

6. RESULTADOS

3.1 Caracterización de la materia prima

3.1.1 Características fisicoquímicas de la manzana

En la tabla VI se muestran los valores de las características fisicoquímicas obtenidas de la manzana *Golden Delicious* empleada en este estudio.

Tabla VI. Características fisicoquímicas de la manzana sin tratar

Característica	Valor
Humedad (%bh)	85.76 ± 2.21
pH	3.46 ± 0.02
°Bx	11.23 ± 0.12
aw (23.9 °C)	0.993 ± 0.04
% acidez (ácido málico)	0.27 ± .04
índice de madurez	0.42 ± 0.07
fuerza máxima (g)	1 310 ± 170
Área f - t (g/s)	12 100 ± 1500
Color	
L	77.15 ± 3.01
a	-5.74 ± 1.28
b	22.30 ± 2.45
Contenido de calcio (ppm)	60.43
Contenido de zinc (ppm)	1.94

Los valores de humedad, aw, acidez y °Bx son ligeramente menores a los reportados por Mujica et al. (2001), en dicho trabajo los valores reportados son 88% humedad, 0.99 de aw, acidez de 0.32% y 14 °Bx para la misma variedad de manzana. La variación en °Bx y acidez pueden deberse principalmente a la diferencia en el grado de madurez de la manzana y a las prácticas agronómicas.

El valor de humedad es similar al reportado por el INNSZ (1998). El valor obtenido de calcio en este trabajo es menor al reportado por el mismo INNSZ (80 ppm).

3.1.2 Características fisicoquímicas del jarabe

Se emplearon jarabes de sacarosa con cloruro de calcio dihidratado y sulfato de zinc heptahidratado a tres diferentes concentraciones de sacarosa (13%, 32% y 50%) manteniendo las concentraciones de calcio y zinc alrededor de 1000 ppm y 375 ppm respectivamente, y a tres concentraciones de sorbato de potasio (0, 500, 1000 ppm). En la tabla VII se presenta la caracterización de los jarabes sin sorbato de potasio, así como su densidad.

Tabla VII. Caracterización, densidad y ° Bx de los jarabes de sacarosa usados para la impregnación de manzana.

Jarabe de sacarosa	ρ (g/ml)	Calcio (ppm)	Zinc (ppm)
13 %	1.049	1002	379
32%	1.14	1301	372
50%	1.22	1032	422

Ca = 3.6725 g cloruro de calcio dihidratado/ kg jarabe

Zn = 1.648 g sulfato de zinc heptahidratado/ kg jarabe

7.1.3 Determinación de la porosidad efectiva

Al determinar la porosidad efectiva es factible conocer la fracción volumétrica de la matriz porosa de la manzana que puede ser sustituida por la solución de impregnación. En la tabla VIII se presentan los resultados de volumen de manzana, peso inicial y final de la fruta sometida al tratamiento de impregnación con soluciones isotónicas de sacarosa. Con dichos valores y la densidad del jarabe

isotónico de impregnación (1.035 g/cm^3) se calcula la fracción volumétrica de fruta que fue impregnada (X) de acuerdo a las expresiones 6.1 y 6.2 presentadas en la sección de metodología

Tabla VIII. Datos experimentales obtenidos para la determinación de porosidad efectiva en manzana variedad *Golden delicious*.

Presión (cm de Hg)	V fruta (cm^3)	Mi (g)	Mf (g)
12	11.5084	8.9603	10.3489
26	11.7454	9.2940	12.3166
30	11.7174	9.3111	12.4007
45	11.8277	9.4450	14.1339
50	11.8152	9.4520	14.3551

Una vez calculados los valores de X se grafican vs. $1 - 1/r$ siendo r la relación de la presión atmosférica con la de vacío que se trabajó. La representación gráfica se presenta en la figura 4 con la regresión lineal de estos datos se obtiene el valor de la pendiente que corresponde a la porosidad efectiva, y el punto de intersección de la recta con el eje x que indica la cantidad de jarabe adherido a la fruta por capilaridad.

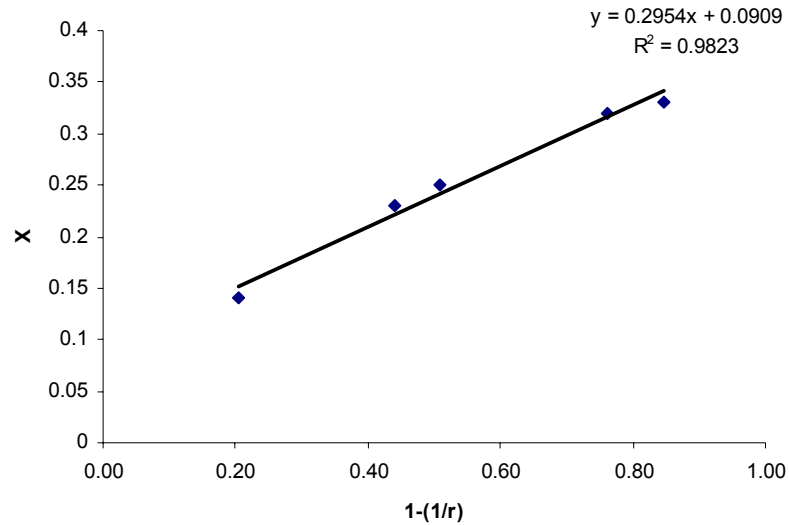


Figura 4. Representación gráfica del cálculo de la porosidad efectiva en manzana *Golden delicious*. X representa la fracción volumétrica ocupada por la solución isotónica, r es la relación de la presión atmosférica y la presión de trabajo.

La regresión lineal de los datos experimentales indica que el valor de intersección es 0.09 el cual es bajo, y se puede concluir que el efecto de capilaridad es prácticamente despreciable, la pendiente es de 0.295 y la correlación (r^2) es de 0.982, por lo tanto la porosidad efectiva es 29.5 %, lo que indica que la manzana variedad *Golden delicious* se puede impregnar en ese porcentaje de su volumen.

Mujica et al. (2001) reportan un valor de porosidad efectiva de 33% el cual es ligeramente mayor al obtenido en este trabajo, por otro lado el resultado obtenido es mayor al reportado por Hernández (2001) 23.9% y Gilibert (2002) 23.6%. Las variaciones pueden deberse al grado de madurez de la fruta (Guerrero, 1996).

3.2 Selección del proceso de impregnación

7.2.1 Impregnación

Para seleccionar el proceso de impregnación a aplicar a las placas de manzana se evaluaron las variables en los niveles indicados en el plan de investigación para los 8 procesos (tabla IV). La figura 5 presenta los valores obtenidos para cambio de volumen (CV), mientras que en la figura 6 se observan sólidos ganados (SG), pérdida de agua (WL), pérdida de peso (WR). Estos parámetros fueron calculados de acuerdo a las ecuaciones 6.3, 6.4, 6.5, 6.6 presentadas en la sección de metodología.

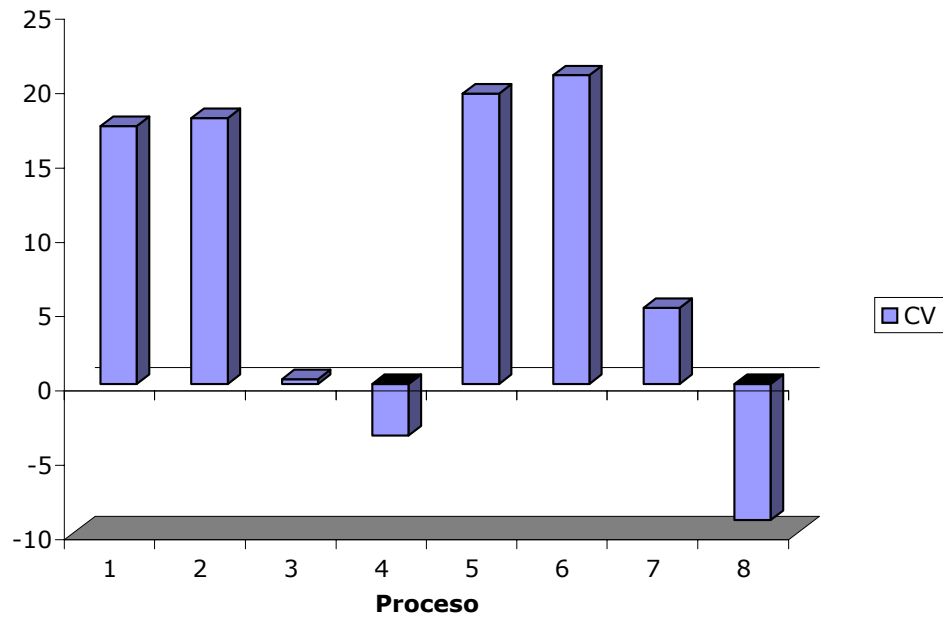


Figura 5. Cambio de volumen (CV) de placas de manzana impregnadas en jarabe a diferentes composiciones.

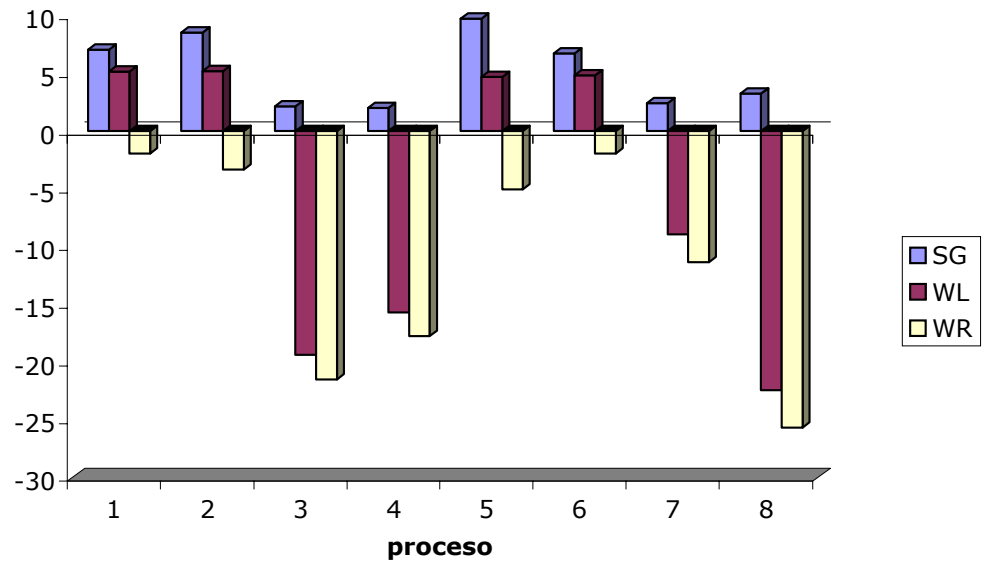


Figura 6. sólidos ganados (SG), pérdida de agua (WL), pérdida de peso (WR) de placas de manzana impregnadas en jarabe a diferentes composiciones.

7.2.1.1 Efectos del proceso en cambio de volumen

Para el cambio de volumen (CV) un valor positivo indica una reducción mayor de volumen y un valor negativo indica un aumento del mismo. Se puede apreciar que la reducción de volumen se genera en la fruta tratada con jarabe de 50°Bx, y una menor reducción o aumento de volumen en la fruta tratada con jarabe de 13°Bx. Para las placas tratadas con jarabe de 50°Bx el tiempo de relajación no afecta el cambio de volumen pero si para las placas tratadas con jarabe del 13°Bx. En la figura 5 se observa que el mayor cambio de volumen (20.75) se presenta en las placas tratadas con jarabe de 50°Bx y 1000 ppm de sorbato, por otro lado el menor

cambio de volumen (0.32) se presenta en la fruta tratada con jarabe de 13°Bx, 500 ppm de sorbato y un tiempo de relajación de 24 min.

El cambio en volumen en la fruta tratada con jarabe de 50 °Bx se debe a un efecto de la deshidratación osmótica ya que pierde agua mientras para el caso del jarabe de 50°Bx se debe a la entrada de jarabe.

Gilibert (2002) reporta para manzana tratada con jarabe de 50°Bx y las mismas condiciones de proceso usadas en este trabajo (Pv 50 cm de Hg, 24 min tr, 10 min ti) un CV de 15.62, valor muy cercano a los obtenidos.

7.2.1.2 Efectos del proceso en sólidos ganados

La magnitud en los sólidos ganados (SG) llega a ser hasta el triple en la fruta tratada con jarabe de 50°Bx respecto a la tratada con jarabe de 13°Bx. Estos resultados coinciden con los reportados por Gilibert (2002) quien comenta que al aumentar la concentración de sacarosa en el jarabe se obtienen más sólidos ganados, Mujica et. al (2001) por su parte reportan para manzana tratada a 50 cm de Hg de vacío y un jarabe de 50°Bx un valor de SG de 9.5. Por otra parte Gilibert (2002) indica que el valor de los SG disminuye a tiempos de relajación mayores a 24 min siendo esto más notable a concentraciones más altas; en este estudio no se observa un efecto claro de el incremento de tr sobre la ganancia de sólidos. La mayor ganancia de sólidos (9.78%) se presenta en la fruta tratada con jarabe de 50°Bx, 1000 ppm SK y 24 min de relajación, y la menor (2.03%) la tratada con jarabe de

13°Bx , 45 min de relajación y 500 ppm de SK. El valor promedio para todas las muestras de SG es 5.26.

