

CAPÍTULO VII

RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 Obtención de la pulpa de maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*)

En la tabla VII. I se muestra el rendimiento obtenido de procesamiento de 96.8 kg de fruto de maracuyá amarilla (*Passiflora edulis f. flavicarpa*). El rendimiento de la pulpa obtenido en este trabajo se encuentra en el rango de 22-53 % señalado por Bielig & Hofsommer (1981) y Pruthi (1963) para maracuyá variedad púrpura y es superior a los reportados por Casimir *et al.* (1981) de 26.7 % y similares a los de Luh (1971) del 30 - 33 % y Sáenz *et al.* (1998) del 32.3 - 39.7 %.

Tabla VII. I Componentes del fruto de maracuyá amarillo

Componente	Kg	%
Semilla	14.38	14.86
Cáscara	49.71	51.35
Pulpa	32.71	33.79

El porcentaje de cáscara es superior al 45.2 % citado por Pruthi (1963) en frutos cultivados en Australia, pero próximos a los reportados por el mismo autor en frutos cultivados en la India (49.6 %). El contenido de semillas fue del 14.86 %, el cual es superior a los señalados por Pruthi (1963) del 13.6 % y al reportado por

Landgraf (1991) de 11-12%. Las diferencias entre los porcentajes de cáscara y semilla encontrados y los reportados en bibliografía se atribuyen a diversos factores, tales como el clima, composición del suelo, prácticas de cultivo y temporadas de cosecha de los países productores, lo que puede influir en el rendimiento y las características físicas y químicas del fruto. Según Pruthi (1963), para propósitos industriales se recomienda el empleo de frutos de tamaño grande con los que se obtiene un mayor rendimiento en jugo y menor porcentaje de cáscara que con los de tamaño pequeño.

7. 2 Caracterización de la materia prima

En la tabla VII. II se muestran los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica de la pulpa fresca de maracuyá.

Tabla VII. II Caracterización fisicoquímica de la pulpa de maracuyá

Característica			
Sólidos solubles (°Brix)	14.8	±	0.06
pH	2.76	±	0.02
a _w	0.974	±	0.004
Acidez (% ácido cítrico)	4.38	±	0.03
Color			
<i>L</i>	41.69	±	0.05
<i>a</i>	3.79	±	0.22
<i>b</i>	22.08	±	0.24

En general el valor de pH es menor al 2.8 - 3.3 reportado para maracuyá amarillo por Boyle *et al.* (1955), Moreira (1980) y Simón *et al.* (1974). Las diferencias encontradas pueden ser por la variedad y la etapa de maduración de la fruta (Umme *et al.*, 1997).

En la tabla VII. III se muestran las características de la pulpa de maracuyá después de la congelación-descongelación.

Tabla VII. III Características fisicoquímicas de la pulpa descongelada

Característica			
Sólidos solubles (°Brix)	15.1	±	0.01
pH	2.43	±	0.02
a _w	0.977	±	0.002
Acidez (% ácido cítrico)	4.28	±	0.1
Humedad (%)	79.01	±	0.64
UPE/mL *	0.0433	±	0.0007
Vitamina C (mg/100g)	15.11	±	0.16
Color			
<i>L</i>	34.75	±	0.02
<i>a</i>	2.00	±	0.05
<i>b</i>	21.38	±	0.10
% Fibra dietética	- **		

* UPE/mL = Unidades de pectinesterasa

- ** = no detectada

Respecto a las características de la pulpa obtenida, se observa la disminución en la mayoría de las características fisicoquímicas excepto la actividad de agua (a_w) y sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) después de la congelación.

Una característica distintiva del maracuyá es su alto contenido de acidez, el cuál fue de 4.38 en pulpa fresca y de 4.28 después del descongelamiento, los valores obtenidos se encuentran dentro del intervalo de 3.0 - 5.0 % señalado por Moreira (1980) para maracuyá amarillo, Pruthi (1963) y Nascimento *et al.* (1996) de 2.6 - 3.2 y 2.4 - 4.8 %, respectivamente para maracuyá púrpura.

