica en la cual se encuentran sumergidos los trozos de durazno, repercutiendo esto en el rendimiento del producto transformado. Aunado a lo anterior, la adición de una mayor cantidad de azúcar, no sólo propiciaba un aumento poco importante en el rendimiento de la mermelada, sino que propiciaba una mermelada con textura de ate, es decir una textura demasiado dura para las propiedades esperadas en el alimento de interés.

De las cinco mermeladas elaboradas a partir de los trozos de durazno conservado sin o con antimicrobiano (sorbato de sodio, benzoato de potasio, vainillina o aldehído cinámico), se observó que en las mermeladas constituidas por trozos de durazno con antimicrobiano, la fruta no se desmenuzaba durante la concentración. Pese a esta diferencia, todas las mermeladas poseían apariencia agradable y semejante a las comerciales.

La estabilidad microbiológica de los productos elaborados fue de al menos cinco semanas, tiempo en el cual no se percibieron cambios de color ni se registraron defectos fisicoquímicos como sinéresis, cristalización de azúcares o endurecimiento de la fruta. Sumado a lo anterior, se realizaron pruebas sensoriales con la intención de evaluar parámetros como: apariencia, color, olor, sabor, textura y aceptabilidad general; para ello se utilizó una escala hedónica de nueve puntos, donde el nueve correspondía al término “me gusta muchísimo” mientras que el uno equivalía a “me disgusta muchísimo”.

De los resultados arrojados durante la evaluación sensorial (Tabla 5 y Apéndice J) se aprecia una diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en la aceptabilidad de la mermelada compuesta por trozos de durazno adicionados con aldehído cinámico, la cual tuvo una calificación promedio de 4.4 en comparación al 6.5 promedio, que obtuvieron el resto de las mermeladas. Esto se atribuye a que la canela utilizada durante la conservación de los trozos de durazno, no fue adicionada en forma de polvo, sino en forma de extracto, confiriendo un sabor y olor sumamente fuertes para el gusto del público.

Tabla 5. Calificaciones promedio de las mermeladas de durazno durante la evaluación sensorial

Mermelada	Apariencia	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptabilidad
Control	5.7 ± 1.8	5.4 ± 2.2	5.9 ± 2.1	6.1 ± 1.9	6.3 ± 2.0	6.3 ± 1.6
Con Sorbato de Potasio	6.3 ± 1.9	6.7 ± 2.1	6.8 ± 1.7	7.0 ± 1.9	6.6 ± 2.3	6.9 ± 1.9
Con Benzoato de sodio	6.9 ± 1.8	7.0 ± 1.5	6.8 ± 1.6	7.2 ± 1.6	6.6 ± 1.7	6.6 ± 1.6
Con Vainillina	7.2 ± 1.2	7.0 ± 1.3	6.9 ± 1.7	6.3 ± 2.1	6.5 ± 1.4	6.2 ± 1.7
Con Aldehído Cinámico	6.2 ± 1.7	6.1 ± 1.9	4.6 ± 1.9	3.8 ± 2.1	5.0 ± 2.0	4.4 ± 2.1

Respecto a la apariencia no se apreció diferencia alguna entre los alimentos, siendo la mermelada con trozos de durazno sin antimicrobiano (control), la de menor calificación (5.7) y la de mayor calificación (7.2) aquella formada por trozos de durazno con vainillina. En los parámetros restantes, existen diferencias entre los cinco tipos de mermeladas, siendo la de trozos de durazno adicionado con aldehído cinámico la de menor calificación para los parámetros de olor, sabor y textura.