7.2.1.3 Efectos del proceso sobre la pérdida de agua

La fruta tratada con jarabe de 13°Bx presenta ganancia de agua tal y como lo reflejan los valores negativos de WL, por el contrario la fruta tratada con jarabe de 50°Bx presentan pérdida de agua con valores de WL positivos. Esta diferencia en WL se debe a que la baja viscosidad del jarabe de 13°Bx hace que entre a la matriz porosa con facilidad, no así el jarabe de 50°Bx cuya viscosidad es alta además de que la alta presión osmótica del jarabe de 50°Bx hace que se promueva la salida de agua de la fruta.

La mayor ganancia de agua (-22.42 %) corresponde a la fruta tratada con jarabe de 13°Bx, 45 min de tr y 1000 ppm de sorbato, por el contrario la mayor pérdida de agua (5.22 %) se da en las placas tratadas con jarabe de 50°Bx, 45 min de tr y 500 ppm de sorbato.

7.2.1.4 Efectos del proceso en pérdida de peso

La pérdida en peso de las placas se debe a la salida - entrada de sólidos y la pérdida - ganancia de agua. En la figura 6 se observa que WR es la diferencia WL – SG. Se puede decir que la mayor ganancia de peso (-25.7%) presentada en las placas tratadas con jarabe de 13°Bx, 45 min de tiempo de relajación y 1000 ppm de sorbato de potasio se debe a una alta ganancia de agua más que de sólidos. La menor

ganancia de peso (-1.92%) la presenta la fruta tratada con jarabe de 50°Bx de sacarosa, 45 min de tr y 1000 ppm de sorbato.

7.2.2 Caracterización de la fruta impregnada

Los ocho productos generados fueron probados para seleccionar los procesos de impregnación más adecuados, se les determinó: humedad, pH, °Bx, textura (fuerza máxima y área), cambio neto de color, contenido de sorbato de potasio, aw y contenido de calcio y zinc, y así evaluar el efecto de la concentración de sacarosa del jarabe, tiempo de impregnación y relajación, los valores obtenidos se presentan en tabla IX y X.

Tabla IX. Caracterización de placas de manzana impregnadas con jarabe a diferentes composiciones.

Proceso*	Humedad (bh)	pH	°Bx	Textura fuerza máxima (g)	Textura área (g s)	Cambio neto color (ΔE)	Sorbato de potasio (ppm)	aw
50% sac, 24min tr, 500ppm SK	88.13	4.18	17.83	583.97	5311.54	26.99	121.51	0.989
50% sac, 45min tr, 500 ppm SK	85.9	4.07	18.97	629.63	4912.91	31.58	119.89	0.988
13% sac, 24min tr, 500 ppm SK	94.11	3.99	10.83	820.13	7542.98	28.02	126.15	0.994
13% sac, 45min tr, 500 ppm SK	90.69	3.99	11.1	701.7	6088.66	34.05	142.45	0.993
50% sac, 24min tr, 1000 ppm SK	87.02	4.07	19.83	499.5	4170.89	26.74	186.99	0.987
50% sac, 45min tr, 1000 ppm SK	83.21	4.12	17.52	535.52	4360.93	20.03	179.94	0.989
13% sac, 24min tr, 1000 ppm SK	89.18	3.99	12.18	597.35	6481.97	16.42	225.81	0.993
13% sac, 45min tr, 1000 ppm SK	89.01	3.93	11.38	735.54	8089.56	33.11	207.12	0.993

*tr = tiempo de relajación, SK = sorbato de potasio, 1112 ppm Ca, 391 ppm Zn, 10 min ti, 46 cm Hg presión de vacío

7.2.2.1 Efecto del proceso sobre la Humedad

Los valores de humedad obtenidos son mayores al correspondiente a la manzana fresca (85.76 %), los mayores contenidos de humedad (89.01 – 94.11) corresponden a la manzana tratada con jarabes de sacarosa de 13°Bx lo cual es lógico ya que estos productos presentan ganancia de agua, además a la misma concentración de sacarosa en el jarabe y menor tiempo de relajación la humedad es mayor, ya que se incorpora principalmente agua a la matriz porosa y a tiempos de relajación largos además se incorporan sólidos. La humedad promedio de todos los productos obtenidos es de 88.41%.

7.2.2.2 Efecto del proceso sobre el pH

El pH de la manzana fresca (3.46) es menor que el de cualquiera de los ocho productos mostrados en la tabla IX, el valor promedio de pH es de 4.04. La manzana tratada con jarabe de 50°Bx a 24 min de tr y 500 ppm corresponde al mayor valor de pH (4.18) y por el contrario el valor menor (3.93) corresponde a la fruta tratada con jarabe de 13°Bx, 45 min de tr y 1000 ppm de sorbato. Estos cambios en pH pueden deberse a la lixiviación de ácidos orgánicos de la fruta y al cambio de composición de la misma.

7.2.2.3 Efecto del proceso sobre los °Bx

La manzana tratada con jarabe de sacarosa de 50°Bx presenta valores de °Bx comprendidos entre 17.52 y 19.83 °Bx lo que refleja el doble proceso de ganancia de azúcar y pérdida de agua al que es sometido el producto. La fruta tratada con el jarabe de 13 °Bx, mantiene niveles finales de °Bx (10.83 – 12.18) similares a los de la manzana fresca (11.23 °Bx).

7.2.2.4 Efecto del proceso sobre la textura

La textura evaluada a través de los parámetros fuerza máxima y área se vió disminuida en todos los productos con respecto a los valores de la fruta fresca los cuales eran 1310 g y 12 100 g*s respectivamente. En general el uso del jarabe de 50 °Bx generó productos con una menor textura, la fuerza máxima promedio de las muestras tratadas con 50 °Bx es 562.2 g mientras que el área es 4689.1 g*s, lo que significa reducciones del 57.1% y 61.3% con respecto a la fruta fresca. En los productos tratados con 13 °Bx, los valores promedio de fuerza máxima y área son 706.2 g y 7050.8 g*s, lo que a su vez representa reducciones de 46.1% y 41.7% con respecto a la fruta fresca.

Estos resultados muestran el mayor efecto negativo del uso de jarabes de alta concentración sobre la textura del producto, lo cual puede relacionarse con la mayor salida de agua del producto, la deshidratación de la estructura celular y otros efectos relacionados. En la mayor parte de las muestras tratadas se puede observar que el

incremento del tiempo de relajación reduce el mayor deterioro de la textura del producto.

7.2.2.5 Efecto del proceso sobre el color

La evaluación objetiva del color se realizó en base al cambio neto de color (ΔE) observándose que el mayor valor (34.05) lo presenta la fruta tratada con jarabe de 13°Bx, 45 min de tr y 500 ppm de sorbato, mientras que el menor valor (16.42) corresponde a la manzana tratada con jarabe de 13°Bx, 24 min de tr, y 1000 ppm de sorbato. El cambio neto de color promedio es del orden de 27.12.

Fito y Chiralt (2000) comparan el cambio neto de color entre durazno, papaya, platano, manzana, fresa, kiwi y mango durante la impregnación al vacío y observan que manzana, fresa y papaya presentan los mayores cambios de color 34, 45 y 37 respectivamente, coincidiendo el valor de manzana con el máximo cambio en color observado en este trabajo.

El cambio en color se debe a que el intercambio gas - líquido en el proceso de impregnación homogeneiza el índice de refracción de la muestra, esto incrementa la transparencia del producto (Fito y Chiralt, 2000).

7.2.2.6 Efecto del proceso sobre la concentración de sorbato de potasio

La concentración de sorbato de potasio en los jarabes de tratamiento se presenta en la tabla IX así como la correspondiente a la fruta tratada. La máxima

concentración de sorbato (226 ppm) se logra en la fruta tratada con jarabe de 13 °Bx y 1000 ppm de sorbato mientras que la menor (119.9 ppm) corresponde a las placas tratadas con jarabe de 50°Bx y 500 ppm de sorbato, mientras que la concentración promedio es de 163.73 ppm.

De acuerdo a los valores de la tabla IX, las placas tratadas con jarabe de 1000 ppm de sorbato presentan una concentración promedio de 200 ppm mientras que las tratadas con 500 ppm presentan un valor de 127.5 ppm de sorbato, lo cual representa una diferencia de 72.5 ppm se puede decir entonces que la concentración de sorbato en la fruta no es proporcional a la concentración en los jarabes ya que la diferencia en estos es del doble y no así en la manzana tratada.

La concentración promedio de sorbato en la manzana tratada con jarabe de 13 °Bx (173.4 ppm) es mayor que la correspondiente al jarabe de 50 °Bx (152.1 ppm) esto puede deberse a que a mayor concentración de sacarosa en los jarabes hay mayor interferencia en la impregnación de compuestos diferentes a esta como el sorbato y los minerales.

7.2.2.7 Efecto del proceso sobre aw

Los valores de aw de la tabla IX fueron calculados como la fracción mol de agua del alimento de acuerdo a los °Bx respectivos (Welti y Vergara, 1997). Para la fruta tratada con jarabe de 13°Bx la aw es igual al valor de la fruta fresca (0.993). Por otro lado la aw de las placas tratadas con jarabe de 50°Bx se vió disminuida, el valor promedio 0.988 es menor en 0.5% respecto a la fruta fresca.

El mayor valor obtenido (0.994) de aw corresponde a la fruta impregnada con jarabe de 13°Bx, 24 min de tr y 500 ppm de sorbato, por el contrario el menor valor (0.987) lo presenta la fruta tratada con jarabe de 50°Bx, 24 min de tr y 1000 ppm de sorbato. En general se logra una mayor reducción de aw en la fruta tratada con jarabe de 50°Bx que en la correspondiente a 13 °Bx.

La reducción de aw es un factor de conservación usado en el desarrollo de productos mínimamente procesado, que puede ayudar a mejorar la estabilidad y vida útil del producto, la sacarosa es un depresor de la aw ampliamente usado para frutas mínimamente procesadas ya que es compatible con su sabor.

7.2.2.8 Efecto del proceso sobre la concentración de calcio y zinc

Tal y como se puede observar en la tabla X, el nivel final de calcio en la fruta tratada con el jarabe de 50% de sacarosa se ubica entre 151.8 ppm y 307.59 ppm, con un valor promedio de 214.5 ppm, mientras que los mismos datos para las muestras tratadas a 13% de sacarosa son 182.15 ppm– 290.62 ppm y un valor promedio de 236.1 ppm. Lo que representa una leve tendencia a obtener niveles de calcio mayores en el caso del jarabe de 13%, este comportamiento es similar al presentado para el sorbato de potasio.

Para el zinc el intervalo de concentraciones es de 76.72 a 102.68 ppm para los productos tratados a 50% de sacarosa y con un valor promedio de 85.1 ppm, mientras que la manzana impregnada a 13 % de sacarosa presenta valores de 87.95 a

108.95 ppm con un promedio de 98.6 ppm; los resultados muestran nuevamente que el jarabe de menor concentración tiene una leve tendencia a mejorar la ganancia del mineral. El efecto del tiempo de relajación sobre la ganancia de calcio y zinc no es clara ya que mientras su incremento reduce en general la ganancia de calcio, ese mismo incremento aumenta la ganancia de zinc.

Tabla X. Contenido de calcio y zinc en placas de manzana impregnadas con jarabe a diferentes composiciones.

Proceso	Ca (ppm)	Zn (ppm)
50% sac, 24min tr, 500ppm SK	307.59	76.72
50% sac, 45min tr, 500 ppm SK	151.80	83.55
13% sac, 24min tr, 500 ppm SK	232.10	98.92
13% sac, 45min tr, 500 ppm SK	182.15	87.95
50% sac, 24min tr, 1000 ppm SK	190.65	77.60
50% sac, 45min tr, 1000 ppm SK	208.01	102.68
13% sac, 24min tr, 1000 ppm SK	290.62	98.49
13% sac, 45min tr, 1000 ppm SK	239.58	108.95

*tr = tiempo de relajación, SK = sorbato de potasio, 1112 ppm Ca, 391 ppm Zn, 10 min ti, 46 cm Hg presión de vacío

Hernández (2001) reporta para placas de manzana a las mismas dimensiones y tratadas con jarabe de 50% de sacarosa, 12 min de ti y 36 min de tr un valor de 236 ppm de calcio el cual coincide con los resultados de la tabla X.

7.2.2.9 Efecto del proceso sobre las características sensoriales

En adición a los cambios composicionales y fisicoquímicos, la calidad sensorial de los productos obtenidos puede verse afectada, por ello se realizaron evaluaciones sensoriales con 20 jueces no entrenados para los productos obtenidos. Las calificaciones generadas se reportan en la tabla XI, en general los productos fueron bien aceptados por los jueces; la más alta calificación en aceptabilidad general

(7.76) la recibió el producto desarrollado bajo las siguientes condiciones: jarabe 13% sacarosa, 45 min de tr y 500 ppm de SK y la menor (6.06) las placas tratadas con jarabe de 13% de sacarosa, 45 min de tr y 1000 ppm SK. Se puede decir que a menor concentración de sorbato de potasio los productos tienen más aceptación, así que el sorbato podría estar afectando al sabor y la aceptabilidad general de los productos.

Tabla XI. Calificaciones de la evaluación sensorial de placas de manzana impregnadas con jarabe a diferentes composiciones..