La cantidad de sólidos solubles aumentó después de que la pulpa se congeló-descongeló, lo anterior ocurrió porque en la congelación una gran parte del agua presente en los alimentos se convierte en hielo y ocasiona que haya una concentración de la solución remanente. El contenido de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) en la pulpa refinada fue del 14.8 % y después de congelar-descongelar fue del 15.1 %, los valores encontrados caen en el al intervalo de 14.4 - 21.9 reportado para maracuyá púrpura por Lara *et al.*, (1980) y a lo encontrado por Landgraf (1981), quien reporta un contenido de sólidos solubles del 15.1% en jugo de maracuyá del Brasil, Ling & Fang (1985) encontraron un contenido de sólidos solubles del 13.2 % en maracuyá púrpura de Taiwán, de 15.4 - 16.4 % para fruto de Kenia y de 14.4 - 21.9 % en frutas provenientes de la India.

Respecto a los cambios en color se observa una disminución en los parámetros L, a, b después de la congelación-descongelación con respecto a la pulpa fresca (Zaritzky), señala que durante el almacenamiento en estado congelado no se producen pérdidas importantes de pigmentos. Sin embargo se tiene una mayor

preocupación por la formación de pigmentos pardos, los que se deben a reacciones de oxidación enzimática de precursores fenólicos incoloros.

Entre los atractivos que posee el fruto de maracuyá, se encuentra su intenso y agradable aroma y su llamativo color amarillo-anaranjado, debido principalmente a la presencia de pigmentos carotenoides (Romero-Rodríguez *et al.* 1994). En general, el color de la pulpa fresca de la fruta fue mas intenso, lo que se reflejó en el valor mayor del parámetro (*a*) (contribución de rojo), la contribución de color amarillo (*b*) tuvo una disminución mínima después de la congelación-descongelación, la luminosidad (*L*) fue mayor en la pulpa fresca. Sepúlveda *et al.* (1996) reportan los parámetros de color en maracuyá púrpura de Chile, con intervalos de 45.5 - 54.0 para *L*, 3.3 - 10.3 para *a* y 35.3 - 4.6 para *b*, los cuales son mayores a los obtenidos tanto de la pulpa fresca como la descongelada en nuestro caso. Los parámetros de color obtenidos se encuentran entre los valores señalados por Ling & Fang (1985) en frutos del Taiwán con intervalos para *L*: 36.8 - 41.9; *a*: 2.0 - 10.3 y *b*: 23.5 - 27.3.

El contenido de vitamina C (ácido ascórbico) determinado en la pulpa después de la congelación-descongelación (Tabla VII. III) fue de 15.11 mg/100 g, el cuál fue inferior al valor citado por la USDA (2000) de 18.2 mg/100 g para maracuyá amarillo. Comparando los resultados obtenidos con los mencionados por Sáenz *et al.* (1998) se observa que el contenido de vitamina C cae en el intervalo de 9.3 - 16.8 mg/100 g para maracuyá púrpura.

Otra característica de interés en la pulpa de maracuyá y que influye sobre la estabilidad y la viscosidad de la misma, es la actividad de pectinesterasa, encontrando que a pH 7.5 la enzima presentó una máxima actividad catalítica

(Apéndice D), la actividad de la enzima depende de la concentración de iones hidrógeno (pH) del medio, ya que esto afecta el grado de ionización de los aminoácidos del sitio activo, del sustrato o del complejo enzima-sustrato (Badui, 1999). El valor encontrado fue de 0.0433 UPE/mL, el cuál es menor al 0.42 - 0.50 UPE/g reportado por Sáenz *et al.* (1998) para maracuyá púrpura, esta variación puede atribuirse a la metodología empleada y la variedad de maracuyá. Argaiz & López-Malo (1996) reportan el valor 0.045 UPE/mL para mango manila, semejante al obtenido para maracuyá.

La humedad en la pulpa de maracuyá amarilla fue del 79.01 %, la cuál presentó diferencias con la reportada por Jagtiani *et al.* (1988) y es similar a la humedad de 79.8 % reportada por Arenas *et al.* (1994) para maracuyá amarillo cosechada en el CEPROBI-IPN (Centro de Desarrollo de Productos Bióticos-Instituto Politécnico Nacional) de Yautepec, Morelos.

7.3 Estandarización del jugo de maracuyá

El jugo se formuló a partir de la pulpa de maracuyá, se obtuvo un jugo con 14.5 °Brix, 25 % de pulpa de fruta, empleando como edulcorante fructosa. Se empleó fructuosa como edulcorante debido a que la fructuosa es más dulce que la sacarosa lo que hace que la acidez del jugo de maracuyá sea menos perceptible.

7. 4 Caracterización de la bebida de maracuyá

En la tabla VII. IV se encuentran las características fisicoquímicas del jugo de maracuyá. Los valores obtenidos de contenido de sólidos solubles (°Brix), acidez (% de ácido cítrico), actividad de pectinesterasa (UPE/mL), vitamina C y color, presentaron una disminución con respecto a la pulpa, estas variaciones se atribuyen a la adición del jarabe de fructuosa.