Figura 60. Mermelada de durazno elaborada con trozos de durazno conservado por métodos combinados (durazno tratado con 1000 ppm de sorbato de potasio, pH=3.5, a_w=0.97)

Figura 61. Mermelada de durazno elaborada con trozos de durazno conservado por métodos combinados (durazno tratado con 1000 ppm de benzoato de sodio, pH=3.5, a_w=0.97)

Figura 62. Mermelada de durazno elaborada con trozos de durazno conservado por métodos combinados (durazno tratado con 1000 ppm de aldehído cinámico, pH=3.5, a_w=0.97)

Figura 63. Mermelada de durazno elaborada con trozos de durazno conservado por métodos combinados (durazno tratado con 1000 ppm de vainillina, pH=3.5, a_w=0.97)

Figura 64. Mermelada de durazno elaborada con trozos de durazno conservado por métodos combinados (sin animicrobiano, pH=3.5, a_w=0.97)

6.4.2 Obtención de vino de durazno

En la elaboración de vino de durazno (Anexo I), se partió de fruta fresca a la cual se le determinaron tanto los ºBx como el pH, en base a ello se ajustaron las condiciones del mosto a valores de 12.8 y 3.4, respectivamente, con la finalidad de obtener un vino de características homogéneas para cualquier tipo de cosecha. Entonces se procedió a la fermentación del mosto por adición de 10g/hl de levadura *Saccharomyces cerevisiae,* por tres semanas a una temperatura inferior a los 25ºC (durante los primeros diez días se desarrolló el grado alcohólico mediante la fermentación alcohólica, enseguida procedió la formación de aroma por medio de la fermentación maloláctica cuya duración fue de 15 días).

Una vez terminada la fermentación se prosiguió a la clarificación por medio de una centrifugación a 13000 rpm por 60 minutos, y posteriormente se filtró el sobrenadante proveniente del centrifugado. El producto obtenido después de dicho proceso, se envasó en botellas de 260 ml y se le denominó "Vino de durazno". La transformación del durazno fresco en vino de durazno, tuvo un rendimiento del 34.8%; al producto obtenido se le determinaron ºBx finales, contenido de alcohol, pH, acidez y color, con el objetivo de conocer sus características finales.

La finalidad de estimar los ºBx finales del vino elaborado, es conocer la dulzura del producto elaborado. En este caso, el vino obtuvo 3.3ºBx finales, los cuales difieren de los 25.6ºBx encontrados en un vino de durazno comercial, proveniente de la región de Huejotzingo. La diferencia se atribuye a la adición directa de azúcar al producto comercial, una vez terminada la fermentación. Por su parte el grado alcohólico alcanzado durante la fermentación dio origen a un vino de 10.7ºA, valor semejante al

reportado por el vino comercial (10ºA). Respecto al pH y la acidez, se observa que el vino elaborado posee valores de 3.4 y 0.13, respectivamente; estos datos son diferentes a los determinados en el comercial, en el cual se tiene un pH de 3.9 y una acidez de 0.06%.

El parámetro del color, es considerablemente diferente entre el vino comercial y el formulado en este proyecto; pues la bebida comercial presenta tonalidades rojas, mientras que el elaborado posee coloraciones amarillas con matices anaranjados. Ello puede observase mejor en la Tabla 6.

Tabla 6. Comparación del color en dos vinos de durazno

	L_h	a_h	b_h
Vino de durazno	41.8 ± 0.03	48.5 ± 0.08	26.5 ± 0.03
Vino de durazno comercial	85.9 ± 0.02	-5.1 ± 0.16	23.9 ± 0.95

Aunado a los estudios anteriores, se realizaron pruebas sensoriales para conocer el grado de aceptabilidad del vino de durazno; entre los parámetros evaluados se encuentran: apariencia, color, aroma, sabor y aceptabilidad; siendo las calificaciones promedio de 7.2, 7.1, 6.3, 5.2 y 5.8, respectivamente. Como puede apreciarse, el parámetro con menor calificación es el sabor, lo cual se atribuye a las características propias del vino elaborado, ya que los ºBx finales así como la acidez, clasifican al producto como un vino seco y ligeramente ácido, que resulta generalmente agradable, sólo a paladares exigentes.

En resumen, las propiedades alcanzadas durante la elaboración del vino de durazno (Figura 65), dieron como resultado *un vino seco y ligeramente ácido, traslúcido, de color amarillo pardo con tonalidades anaranjadas, poca lágrima y aromas frutales, entre los que destaca el durazno con una ligera esencia de vainilla*. Dicho alimento resultó ser estable al menos por tres meses de almacenamiento a temperatura ambiente.

Figura 65. Vino de durazno