Proceso	Sabor	Textura	Aceptabilidad general
50% sac, 24min tr, 500ppm SK	7.2	7.6	7.55
50% sac, 45min tr, 500 ppm SK	7.4	7.1	7.10
13% sac, 24min tr, 500 ppm SK	6.79	7.16	7.12
13% sac, 45min tr, 500 ppm SK	7.68	7.84	7.76
50% sac, 24min tr, 1000 ppm SK	7.05	7.20	6.75
50% sac, 45min tr, 1000 ppm SK	6.30	6.70	6.40
13% sac, 24min tr, 1000 ppm SK	7.05	6.84	6.59
13% sac, 45min tr, 1000 ppm SK	6.42	6.11	6.06

*tr = tiempo de relajación, SK = sorbato de potasio, 1112 ppm Ca, 391 ppm Zn, 10 min ti, 46 cm Hg presión de vacío

7.2.3 Estudio de nuevos procesos de impregnación

Dados los resultados obtenidos en los ocho procesos estudiados y con el objeto de evaluar otros niveles de las variables en estudio, se decidió desarrollar cuatro nuevos procesos cuyas condiciones se presentan en la tabla XII, con ti de 24 min. Con este ti se puede mejorar la textura del producto respecto a los anteriormente desarrollados (tabla IX) además de aumentar la concentración de calcio y zinc

impregnados, y el uso de jarabe de 32°Bx también contribuye a la mejora de la textura y a reducir los valores de aw.

Tabla XII. Procesos de impregnación estudiados

Proceso	Sorbato de potasio (ppm)	Porcentaje de sacarosa (%)	Tiempo de relajación (min)
1	0	32	24
2	0	50	24
3	1000	32	24
4	1000	50	24

Los valores de los parámetros CV, SG, WL y WR obtenidos experimentalmente se presentan en las figuras 7 y 8, se puede observar que en los cuatro productos hay una reducción de volumen, siendo el valor máximo de 21.26% para las placas tratadas con jarabe de 50 °Bx y 1000 ppm de SK valor que es levemente superior a los valores presentados en la figura 5. Comparando los datos de las figuras 5 y 7 se aprecia que el cambio en volumen de las muestras tratadas con 32 °Bx es menor al cambio de las tratadas a 50 °Bx, pero nunca se aproxima al cambio de las muestras procesadas a 13 °Bx.

En cuanto a los sólidos ganados, en la figura 8 se observa que la mayor ganancia de sólidos corresponde a la fruta tratada con 50 °Bx que es nuevamente ligeramente mayor a los valores de la figura 6. En general (figuras 6 y 8) la fruta tratada con jarabe de 50 °Bx presenta la mayor ganancia de sólidos (7.85%), un valor intermedio la correspondiente a 32 °Bx (6.25 %) y el menor valor (2.47%) corresponde a la fruta tratada a 13 °Bx .

La mayor pérdida de agua de acuerdo a la figura 8 tiene un valor de 8.49% y corresponde a la manzana tratada con jarabe de 50 °Bx y 1000 ppm de sorbato. La magnitud de la pérdida de agua en los jarabes de 50% sacarosa (8.11%) de la figura 6 es un 62.5 % mayor que la correspondiente (4.99%) en la figura 8. Para la fruta tratada con 32 °Bx la pérdida – ganancia de agua se encuentra muy cercana al equilibrio implicando una ligera afectación de la fruta fresca.

De acuerdo a la figura 8 la única pérdida de peso se presenta en la manzana tratada con jarabe de 50 °Bx y 1000 ppm de sorbato. La ganancia de peso promedio en las placas tratadas con jarabe de 32°Bx es de 6.5%, este valor es casi el doble que la ganancia de peso en el producto correspondiente a 50 °Bx (2.97%) y aproximadamente una tercera parte del valor obtenido para la fruta tratada con jarabe de 13°Bx (19.07%).

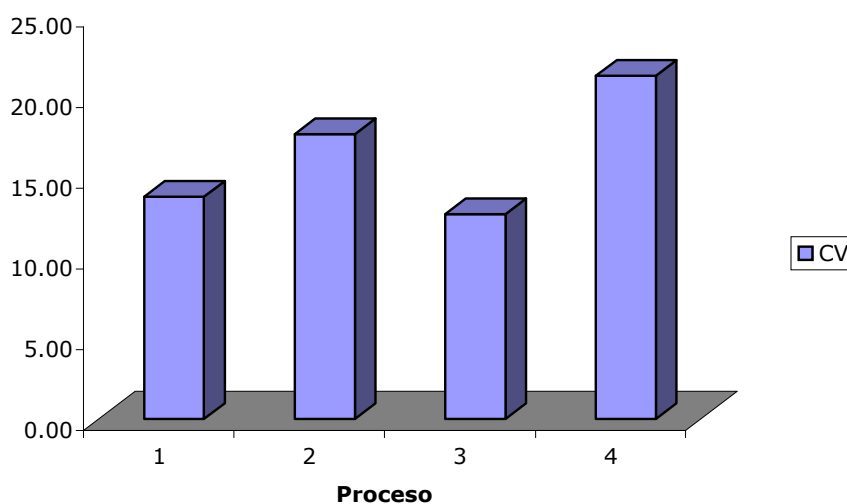


Figura 7. Cambio de volumen (CV) en placas de manzana impregnadas con jarabes a diferentes composiciones.

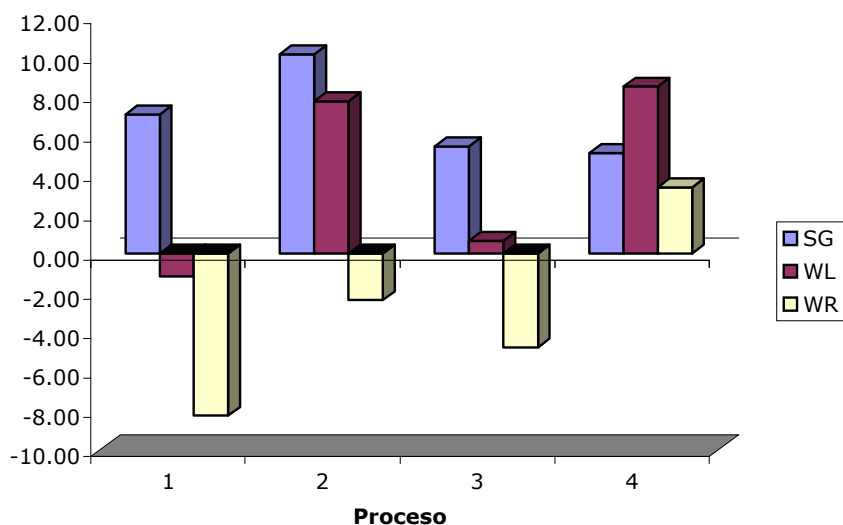


Figura 8. Sólidos ganados (SG), pérdida de agua (WL) y pérdida de peso (WR) en placas de manzana impregnadas con jarabes a diferentes composiciones

La tabla XIII muestra los valores obtenidos experimentalmente de pH, °Bx, fuerza máxima, área, color, aw. Los valores de pH de la tabla XIII (3.77 –3.87) en general son mayores al correspondiente a la fruta fresca (3.46) y al mismo tiempo menores a los reportados en la tabla 1X (3.93 – 4.18), sin embargo si caen dentro del rango para productos mínimamente procesados que va de 2.5 a 4.1 de acuerdo a Argaiz et al. (1995) El máximo valor obtenido es de 3.87 y corresponde a la manzana tratada con jarabe de 50% de sacarosa y 0 ppm de sorbato.

Los °Bx promedio reportados en la tabla XIII para las placas tratadas con jarabe de 32 °Bx (16.27%) son en general ligeramente menores que los obtenidos para las

placas tratadas con jarabe de 50°Bx (17.29%) pero claramente mayores a los correspondientes a las placas tratadas con jarabe de 13% (11.37%).

El uso de un tiempo de impregnación de 24 min generó productos de mayor textura respecto a un ti de 10 min, los valores promedio de fuerza máxima y área para placas tratadas con jarabe de 50 °Bx por 10 min de ti son 562.16 g y 4689.07 g*s mientras que para un ti de 24 min los valores correspondientes son 1129.5 g y 8001g*s respectivamente, esto implica un incremento de aproximadamente el doble. Esta mejora en el proceso implica una menor afectación de la textura de la fruta inicial.

En general los valores de fuerza máxima y área para las placas tratadas con jarabe de 32 °Bx (1369.5 g y 12 507.5 g*s) son mayores que los obtenidos para la fruta tratada tanto a 13°Bx como 50 °Bx a 10 y 24 min de ti (tablas IX y XIII). Además usando el jarabe de 32°Bx, 24 min de ti y 24 min de tr se alcanza un valor de fuerza máxima y área mayor al reportado para la fruta fresca (1310 g y 12 100 g *s).

De acuerdo a los valores reportados en la tabla XIII para el cambio neto de color la fruta tratada con jarabe de 32 °Bx presenta un valor en cambio neto de color (43.64) ligeramente mayor al reportado para la fruta correspondiente al jarabe de 50°Bx (42.4), los tiempos de impregnación, relajación por otro lado tienen un efecto importante en el incremento de cambio neto de color más que la concentración de sacarosa en los jarabes, ya que la diferencia de valores de ΔE entre los tratamientos a diferente tr y misma concentración de sacarosa en el jarabe como se muestra en la

tabla IX oscila entre 4.6 y 16.6, mientras que para el caso de la tabla XIII en donde los tiempos de t_i y t_r son iguales la correspondiente diferencia entre los valores de ΔE es del orden de 1- 0.76.

El máximo valor (0.985) de a_w reportado en la tabla XIII corresponde a los productos tratados con jarabe de 32 °Bx , 0 ppm de sorbato y 50 °Bx, 1000 ppm de sorbato; por el contrario el menor valor de a_w (0.975) lo presenta el producto tratado con 50% de sacarosa y 0 ppm de sorbato. Se puede decir que en general se logra una disminución importante de la a_w de la manzana tratada respecto a la fresca (0.993) para los tratamientos con jarabe de 32 y 50°Bx mientras que para el caso del jarabe de 13°Bx la a_w se mantiene prácticamente igual (0.993) haciendo a los primeros los más óptimos para el desarrollo de las placas de manzana mínimamente procesadas.

El sorbato de potasio retenido en la matriz porosa de la manzana tratada a las condiciones indicadas en la tabla XIII es ligeramente superior para el caso del jarabe de 32 °Bx (247.43 ppm) que para el de 50°Bx (230.37 ppm), además en general la concentración de sorbato en las placas de manzana es mayor para los procesos de la tabla XIII respecto a los de la tabla IX. El aumento del tiempo de impregnación (t_i) implica un aumento en la concentración de sorbato en la fruta, así la fruta tratada con jarabe de 50°Bx, 1000 ppm de sorbato, 24 min de t_r y 10 min de t_i tiene un valor de 187 ppm de sorbato (tabla IX) y la correspondiente a 24 min de t_i uno de 230.37 ppm (tabla XIII), esto representa un aumento del 23.21 % de la cantidad de sorbato retenido.

Tabla XIII. Caracterización de placas de manzana impregnadas con jarabe a diferentes composiciones.

Proceso	pH	°Bx	Fuerza máxima (g)	área (g/s)	color (ΔE)	SK (ppm)	aw
32% sac,24min tr,0 ppm SK	3.80	16.23	1497.70	13542	44.13	0	0.985
50% sac,24min tr,0 ppm SK	3.87	17.90	1207.33	8832	42.01	0	0.975
32% sac,24min tr,1000 ppm SK	3.77	16.30	1241.27	11473	43.15	247.43	0.984
50% sac,24min tr,1000 ppm SK	3.82	16.67	1051.77	7170	42.78	230.37	0.985

*tr = tiempo de relajación, SK = sorbato de potasio, 1112 ppm Ca, 391 ppm Zn, 24 min ti, 46 cm Hg presión de vacío

El valor promedio de la concentración de calcio reportado en la tabla XIV es de 210.33 ppm y el de zinc del orden de 63.26 ppm, el mayor valor de calcio y zinc (240.84 y 74.21 ppm) corresponde a la fruta tratada con jarabe de 32°Bx y 0 ppm de sorbato, mientras que por el contrario el menor valor para ambos minerales (184.71 y 55.86 ppm) lo presenta la manzana tratada con jarabe de 50°Bx y 1000 ppm de sorbato.

En general a menor concentración de sacarosa en el jarabe los niveles de calcio alcanzados en la manzana son mayores, la concentración promedio de calcio en la fruta tratada con 13°Bx es de 236.4 ppm, para el caso de 32°Bx es de 225 ppm y en cuanto a 50°Bx de sacarosa es 204.9 (tablas X y XIV).

Los valores de zinc reportados en la tabla XIV (55.86 – 74.21 ppm) correspondientes a un ti de 24 min, son en general menores a los presentados en la

tabla 11 (108.95-76.72ppm) con un ti de 10 min, de acuerdo a estos resultados el incremento en el tiempo de impregnación no mejora la cantidad de mineral retenido.

Tabla XIV. Contenido de calcio y zinc de placas de manzana impregnadas con jarabe a diferentes composiciones.