Tabla VII. IV Caracterización fisicoquímica del jugo de maracuyá.

Característica			
Sólidos solubles (°Brix)	14.4	±	0.1
pH	2.86	±	0.01
Actividad de agua (a_w)	0.988	±	0.002
Acidez (% de ácido cítrico)	1.050	±	0.026
Humedad	83.74	±	0.76
UPE/mL *	0.0131	±	0.0005
Vitamina C (mg/100g)	3.740	±	0.114
Color			
<i>L</i>	25.69	±	0.13
<i>a</i>	-3.76	±	0.03
<i>b</i>	14.35	±	0.03

* UPE/mL = Unidades de pectinesterasa

La actividad enzimática de pectinesterasa fue inferior a los valores citados por Moreno (2003) y Benítez (2003) que son de 0.045 UPE/mL reportada para néctar mango-piña y 4.59 UPE/g para néctar de guanábana respectivamente, aunque superior a la mencionada por Ramírez (2002) para néctar de mango 0.00117 UPE/mL. Las diferencias pueden deberse por el tipo de fruta, la técnica empleada para su determinación y las posibles isoformas de la enzima que se pueden encontrar en cada fruta.

La acidez en el jugo de maracuyá variedad amarillo disminuyó por la adición del jarabe de fructosa, debido a que el edulcorante diluyó la acidez de la pulpa del fruto. Acerca del color en el jugo de maracuyá se observa una disminución en la luminosidad (L), el parámetro (a) tuvo una menor intensidad tendiendo hacia el verde y el parámetro (b) hacia el amarillo. La humedad reportado aumento debido a la adición de agua, el valor obtenido es mayor a 80.1 % indicado por Arenas *et al.* (1994) para un jugo de maracuyá producido comercialmente.

7.5 Flora nativa de la pulpa y del jugo de maracuyá

Los alimentos tienen asociada flora nativa es decir ciertos microorganismos se asocian con grupos particulares de alimentos.

El análisis fisicoquímico y microbiológico de la materia prima, permite considerar al maracuyá como una fruta de alta humedad ($a_w = 0.977 \pm 0.002$) y de alta acidez ($\text{pH} = 2.43 \pm 0.002$); el pH es un factor intrínseco que influye en el crecimiento de ciertos microorganismos, el maracuyá presenta una alta acidez. Las

bacterias acidúricas, las levaduras y los mohos son los microorganismos que atacan a este tipo de alimentos, sin embargo su resistencia al calor es baja (Desrosier, 2003; Jay 1978).

En la tabla VII. V se observan los recuentos de mesófilos, mohos y levaduras después del congelamiento-descongelamiento, mostrando concentraciones en el orden de 80 UFC/mL para aerobios mesófilos y de < 10 UFC/mL para mohos y levaduras. Los recuentos microbiológicos anteriormente mencionados pueden considerarse como una carga microbiana relativamente baja, lo cual se atribuye a la alta acidez de la pulpa de la fruta. En el jugo de maracuyá el recuento de la flora nativa es mayor en comparación con las UFC/mL encontradas en la pulpa, lo cual se atribuye a una posible contaminación por la adición de jarabe de fructuosa.

Tabla VII. V Flora nativa de la pulpa y jugo de maracuyá

Flora nativa (UFC/mL)	Pulpa	Jugo
Mesófilos	80	130
Mohos y levaduras	< 10	50

7. 6 Curvas de penetración de calor

La figura 7.1 muestra las curvas de penetración de calor para el jugo de maracuyá. Los principales mecanismos que intervienen en el calentamiento de alimentos son la conducción y convección, el primero es típico en alimentos sólidos

o muy viscosos, el segundo se presenta en jugos con poca pulpa ó alimentos poco viscosos, aunque la mayor parte de los alimentos presentan una participación conjunta de conducción y convección (Rodrigo, 1981).