Proceso	ppm Ca	ppm Zn
32%, 24 ti,24 tr,0 ppm	240.84	74.21
50%, 24 ti,24tr,0 ppm	205.97	57.23
32%, 24 ti,24 tr,1000 ppm	209.82	65.74
50%, 24 ti,24tr,1000 ppm	184.71	55.86

*tr = tiempo de relajación, SK = sorbato de potasio, 1112 ppm Ca, 391 ppm Zn, 24 min ti, 46 cm Hg presión de vacío

El producto que mejor aceptación sensorial tuvo tanto en sabor, textura y aceptabilidad general de acuerdo a la tabla XV fue el correspondiente al procesado con un jarabe de 32°Bx, 24 min de ti, 24 min de tr y 0 ppm de SK.

Comparando las tablas XI y XV en las que se reportan las calificaciones obtenidas en la evaluación sensorial para productos desarrollados a 10 y 24 min de ti respectivamente, se puede decir que los valores máximos obtenidos para sabor en ambos casos son prácticamente iguales (7.4 y 7.37), pero los correspondientes a textura (7.84 y 7.79) y aceptabilidad general (7.76 y 7.32) son mayores para un ti de 10 min; de acuerdo a lo comentado anteriormente el incremento en textura para la fruta tratada con un ti de 24 min, reportado en la tabla XIII aparentemente influye de manera negativa en la calificación dada por los jueces para este parámetro.

Tabla XV. Calificaciones de la evaluación sensorial de placas de manzana impregnadas con jarabe a diferentes composiciones.

	Sabor	Textura	Aceptabilidad general
32%, 24 ti,24 tr,0 ppm	7.37	7.79	7.32
50%, 24 ti,24tr,0 ppm	7.16	7.11	7.21
32%, 24 ti,24 tr,1000 ppm	6.63	7.26	7.21
50%, 24 ti,24tr,1000 ppm	6.79	6.95	6.74

*tr = tiempo de relajación, SK = sorbato de potasio, 1112 ppm Ca, 391 ppm Zn, 24 min ti, 46 cm Hg presión de vacío

7.3 Balance de materia de las placas de manzana impregnadas

Con el objeto de definir el mecanismo probable mediante el cual se incorporan las sales de calcio y zinc a la manzana se realizó la modelación del proceso de impregnación, se sabe que un proceso de impregnación a vacío consiste en un intercambio de líquido o gas nativo ocluido en los poros del alimento con un líquido externo por acción del MHD, promovido por una diferencia de presiones como primer paso y durante el periodo de tiempo que se mantiene el vacío llamado de impregnación, posteriormente al reestablecerse la presión atmosférica en adición al ingreso del líquido de impregnación a la estructura porosa de la fruta se da un fenómeno de deshidratación osmótica (DO) durante el periodo de tiempo llamado de relajación; tomando en cuenta estos fenómenos de transferencia de masa es posible predecir la cantidad de jarabe de impregnación que penetra en la estructura del alimento en condiciones ideales.

a. Si se considera sólo el intercambio de sólidos se debe establecer el balance de los sólidos solubles para conocer la cantidad de jarabe que se introduce al alimento, quedando el siguiente planteamiento:

$$(P_i) (\text{°B}_{xi}) + (J_i)(\text{°B}_{xj}) = (P_f)(\text{°B}_{xf}) \quad (7.1)$$

donde:

P_i = Peso inicial del alimento (g)

°B_{xi} = Sólidos solubles iniciales del alimento

°B_{xj} = Sólidos solubles del jarabe de impregnación, (considerados constantes durante el proceso)

P_f = Peso final experimental del alimento impregnado (g)

°B_{xf} = Sólidos solubles finales del alimento impregnado

J_i = Jarabe impregnado (g)

Si se considera que el jarabe que penetra al alimento sólo ocupa la estructura porosa del mismo y no se presenta salida de agua o entrada de sólidos por proceso osmóticos, el cambio de composición del producto se podría calcular de la siguiente manera:

$$(P_i) (C_{xi}) + (J_i)(C_{xj}) = (P_f)(C_{xf}) \quad (7.2)$$

Donde:

P_i = Peso inicial del alimento (g)

C_{xi} = Concentración inicial en el alimento del compuesto a impregnar (ppm)

J_i = Jarabe impregnado (g)

C_{xj} = Concentración en el jarabe del compuesto a impregnar (ppm)

P_f = Peso final experimental del alimento impregnado (g)

C_{xf} = Concentración final en el alimento del compuesto a impregnar (ppm)

b. Por otro lado si se considera sólo el MHD la cantidad de jarabe incorporado a la matriz porosa del alimento puede calcularse en base a la porosidad del alimento que indica el volumen máximo a ocupar por el jarabe de impregnación según la ecuación 7.3.

$$(V_i)(\epsilon_e)(\rho_j) = J_i$$

Donde

V_i = volumen inicial del alimento (cm^3)

ϵ_e = porosidad efectiva del alimento

ρ_j = densidad del jarabe (g/cm^3)

J_i = Jarabe impregnado (g)

Nuevamente se considera que el jarabe impregnado sólo ocupa la estructura porosa y no se presenta salida de agua o entrada de sólidos por procesos osmóticos y usando la ecuación 7.2 se calcula el cambio en composición del producto en donde el peso final es la suma del peso inicial y la cantidad de jarabe impregnado calculado con la ecuación 7.3.

c. Existe un tercer comportamiento en el cual la cantidad de jarabe impregnado es menor a la correspondiente al MHD, en este caso la cantidad de jarabe impregnado se calcula con la ecuación 7.3, pero para calcular el cambio en composición del producto, que también se hace con la ecuación 7.2, se toma el peso final obtenido experimentalmente y el jarabe impregnado es la diferencia entre el peso inicial y final.

Se aplicó esta modelación a los productos desarrollados en este trabajo, en la tabla XVI se presentan los parámetros experimentales de masa, volumen y °Bx obtenidos en los cuatro productos desarrollados con 24 min de ti y los ocho productos con 10 min de ti y. Los valores de porosidad, densidad y concentraciones de calcio y zinc iniciales, y en el jarabe que se consideraron aparecen en la tabla XVII.

Tabla XVI. Valores de masa, volumen, °Bx de placas de manzana impregnadas con jarabe a diferentes composiciones.

proceso	Pi (g)	Pf (g)	Vi (cm ³)	°Bx _i	°Bx _f	°Bx _{jarab}
32% sac,24 ti,24 tr, 0 ppm	8.67 ^Δ	9.39 ^Δ	11.05	13.83	19.3	33
50% sac,24ti,24 tr, 0 ppm	8.81 ^Δ	9.02 ^Δ	11.39	13.83	23.4	52
32% sac,24 ti,24 tr, 1000 ppm	8.58 ^Δ	8.99 ^Δ	10.94	13.83	18.4	33
50% sac,24 ti,24tr, 1000 ppm	8.42 ^Δ	8.13 ^Δ	10.727	13.83	19.6	52
50% sac,10 ti,24 tr, 500ppm SK	74.14 [□]	75.65 [□]	12.18	11.07	17.83	52
50% sac,10 ti,45 tr, 500 ppm SK	82.53 [□]	85.24 [□]	11.53	11.07	18.97	52
13% sac,10 ti,24 tr, 500 ppm SK	80.17 [□]	97.21 [□]	11.25	11.07	10.83	15
13% sac,10 ti,45 tr, 500 ppm SK	80.97 [□]	94.83 [□]	11.8	11.07	11.10	15
50% sac,10 ti,24 tr, 1000 ppm SK	80.65 [□]	84.66 [□]	11.66	11.07	19.83	52
50% sac,10 ti,45 tr, 1000 ppm SK	81.37 [□]	83.07 [□]	11.13	11.07	17.52	52
13% sac,10 ti,24 tr, 1000 ppm SK	82.76 [□]	91.97 [□]	11.75	11.07	12.18	15
13% sac,10 ti,45 tr, 1000 ppm SK	83.22 [□]	104.33 [□]	11.43	11.07	11.38	15

*ti = tiempo de impregnación, tr = tiempo de relajación, SK = sorbato de potasio, 46 cm Hg presión de vacío.

^Δ peso en base a 1 placa de manzana.

[□] pesos en base a 10 placas de manzana.

Tabla XVII. Porosidad, densidad y concentración de calcio y zinc para la manzana y los jarabes de sacarosa usados en la modelación del proceso de impregnación.

Parámetro	Valor
Porosidad	29.5 %
Densidad jarabe 32% sacarosa	1.14 g/cm ³
Densidad jarabe 50% sacarosa	1.22 g/cm ³
Contenido de calcio en la manzana fresca	60.43 ppm
Contenido de zinc en la manzana fresca	1.94 ppm
Contenido de calcio en los jarabes:	
13 °Bx	1002 ppm
32 °Bx	1301 ppm
50 °Bx	1032 ppm
Contenido de zinc en los jarabes:	
13 °Bx	379 ppm
32 °Bx	372 ppm
50 °Bx	422 ppm

En la tabla XVIII se presentan las concentraciones determinadas usando un espectrofotómetro de absorción atómica, las concentraciones predichas tanto por el balance de °Bx como por el mecanismo hidrodinámico (MHD) usando pesos reales e ideales, y el porcentaje de desviación para el calcio y lo correspondiente para el zinc en la tabla XIX.

En la figura 9 se grafica la relación de los valores predichos y experimentales para determinar la efectividad de la modelación, para el caso del calcio se observa que los valores predichos y determinados por el MHDideal son bajos pero muy cercanos entre sí, mientras que para el MHDreal los valores además de ser bajos están dispersos, los valores que parecen tener el mejor ajuste son los correspondientes al balance de °Bx, esto significa que se están llevando a cabo varios procesos, así para el MHD el jarabe se diluye y no entra la misma cantidad determinada experimentalmente.

En cuanto al zinc nuevamente el mejor ajuste corresponde al balance de °Bx, respecto a la impregnación (MHDideal), de acuerdo a la figura 10 se nota que no entra a la fruta todo el jarabe que debería y por lo tanto no se está ocupando todo el volumen, la modelación por diferencia de peso entre las placas da relaciones valores experimentales – valores predichos bajas que indican que el jarabe de alguna manera se diluye y no entra la cantidad que teóricamente debería entrar.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede decir que la DO es el mecanismo cuyos valores experimentales son mejor predichos tanto para calcio como para zinc ya que el porcentaje de desviación promedio de acuerdo a las tablas XVIII y XIX es de 19.72 % y 26.32% respectivamente, mientras que para los otros dos modelos son del orden de 73.33 % (Ca) y 58.64 % (Zn) para el MHDideal, y 42.3 % (Ca), 68.07 %(Zn) para el MHDreal.

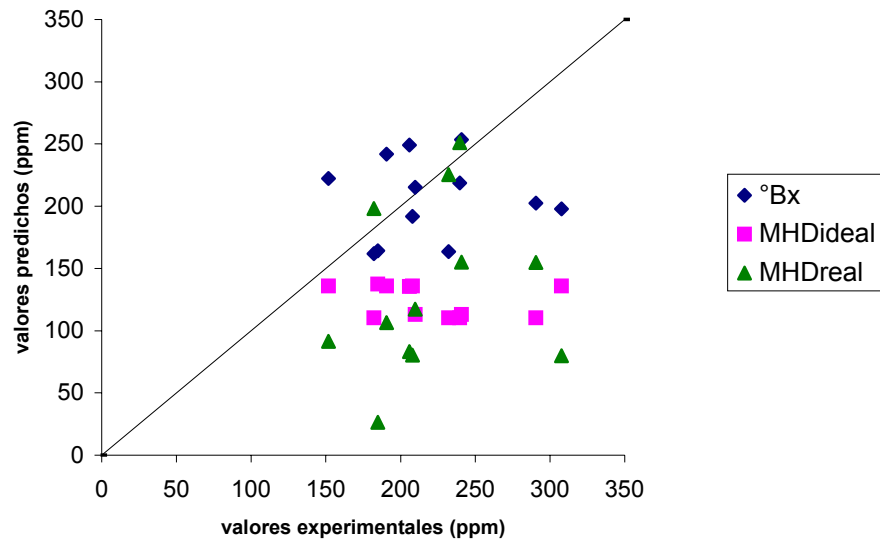


Figura 9. Relación de valores experimentales y predichos para calcio

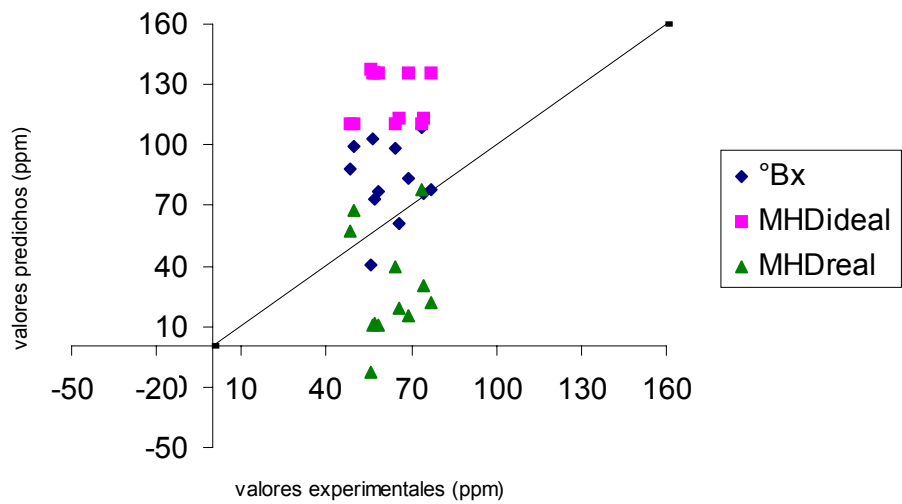


Figura 10. Relación de los valores experimentales y predichos para zinc

Tabla XVIII. Modelación del proceso de impregnación de calcio por balance de °Bx (°Bx), mecanismo hidrodinámico ideal (MHDideal) y mecanismo hidrodinámico real (MHDreal) en placas de manzana.