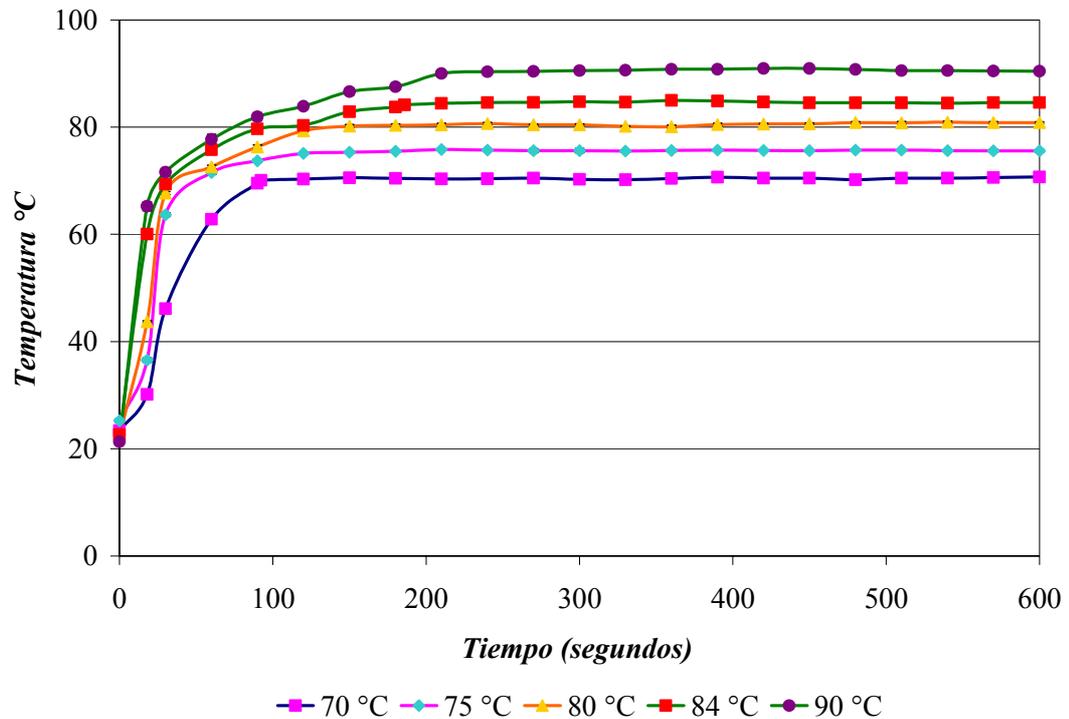


Figura 7. 1 Curvas de penetración de calor en jugo de maracuyá

El tiempo requerido para alcanzar la temperatura de tratamiento térmico (CUT) para 70 - 84° C, fue del 1.54 - 3.10 min. Se observó que conforme aumentaba la temperatura aumentaba el tiempo para alcanzar el CUT. La velocidad de la penetración de calor depende de la diferencia de temperaturas entre la temperatura del baño y el jugo de maracuyá.

En la figura 7.2 se presenta la gráfica semilogarítmica de penetración de calor, los alimentos típicamente convectivos, tienen una recta con mucha pendiente y los conductivos presentan una recta con menos pendiente (Rodrigo *et al.*, 1981).

Las graficas a 70° C, 75° C y 80° C tienen un comportamiento al inicio de una pequeña recta y después hay una pendiente por lo que la penetración de calor fue por conducción-convección, a 84° C el calentamiento fue por convección – conducción, ya que la gráfica al inicio presenta una pendiente muy pronunciada y posteriormente una recta; a 90° C la penetración de calor presentó una transferencia de calor por convección ya que la pendiente de la gráfica es pronunciada.