proceso	ppm		% desv °Bx	ppm		% desv	
	experimental	ppm °Bx		MHDideal	MHDreal	MHDideal	MHDreal
32%, 24 ti,24 tr,0 ppm	240.84	253.45	5.24	432.66	79.65	155.02	35.63
50%, 24 ti,24tr,0 ppm	205.97	249.21	20.99	369.06	79.18	83.13	59.64
32%, 24 ti,24 tr,1000 ppm	209.82	215.25	2.59	432.67	106.21	117.24	44.12
50%, 24 ti,24tr,1000 ppm	184.71	164.14	11.14	373.62	102.27	26.46	85.68
50%, 10 ti,24 tr,500 ppm	307.59	197.78	35.70	370.28	20.38	79.88	74.03
50%, 10 ti,45tr,500 ppm	151.80	222.29	46.43	370.28	143.92	91.35	39.82
13%, 10 ti,24 tr,500 ppm	232.10	163.48	29.57	330.88	42.56	225.54	2.83
13%, 10 ti,45tr,500 ppm	182.15	161.72	11.22	330.88	81.65	198.10	8.76
50%, 10 ti,24tr,1000 ppm	190.65	241.83	26.85	370.28	94.22	106.48	44.15
50%, 10 ti,45tr,1000 ppm	208.01	191.70	7.84	370.28	78.01	80.33	61.38
13%, 10 ti,24tr,1000 ppm	290.62	202.57	30.30	330.88	13.85	154.71	46.77
13%, 10 ti,45tr,1000 ppm	239.60	218.56	8.78	330.88	38.10	250.98	4.75

Tabla XIX. Modelación del proceso de impregnación de zinc por deshidratación osmótica (DO) y mecanismo hidrodinámico (MHD) en placas de manzana.

producto	ppm leídas	ppm DO	% desv DO	ppm MHDideal	% desv MHDideal	ppm MHDreal	% desv MHDreal
32%, 24 ti,24 tr,0 ppm	74.21	75.90	2.28	112.98	52.23	30.16	59.36
50%, 24 ti,24tr,0 ppm	57.23	73.22	27.94	135.38	136.55	11.75	79.46
32%, 24 ti,24 tr,1000 ppm	65.74	60.95	7.29	112.98	71.86	18.89	71.27
50%, 24 ti,24tr,1000 ppm	55.86	40.11	28.19	137.35	145.88	-12.75	122.82
50%, 10 ti,24 tr,500 ppm	58.56	76.72	23.66	135.90	77.14	10.35	86.51
50%, 10 ti,45tr,500 ppm	68.85	83.55	17.59	135.90	62.66	15.31	81.68
13%, 10 ti,24 tr,500 ppm	49.46	98.92	50.00	110.25	11.45	68.06	31.20
13%, 10 ti,45tr,500 ppm	48.04	87.95	45.38	110.25	25.35	57.07	35.11
50%, 10 ti,24tr,1000 ppm	77.20	77.60	0.51	135.90	75.13	21.85	71.84
50%, 10 ti,45tr,1000 ppm	56.09	102.70	45.39	135.90	32.33	10.54	89.73
13%, 10 ti,24tr,1000 ppm	64.16	98.50	34.86	110.25	11.92	39.69	59.70
13%, 10 ti,45tr,1000 ppm	73.30	108.95	32.72	110.25	1.19	78.25	28.18

7.4 Estudio de estabilidad durante el almacenamiento

De acuerdo a los procesos estudiados en este trabajo en el apartado 7.2 (selección del proceso de impregnación) , se seleccionaron aquellos que generan productos de alta calidad sensorial con niveles adecuados de calcio y zinc y cuyo consumo en cantidades de 100 g cubren el 1.75% y 42.2% de los requerimientos diarios nutrimentales y con una retención de sorbato en la matriz porosa lo suficientemente alta como para prolongar la vida útil de la fruta procesada respecto a la fresca. Los productos seleccionados para el estudio de estabilidad se almacenaron a dos temperaturas 5 y 25°C por 90 y 14 días respectivamente, todas las muestras se obtuvieron del mismo lote de manzana y se impregnaron al mismo tiempo.

Tabla XX. Procesos seleccionados para impregnar manzana.

Clave del Producto	°Bx	Tiempo de impregnación, ti (min)	Tiempo de relajación, tr (min)	Ppm de sorbato de potasio (SK) en el jarabe
32° s/sk	32	24	24	0
50° s/sk	50	24	24	0
32° c/sk	32	24	24	1000
50° c/sk	50	24	24	1000

Presión de vacío de 46 cm Hg

1301 ppm y 1030 ppm de calcio en jarabe 32°Bx y 50°Bx respectivamente

372 ppm y 422 ppm de zinc en jarabe 32 °Bx y 50 °Bx respectivamente

7.4.1 Cambios composicionales de la fruta impregnada durante el almacenamiento

Los valores experimentales de pH, °Bx, fuerza máxima (g), área (g*s), cambio neto de color, sorbato de potasio (SK) y aw al tiempo 0 se presentan en la tabla XXI, así como sus correspondientes análisis de varianza respecto al tiempo de almacenamiento en el apéndice A.

Tabla XXI. Caracterización de los productos de manzana al tiempo inicial de almacenamiento.

Proceso	pH	°Bx	fuerza máxima (g)	área (g/s)	color (ΔE)	SK (ppm)	aw
32% sac,24min tr,0 ppm SK	3.80	16.23	1497.70	13542	44.13	0	0.985
50% sac,24min tr,0 ppm SK	3.87	17.90	1207.33	8832	42.01	0	0.975
32% sac,24min tr,1000 ppm SK	3.77	16.30	1241.27	11473	43.15	247.43	0.984
50% sac,24min tr,1000 ppm SK	3.82	16.67	1051.77	7170	42.78	230.37	0.985

SK = sorbato de potasio

En la figura 11 se muestra la evolución de los °Bx durante el almacenamiento de los diferentes productos a ambas temperaturas, en general se observa que los valores se mantienen constantes durante los 90 y 14 días de almacenamiento a 5 y 25 °C, El valor promedio de °Bx para la fruta tratada con jarabe de 32 % de sacarosa sin sorbato es de 15.61, para las placas tratadas con jarabe de 50% de sacarosa sin sorbato de 17.98 , las correspondientes a 32 % de sacarosa con 1000 ppm de sorbato presentan un valor de 16.44 y finalmente la fruta impregnada con jarabe de 50% de sacarosa y 1000 ppm de sorbato uno de 18.4 °Bx. De acuerdo al análisis de varianza (apéndice A) correspondiente a los °Bx a ambas temperaturas de

almacenamiento si hay diferencia significativa ($p < 0.05$) debido a la falta de homogeneidad en la muestra.

En cuanto al pH (figura 12) de las muestras almacenadas a 5 °C se observa que los valores se encuentran entre 3.5 – 4.3 y los reportados para 25 °C oscilan entre 3.5 – 4.2 esta variación puede provocar inestabilidad en el producto, para el almacenamiento a 5°C se observa una marcada disminución en los primeros 15 días quizá debida a lixiviación de ácidos orgánicos de la manzana, a partir de los 15 días la tendencia no es clara ya que mientras la manzana tratada con jarabe de 50°Bx sin sorbato aumenta ligeramente en su valor de pH, el resto disminuye. Para los productos almacenados a 25 °C se observa una clara tendencia a aumentar el valor de pH quizá debido a la acción microbiana.

Los valores de a_w reportados en la figura 13 para las muestras almacenadas a 5 °C varían entre 0.968 - 0.994, y para el caso de 25 °C el intervalo es de 0.975 – 0.988, además en general se observa una leve tendencia a disminuir, que podría deberse a la hidrólisis de sacarosa en los productos. Al realizar el análisis de varianza (apéndice A) se observa que si hay diferencia significativa en la a_w a ambas temperaturas.

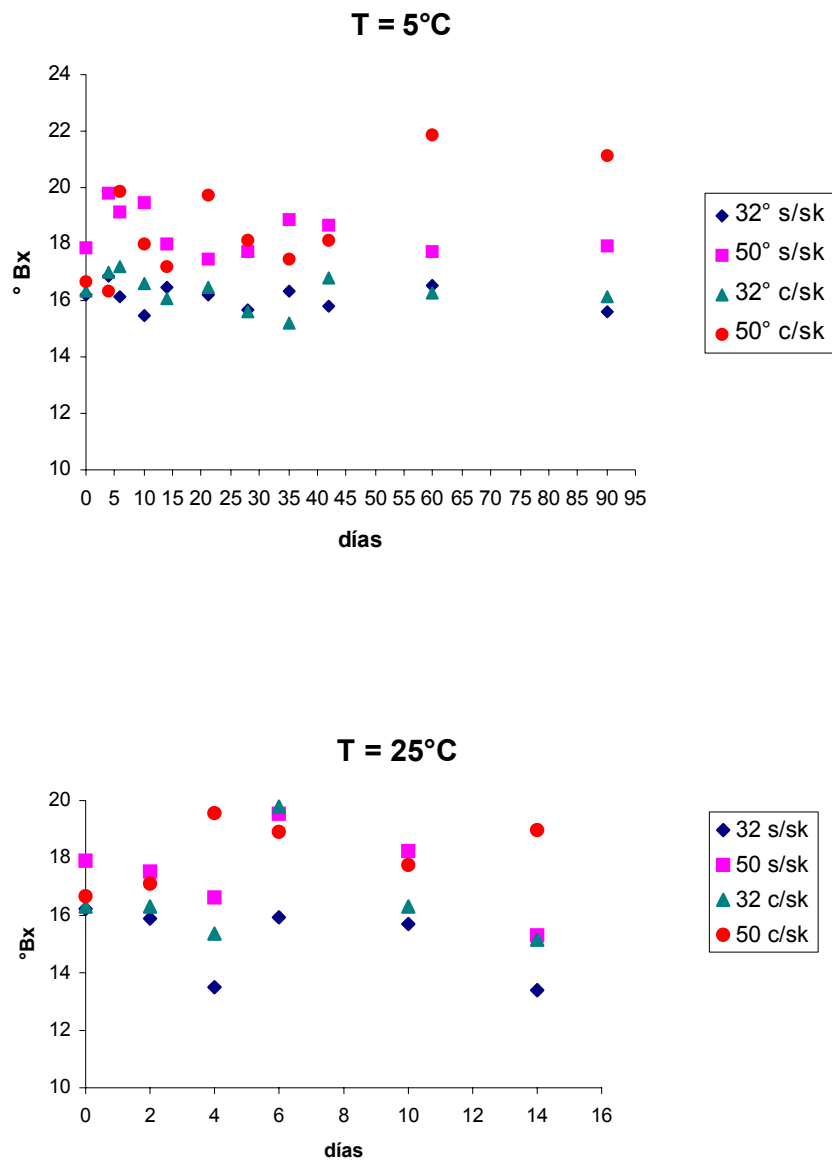


Figura 11. Cambios en °Bx en placas de manzana impregnadas en jarabe con 1000 ppm de calcio y 375 ppm de zinc durante su almacenamiento a 5 y 25°C.

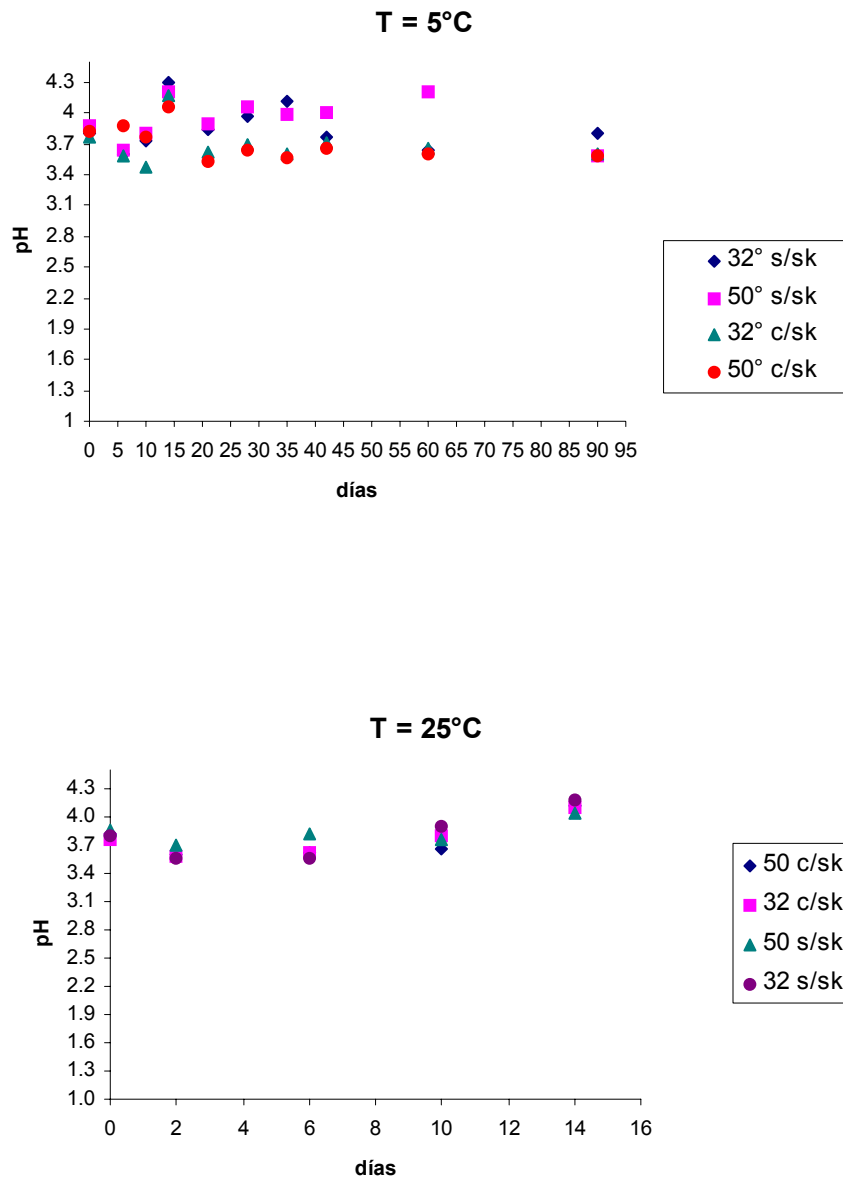


Figura 12. Cambios en pH en placas de manzana impregnadas en jarabe con 1000 ppm de calcio y 375 ppm de zinc durante su almacenamiento a 5 y 25°C.

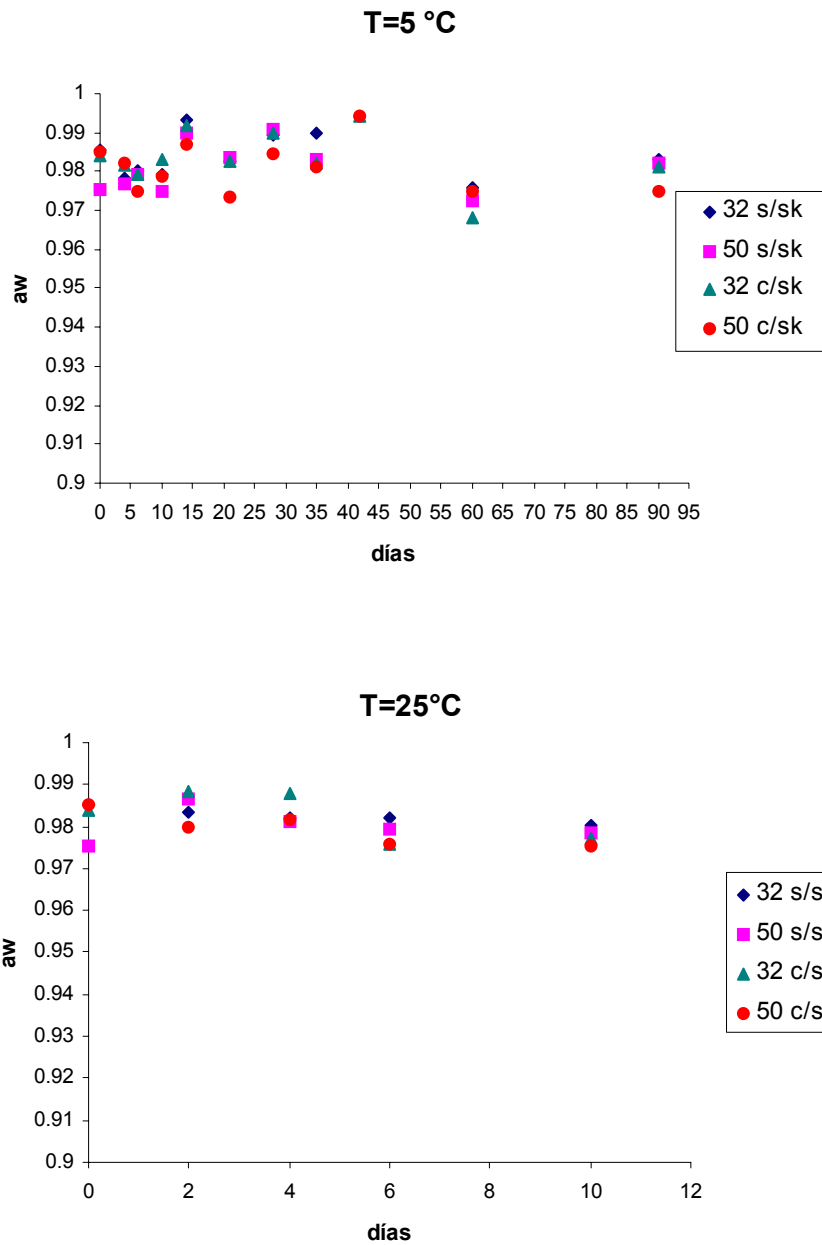


Figura 13. Cambios en a_w en placas de manzana impregnadas en jarabe con 1000 ppm de calcio y 375 ppm de zinc durante su almacenamiento a 5 y 25°C.

7.4.2 Cambios de color durante el almacenamiento

Los valores de L, a, b de la escala de Hunter para el almacenamiento a 5 y 25 °C se presentan en la tabla XXII y XXIII. Como se sabe “L” indica luminosidad (blanco – negro), “a” se refiere a la contribución rojo – verde y “b” al amarillo – azul. De acuerdo al análisis de varianza del apéndice A correspondiente, si hay un cambio significativo ($p < 0.05$) respecto al tiempo de almacenamiento a 5°C de los valores del parámetro “a” de la fruta tratada con jarabe con 1000 ppm de sorbato a ambas concentraciones de sacarosa no así en las placas tratadas con jarabe sin sorbato de potasio ($p > 0.05$). Los valores de L y b se mantienen constantes, este cambio en el parámetro “a” indica que el color tiende hacia una mayor contribución del verde.

Para el caso de las manzanas almacenadas a 25 °C el análisis de varianza correspondiente ($p < 0.05$), indica que los valores de los parámetros L, a y b de los cuatro productos se ven afectados significativamente con el tiempo de almacenamiento, esto va a afectar el cambio neto de color correspondiente a esta temperatura.

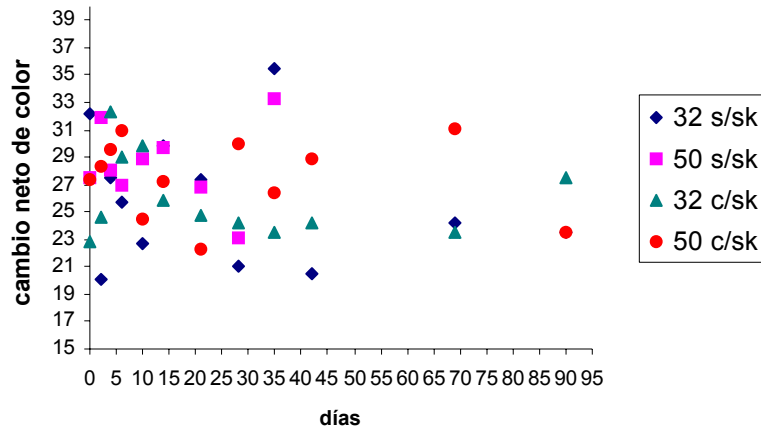
El cambio neto de color durante el almacenamiento se calculó con base a los valores de la fruta fresca, la figura 14 presenta el cambio neto de color a las dos temperaturas de almacenamiento, el ΔE correspondiente a 5°C en general tiende a disminuir excepto para la muestra tratada con jarabe de 50 % de sacarosa y 1000 ppm de sorbato, sin observarse una tendencia clara, sin embargo para el almacenamiento a 25 °C la diferencia de color es mayor respecto a la de 5°C, la

tendencia que presentan los cuatro productos es de disminuir en los primeros dos días que es cuando el jarabe de impregnación sale de la fruta quedando un color más cercano al de la manzana fresca, para posteriormente aumentar debido a la degradación del color debido al oscurecimiento superficial de las placas, cabe mencionar que tanto al principio como al final del almacenamiento los valores de ΔE de los cuatro productos eran muy semejantes 43.5 y 24.5 respectivamente. En cuanto al efecto del sorbato sobre ΔE se nota en la figura 14 que en el almacenamiento a 25 °C el ΔE de la fruta tratada con sorbato es mayor respecto a la fruta tratada sin sorbato, esto significa que la manzana tratada sin sorbato mantiene sus parámetros de color semejantes a los de la fruta fresca durante el almacenamiento.

Para jitomate entero de alta humedad almacenado por 40 días Fernández reporta a 5 y 15 °C un ΔE de 3 y a 25 °C de 6, Santacruz (1997) presenta para melón mínimamente procesado después de 45 días a 5°C un ΔE de 6 y a 25°C de 12, Sandoval (1998) menciona que para rebanadas de aguacate mínimamente procesado y almacenado a 5 °C en 10 días el ΔE es de 12.

También se calculó el croma o saturación, en la figura 15 se observa que en general su valor aumenta siendo más marcado para el caso del almacenamiento a 25 °C que a 5 °C esto significa que las placas son afectadas por el oscurecimiento enzimático y no enzimático. En el caso del croma el efecto del sorbato es inverso al que se presenta para el cambio neto de color, es decir, que las muestras sin sorbato presentan valores de croma o saturación mayores a la manzana tratada con sorbato, que nuevamente implica que el color inicial se conserva.

T = 5 °C



T = 25 °C

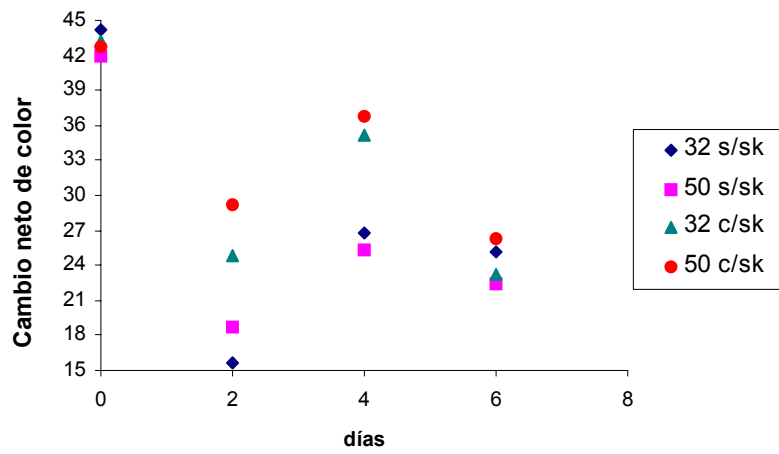


Figura 14 Cambio neto en color (ΔE) en placas de manzana impregnadas en jarabe con 1000 ppm de calcio y 375 ppm de zinc durante su almacenamiento a 5 y 25°C.

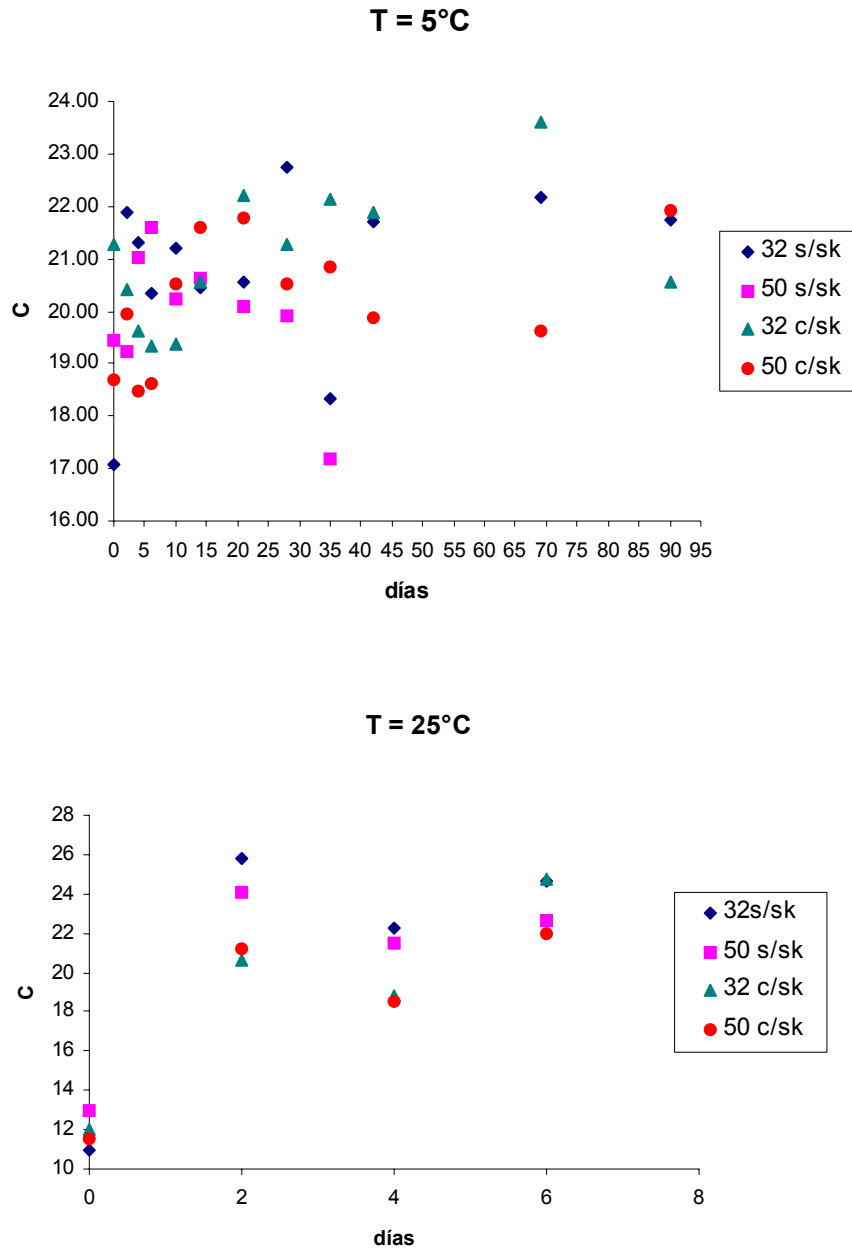


Figura 15. Cambio en cromía (C) o saturación en placas de manzana impregnadas en jarabe con 1000 ppm de calcio y 375 ppm de zinc durante su almacenamiento a 5 y 25°C.