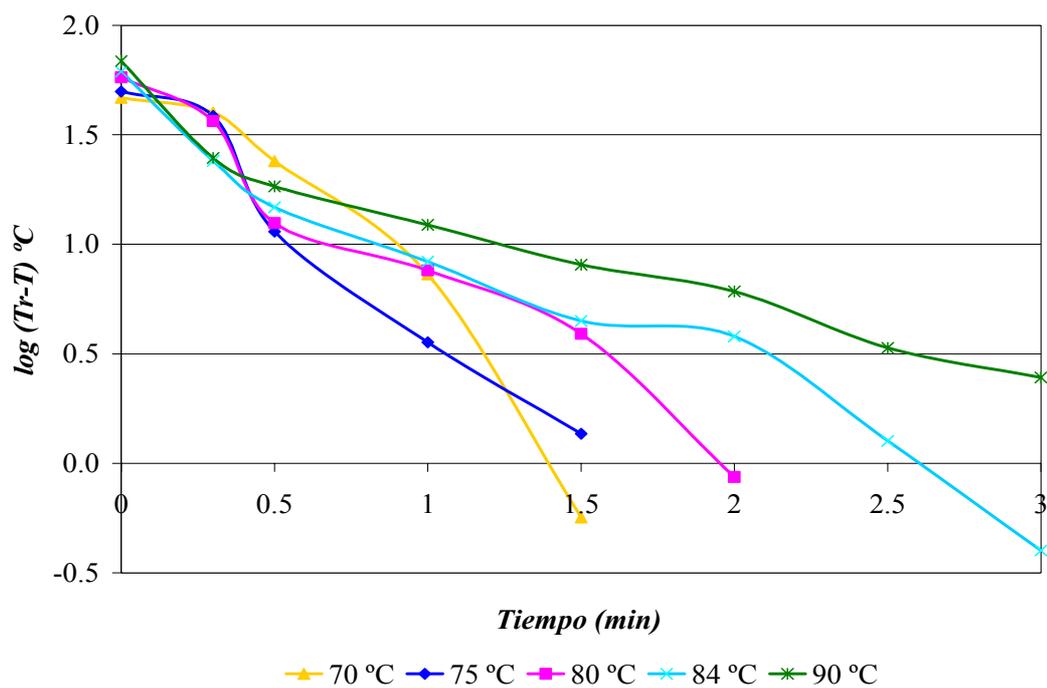


Figura 7.2 Gráfica semilogarítmica de penetración de calor en jugo de maracuyá

7.7 Cinética de actividad enzimática de pectinesterasa

La inactivación térmica de la enzima pectinesterasa (PE) en jugo de maracuyá fue estudiado en un rango de temperatura de 75 - 84° C. En este trabajo se eligió trabajar con esta enzima por su importancia en el deterioro de bebidas de frutas. La inactivación siguió una cinética de primer orden como se muestra en la figura 7. 3, el comportamiento de la cinética coincide con las cinéticas de inactivación térmica de otras frutas: papaya (Argaiz & Lopéz-Malo, 1995), mango (Ramírez, 2002), mango-piña (Moreno, 2003) y guanábana (Benítez, 2003).

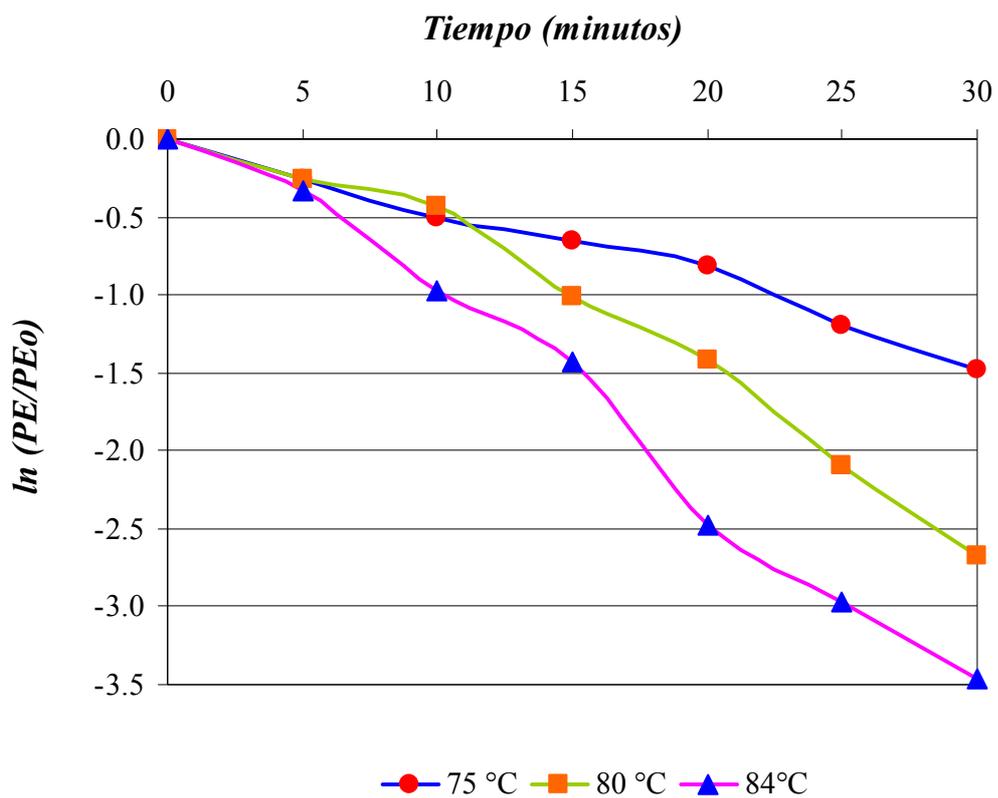


Figura 7. 3 Inactivación enzimática de pectinesterasa en jugo de maracuyá a diferentes temperaturas.