Tabla XXII. Valores experimentales de los parámetros L, a, b para placas de manzana impregnadas y almacenadas a 5 °C.

días	32 %sac, 0 ppm SK			50 %sac, 0 ppm SK			32 %sac, 1000 ppm SK			50 %sac, 1000 ppm SK		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
0	45.63	-3.13	16.78	49.99	-3.26	19.18	54.43	-3.56	20.97	50.19	-3.99	18.28
2	57.06	-4.86	21.35	45.55	-3.27	18.94	52.70	-4.26	19.96	48.98	-4.53	19.43
4	49.76	-4.08	20.93	49.20	-3.58	20.72	45.04	-2.91	19.39	47.94	-4.64	17.87
6	51.56	-3.70	20.00	50.29	-3.62	21.30	48.38	-3.64	19.00	46.52	-3.70	18.24
10	54.61	-3.73	20.88	48.44	-3.72	19.89	47.59	-4.07	18.94	52.78	-4.56	20.02
14	47.52	-3.75	20.09	47.71	-3.07	20.39	51.39	-4.43	20.06	49.95	-4.42	21.13
21	50.02	-3.34	20.30	50.59	-3.34	19.81	52.44	-3.95	21.86	54.90	-4.75	21.23
28	56.20	-3.54	22.47	54.27	-3.82	19.53	53.07	-4.51	20.80	47.32	-4.67	19.98
35	42.11	-3.01	18.07	44.40	-3.08	16.91	53.66	-4.36	21.68	50.80	-4.98	20.23
42	56.81	-3.99	21.32	-	-	-	53.06	-4.27	21.45	48.43	-4.75	19.31
69	52.96	-5.1	21.57	-	-	-	53.63	-5.35	22.99	46.34	-3.9	19.22
90	53.67	-5.54	21.02	-	-	-	49.76	-5.36	19.84	53.60	-5.54	21.22

Tabla XXIII. Valores experimentales de los parámetros L, a, b para placas de manzana impregnadas y almacenadas a 25 °C.

días	32 %sac, 0 ppm SK			50 %sac, 0 ppm SK			32 %sac, 1000 ppm SK			50 %sac, 1000 ppm SK		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
0	34.71	-2.24	10.76	36.41	-2.12	12.75	35.45	-2.48	11.74	35.94	-2.83	11.22
2	61.72	-5.53	25.17	58.49	-4.24	23.66	52.37	-4.68	20.10	48.07	-5.33	20.55
4	50.48	-3.34	22.03	51.88	-3.42	21.26	42.28	-3.60	18.50	40.66	-5.38	17.71
6	51.99	-5.55	23.98	54.72	-5.00	22.07	54.03	-6.24	23.95	50.89	-5.76	21.17

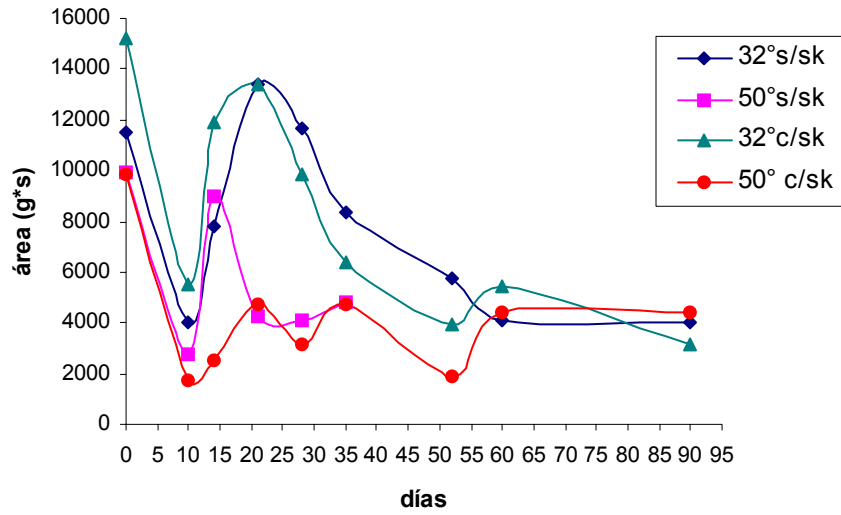
7.4.3 Cambios en textura durante el almacenamiento

Los valores experimentales de textura obtenidos durante los 90 días de almacenamiento a ambas temperaturas, se encuentran en las figuras 16 para área, y 17 para fuerza máxima. El área hace referencia a la fuerza necesaria para deformar la placa por unidad de tiempo ($g*s$) La fuerza máxima se refiere a la máxima resistencia a la penetración en las placas de manzana (g).

El cambio en textura en cuanto al cambio en área y fuerza máxima durante el almacenamiento es similar para ambos parámetros, observando la figura 16, a 5°C se nota que al principio hay una caída brusca de la textura que puede deberse a la salida del líquido impregnado y del líquido nativo hacia fuera de la estructura porosa de la manzana, posteriormente la textura se incrementa posiblemente a que el tejido se compacta y finalmente cae, probablemente debido a su degradación, esto coincide con el análisis de varianza correspondiente ubicado en el apéndice A que indica que p es menor a 0.05 y por lo tanto si hay una diferencia significativa respecto al tiempo de almacenamiento. Por su parte el almacenamiento a 25 °C (figura 16) presenta una leve tendencia a disminuir en los parámetros antes mencionados además el corto tiempo de monitoreo (6 días) no permite que se observen los cambios que se presentan en las correspondientes muestras a 5 °C, apoyando esto el valor del análisis de varianza reportado señala que no hay una diferencia significativa. La figura 17 presenta comportamientos como los anteriormente descritos para la figura 16.

Los productos estudiados que fueron formulados usando un jarabe de 32 °Bx presentan en general mayores valores de área y fuerza máxima que los correspondientes a 50 °Bx a ambas temperaturas de almacenamiento, esto indica que a mayor concentración de sacarosa en el jarabe se afecta más la estructura de la fruta reblandeciéndola.

T = 5°C



T = 25°C

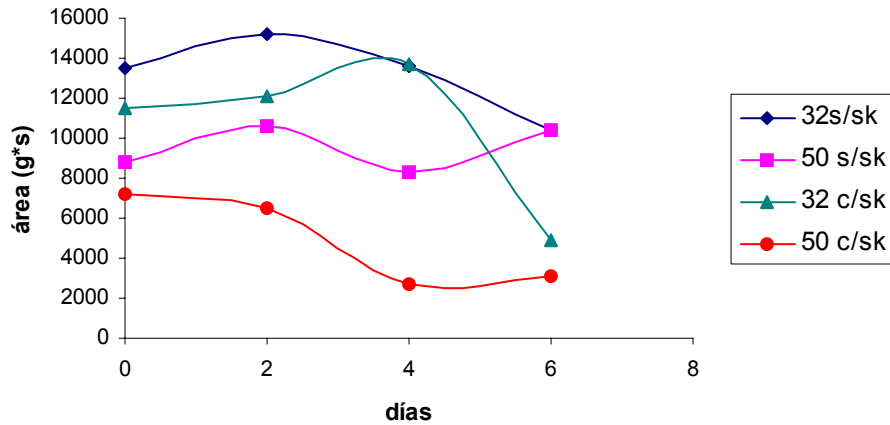


Figura 16. Cambio en área (g*s) en placas de manzana impregnadas en jarabe con 1000 ppm de calcio y 375 ppm de zinc durante su almacenamiento a 5 y 25°C.

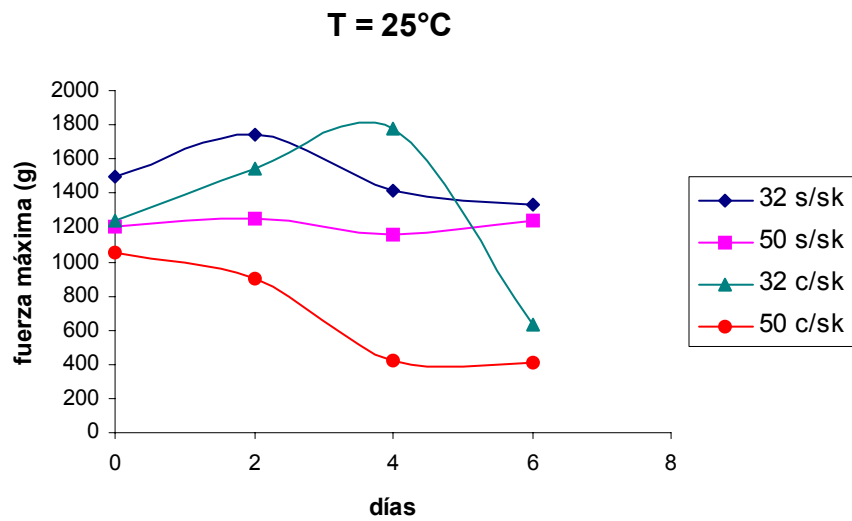
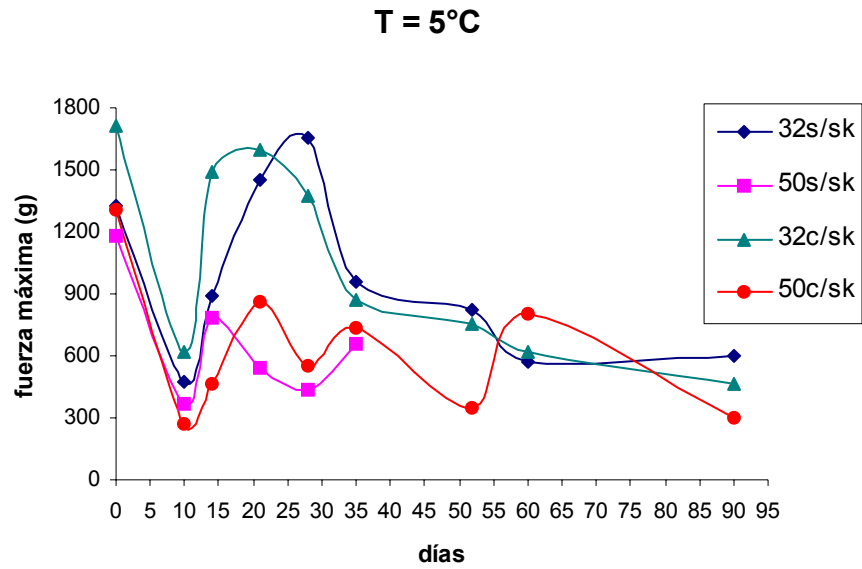


Figura 17. Cambio en fuerza máxima (g) en placas de manzana impregnadas en jarabe con 1000 ppm de calcio y 375 ppm de zinc durante su almacenamiento a 5 y 25°C

7.4.4 Estabilidad del sorbato de potasio durante el almacenamiento.

El contenido inicial de sorbato de potasio en la fruta tratada con jarabes con 1000 ppm de sorbato tiene un valor promedio de 239 ppm (tabla XXI), dicho valor se mantuvo constante (tabla XXIV) y lo mismo sucede para los 6 días a 25°C (tabla XXV), las únicas variaciones que se presentan pueden deberse a errores experimentales durante su determinación.

Fernández (1998) reporta que el contenido de sorbato de potasio en el jitomate entero de alta humedad permanece constante a un valor de 590 ppm por un periodo de 3 meses y medio de almacenamiento.

Tabla XXIV. Contenido de sorbato de potasio durante el estudio de almacenamiento a 5 °C en la manzana impregnada.

día	Jarabe 32 °Bx	Jarabe 50°Bx
0	247.43	230.37
4	254.47	171.89
6	255.28	209.79
10	228.48	268.55
14	227.12	244.59
21	236.33	252.71
28	305.51	250.95
35	274.64	201.54
42	261.24	203.30
60	239.72	232.81
90	230.78	230.10

La concentración de sorbato de potasio expresado como ppm.

Tabla XXV. Contenido de sorbato de potasio durante el estudio de almacenamiento a 25 °C en la manzana impregnada.

día	ppm SK c/jarabe 32 °Bx	ppm SK c/jarabe 50°Bx
0	247.432105	230.373424
2	216.293243	184.07129
4	183.258972	220.625606
6	257.992241	234.164242

La concentración de sorbato de potasio expresado como ppm.

7.4.5 Características microbiológicas de manzana impregnada y almacenada.

Para evaluar la calidad microbiológica de las placas de manzana impregnadas se hicieron conteos en placa de mohos y levaduras así como de mesófilos, siguiendo la metodología planteada, los resultados obtenidos se presentan en la tabla XXVI para el almacenamiento a 5 °C y en la tabla XXVII para el almacenamiento a 25 °C.

La población de mohos y levaduras en el caso del almacenamiento a 5 °C en general no sobrepasa las 5×10^3 UFC/g para ninguno de los cuatro productos, en cuanto a la población de mesófilos esta se encuentra por debajo de 6×10^5 UFC/g. La mayor contaminación por mesófilos corresponde al producto tratado con jarabe de 50 °Bx y 0 ppm de sorbato el cual presenta poblaciones superiores a 1×10^3 UFC/g a partir del día 14 de almacenamiento mientras que la mayor población de mohos y levaduras la presenta la manzana tratada con jarabe de 32 °Bx y 0 ppm de sorbato.

Hacia los 90 días de almacenamiento a 5 °C las placas tratadas con jarabe de 32 °Bx y sin sorbato, aún conservan el vacío pero ya han sufrido oscurecimiento, las correspondientes a 50 °Bx sin sorbato presentan producción de gas y nada de oscurecimiento, las placas con sorbato tanto para el jarabe de 32 y 50 °Bx presentan oscurecimiento en los bordes. García y Sierra (1996) señalan que poblaciones mayores a 1×10^6 UFC/g son suficientes para causar la descomposición de un alimento, en este trabajo las poblaciones reportadas son menores a este valor lo cual indica que el deterioro de la fruta tratada se debe además del crecimiento de microorganismos a reacciones enzimáticas que provocan oscurecimiento. Además a partir de la tabla XXVI se puede concluir que para la fruta tratada con jarabe de 32 °Bx la adición de sorbato parece no tener un efecto importante en la inhibición del crecimiento microbiano.

Tabla XXVI. Cuenta de mohos y levaduras, mesófilos a 5°C de placas de manzana impregnadas con jarabe a diferentes composiciones.

Días	32 s/sk		50 s/sk		32 c/sk		50 c/sk	
	mohos y levaduras	Mesófilos	mohos y levaduras	Mesófilos	mohos y levaduras	Mesófilos	mohos y levaduras	Mesófilos
	UFC / g	UFC / g	UFC / g	UFC / g	UFC / g	UFC / g	UFC / g	UFC / g
0	40	40	15	60	<10	15	30	20
4	20	47	15	14	20	20	10	<10
6	10	160	10	20	<10	25	35	10
10	<10	20	10	70	<10	50	10	<10
14	15	5	10	3.E+03	10	20	15	10
21	240	150	60	5.E+05	50	<10	130	20
28	280	200	10	4.E+05	25	30	50	50
35	220	210	<10	4.E+03	10	10	60	10
42	50	160	<10	3.E+04	<10	25	10	3.E+03
60	-	-	35	1.E+05	<10	<10	10	1.E+05
90	50	70	<10	5.E+05	25	90	5950	2.E+03

- Valores no determinados

*tr = tiempo de relajación, SK = sorbato de potasio, 1112 ppm Ca, 391 ppm Zn, 24 min ti, 46 cm Hg presión de vacío

Respecto al almacenamiento a 25 °C (tabla 28) desde los 2 hasta los 14 días se tenían poblaciones microbianas de mesófilos, mohos y levaduras altas, del orden de $1 \times 10^4 - 2 \times 10^6$ UFC/g en los productos tratados con jarabe de 32 °Bx sin SK, 50 °Bx sin SK y 32 °Bx con SK; sin embargo el producto tratado con jarabe de 50 °Bx con SK la población microbiana se mantuvo por debajo de 2×10^3 UFC/g tanto para mesófilos como para mohos y levaduras esto puede deberse a un mejor efecto del sorbato para inhibir el crecimiento microbiano en el último producto (50 °Bx con SK). Al final del almacenamiento a esta temperatura los primeros tres productos (32 s/sk, 50 s/sk y 32 c/sk) presentaban producción de gas, olor a fermentado, ablandamiento y oscurecimiento, y el cuarto (50 c/sk) aún conservaba el vacío pero si se percibía un olor a fermentado y ablandamiento.

Sofos (1989) comenta que el sorbato de potasio actúa mejor como inhibidor del crecimiento de microorganismos a bajas temperaturas de almacenamiento, esto explica las bajas poblaciones microbianas en los productos almacenados a 5°C.

Tabla XXVII. Cuenta de mohos y levaduras, mesófilos de placas de manzana impregnadas con jarabe de sacarosa con 1 000 ppm de calcio y 375 ppm de zinc durante el almacenamiento a 25 °C.

Día	32 s/sk		50 s/sk		32 c/sk		50 c/sk	
	mohos y levaduras UFC / g	Mesófilos UFC / g	mohos y levaduras UFC / g	Mesófilos UFC / g	mohos y levaduras UFC / g	Mesófilos UFC / g	mohos y levaduras UFC / g	Mesófilos UFC / g
0	40	40	15	60	9	15	30	20
2	1.E+05	2.E+05	1.E+05	5.E+04	6.E+06	2.E+06	<10	20
4	9.E+05	2.E+05	6.E+05	5.E+04	560	2.E+03	20	10
6	8.E+05	2.E+06	9.E+05	8.E+05	3.E+06	3.E+06	410	405
10	5.E+06	3.E+06	3.E+06	2.E+06	4.E+06	6.E+06	2.E+03	1.E+03
14	1.E+06	1.E+06	9.E+05	2.E+06	1.E+06	1.E+06	55	105

7.4.6 Contenido de calcio y zinc durante el almacenamiento.

El contenido de calcio y zinc en las placas de manzana se monitoreó únicamente al principio y al final del almacenamiento (15 y 90 días), debido a que en diferentes estudios se menciona que permanece constante durante el almacenamiento, así por ejemplo Fernández (1998) estudio la estabilidad de jitomates enteros de alta humedad mínimamente procesados y reporta que la concentración de calcio (261 ppm) permaneció constante después de 3 meses de almacenamiento a 5°C, por otro lado Pérez (2002) desarrolló productos de papaya y mango conservados por métodos combinados y enriquecidos con calcio y zinc, al estudiar el contenido de calcio y zinc por 15 días a una temperatura de 25°C concluye que no hay cambio en el contenido de estos minerales.

Las concentraciones de calcio y zinc a ambas temperaturas de almacenamiento obtenidas en este trabajo se reportan en las tablas XXVIII y XXIX La mayor concentración de calcio obtenida corresponde al producto a temperatura ambiente (25 °C) tratado con jarabe de 32 °Bx, sin sorbato de potasio y es de 284.81 ppm esto corresponde al 2.85% de la ingesta diaria recomendada para adultos (1200 mg/día) por cada 100 g de manzana impregnada.

Tabla XXVIII. Contenido de calcio (ppm) de placas de manzana impregnadas con jarabe a diferentes composiciones durante el almacenamiento a 5 y 25 °C.

T= 5 °C	T= 25 °C
---------	----------

muestra	día 0	día 90	día 0	día 14
32 s/sk	240.84	214.92	240.84	284.81
50 s/sk	205.97	170.70	205.97	204.51
32 c/sk	209.82	199.28	209.82	239.24
50 c/sk	184.71	160.65	184.71	228.11

*tr = tiempo de relajación, SK = sorbato de potasio, 1112 ppm Ca, 391 ppm Zn, 24 min ti, 46 cm Hg presión de vacío

De acuerdo a la tabla XXIX la mayor concentración de zinc alcanzada es de 89.57 ppm y corresponde al producto tratado con jarabe de 32 % de sacarosa, sin SK, almacenado a temperatura ambiente (25 °C); cubriéndose el 59.7% de la recomendación diaria para adultos (15 mg/día) por cada 100 g de fruta.

Tabla XXIX. Contenido de zinc (ppm) de placas de manzana impregnadas con jarabe de sacarosa a diferentes composiciones durante el almacenamiento a 5 y 25 °C.

muestra	T= 5 °C		T = 25 °C	
	día 0	día 90	día 0	día 14
32 s/sk	74.21	77.89	74.21	89.57
50 s/sk	57.23	69.60	57.23	62.34
32 c/sk	65.74	78.04	65.74	75.99
50 c/sk	55.86	69.26	55.86	65.82

*tr = tiempo de relajación, SK = sorbato de potasio, 1112 ppm Ca, 391 ppm Zn, 24 min ti, 46 cm Hg presión de vacío

7.4.7 Evaluación sensorial de manzana impregnada

Las placas de manzana almacenadas a 5°C fueron evaluadas sensorialmente al día 0, 14 y 90 por 20 jueces no entrenados, usando una escala hedónica en la cual se pedía que calificaran sabor, textura y aceptabilidad general.

Las calificaciones se presentan en la tabla XXX, XXXI y XXXII, todos los productos recibieron calificaciones por arriba de 5.75 lo cual indica que fueron del agrado de los jueces. Sofos (1989) menciona que altos niveles de sorbato de potasio en los alimentos provoca un efecto indeseable en el sabor, esto explica por que las calificaciones para las placas tratadas con jarabe con una alta concentración de sorbato (aprox 1000 ppm) fueron ligeramente inferiores a sus respectivas sin sorbato.

En cuanto a la evaluación sensorial al día 0 la mayor calificación para sabor, textura y aceptabilidad general corresponde a la fruta tratada con jarabe de 32 °Bx, sin sorbato cuyos valores son 7.37, 7.79 y 7.32 respectivamente, por el contrario la menor calificación respecto a textura y aceptabilidad general la recibió la fruta tratada con jarabe de 50 °Bx y 1000 ppm de sorbato con valores de 6.95 y 6.74 respectivamente.

A los 14 días las calificaciones para los tres parámetros evaluados fueron inferiores a las del día 0 comparando entre los mismos procesos, excepto para el correspondiente a 32 °Bx y 1000 ppm de sorbato el cual en los parámetros sabor y textura presenta valores ligeramente mayores (7 y 7.35 respectivamente). Los principales comentarios de los jueces fueron que percibían un sabor a fermentado y la textura les parecía menos firme respecto al tiempo 0.

En general las calificaciones asignadas al parámetro textura son mayores para la fruta tratada con jarabe de 32 °Bx en comparación con las placas tratadas con jarabe de 50 % de sacarosa, relacionando este resultado con la evaluación objetiva de textura (figuras 16 y 17) se observa que los valores de textura son mayores para la fruta tratada con jarabe de 32 °Bx que para la correspondiente a 50 °Bx.

La evaluación correspondiente al día 90 de almacenamiento se realizó sólo a los productos con sorbato de potasio, observándose que las calificaciones asignadas por los jueces fueron mayores a 6, lo que significa que la fruta tratada hacia el final del almacenamiento aún es aceptable sensorialmente aunque de acuerdo a los comentarios de los jueces presentan sabor a cocido.

La calificación para la fruta tratada con jarabe de 32 °Bx y 1000 ppm de sorbato de potasio al día 90 es de 6.56 tanto para sabor, textura y aceptabilidad general. En cuanto a sabor la fruta tratada con 50°Bx tuvo mejor calificación que la tratada con jarabe de 32 °Bx, Para el caso de la textura la más alta calificación (6.56) la presenta la manzana tratada con 32 °Bx, y la que tuvo la mayor calificación para aceptabilidad general (6.63) fue la de 50°Bx.

Tabla XXX. Calificaciones de la evaluación sensorial al día 0 de placas de manzana impregnada con jarabe a diferentes composiciones.

proceso	Sabor	Textura	Aceptabilidad general
32% sac,0 ppm SK	7.37	7.79	7.32
50% sac,0 ppm SK	7.16	7.11	7.21
32% sac,1000 ppm SK	6.63	7.26	7.21
50% sac,1000 ppm SK	6.79	6.95	6.74

Tabla XXXI. Calificaciones de la evaluación sensorial al día 14 de placas de manzana impregnadas.

proceso	Sabor	Textura	Aceptabilidad general
32% sac,0 ppm SK	6.7	7.45	6.9
50% sac,0 ppm SK	6.35	6.4	6.3
32% sac,1000 ppm SK	7	7.35	7.1
50% sac,1000 ppm SK	6.15	5.75	5.9

Tabla XXXII. Calificaciones de la evaluación sensorial al día 90 de placas de manzana impregnadas.

proceso	Sabor	Textura	Aceptabilidad general
32% sac,1000 ppm SK	6.56	6.56	6.56
50% sac,1000 ppm SK	6.89	6.44	6.63

7.5 Vida útil de las placas de manzana impregnadas

La manzana impregnada y almacenada a 25 °C es microbiológicamente segura los primeros 6 días cuando alcanza una población de 1×10^6 UFC/g que de acuerdo a Sandoval (1998) indica descomposición del alimento, excepto la fruta tratada con jarabe de 50 °Bx y 1000 ppm de SK que presenta una población microbiana por debajo de las 1×10^3 UFC/g.

A los 90 días del estudio de almacenamiento las muestras a 5°C aún son microbiológicamente seguras (tabla XXVI) aunque físicamente presentan oscurecimiento de los bordes, una textura poco firme y algunas bolsas ya perdieron el vacío. Las de mejor apariencia son las tratadas con jarabe de 32 % de sacarosa y 1000 ppm de sorbato de potasio, respecto a la evaluación sensorial al final del almacenamiento (día 90) los resultados se presentan en la tabla XXXII, las

calificaciones son buenas lo que significa que aún son aceptables para el consumidor, aunque de acuerdo a los comentarios de los jueces, presentan sabor a cocido.