Se observa a que a mayor temperatura y tiempo la actividad de la enzima disminuye, la inactivación de la pectinesterasa (PE) con el calor va asociada con una alteración de las superficies de las moléculas, rompiendo las ligaduras y abriendo anillos en la molécula de la proteína, con disociación y pérdida de estructura, lo que genera una desnaturalización irreversible de la enzima, la cual sigue una cinética de primer orden. La actividad de la enzima está influenciada por el pH y la temperatura, ya que cuando la enzima no se encuentra en su pH óptimo y la temperatura aumenta la desnaturalización de la enzima se acelera (Desrosier, 2003; Stauffer, 1989).

En la tabla VII. VI se muestran las constantes de inactivación térmica (k) para la pectinesterasa en el jugo de maracuyá, las cuales son cercanas a los valores reportados para néctar mango – piña de 0.0664- 0.1808 min^{-1} (Moreno, 2003) en un intervalo de temperatura de 70-88° C. En contraste para néctar de papaya, Argáiz & López-Malo, (1995) estiman un valor de la constante de inactivación de 0.2988 min^{-1} a 85° C; Van Den Broeck *et al.*, (1999) reportan para naranja variedad Valencia valores de $k = 0.409 \pm 0.026 \text{ min}^{-1}$ a 65° C, los valores anteriores son mayores a los encontrados en este trabajo para el maracuyá, la diferencia puede ser por la presencia de isoenzimas ó isoformas de PE en las frutas, las isoformas presentan afinidades con el sustrato, velocidad de reacción y resistencia a la temperatura (Sadler, 1992). En frutas como uva blanca y roja (Seymour *et al.*, 1991; Cameron & Grohmann, 1995), tomates (Larrata *et al.*, 1995), kiwi (Giovane *et al.*, 1990), cerezas (Alonso *et al.*, 1996) y mandarina (Rillo *et al.*, 1992) se han detectado diferentes isoformas de PE termoestables. La cantidad de PE termoestable puede variar por la localización geográfica, época de cosecha y el manejo poscosecha y el tipo de fruto (Snir *et al.*, 1996), la estructura de los tejidos de la fruta y las diferencias

experimentales en cada determinación de PE (Van den Broeck *et al.*, 2000). La presencia de la isoformas termoestables puede ocasionar pérdida de nube en jugos de frutas (Versteeg *et al.*, 1980), por lo que es necesario inactivar estas isoformas de la PE.

Tabla VII. VI Valores de constantes de inactivación (k) de la enzima pectinesterasa en jugo de maracuyá

Temperatura (° C)	k (min^{-1})
75	0.0751
80	0.1037
84	0.1226

7. 7. 1 Determinación del parámetro z

En la tabla VII. VII se muestran las efectividades del tiempo de subida de la temperatura (CUT) para cada temperatura de trabajo en el jugo de maracuyá (apéndice E). Ball determinó que sólo el 42 % del tiempo de subida (CUT) contribuye a la letalidad durante el proceso térmico (Stumbo, 1973), otros autores como Nath & Ranganna (1981) y Argaiz & López - Malo (1995) reportan efectividades del 49-52% y 62.5-66.4 % respectivamente. Se observa que la efectividad depende de la temperatura y del tiempo de subida (CUT), a mayor temperatura de subida la efectividad disminuye.

Tabla VII. VII Efectividad del tiempo de subida (CUT)

en la inactivación de la pectinesterasa

Temperatura (° C)	Efectividad (%)
75	67.6
80	67.1
84	63.5

En la tabla VII. VIII se presentan los valores de los parámetros D (tiempo para inactivar el 90 % de la enzima) y z . Se observa que el valor D disminuye conforme aumenta la temperatura.

Tabla VII. VIII Valores D y z para la inactivación de la enzima pectinesterasa en jugo de maracuyá

Temperatura (° C)	D (min)	z (° C)
75	30.65	
80	22.21	42.02
84	18.78	

El valor D obtenido a 84° C es superior al reportado por Wicker & Temeli, (1988) a 84° C en jugo de naranja, donde se reporta un valor de 32 s. En néctar de guanábana (Ramírez, 2003) se menciona un valor D a 75° C de 5.14 min; en cambio

en la acerola ó cereza de las antillas (Aparecida de Assis *et al.*, 2002) se encontró un valor D a 98°C de 100 min, este valor es superior al del jugo de maracuyá.

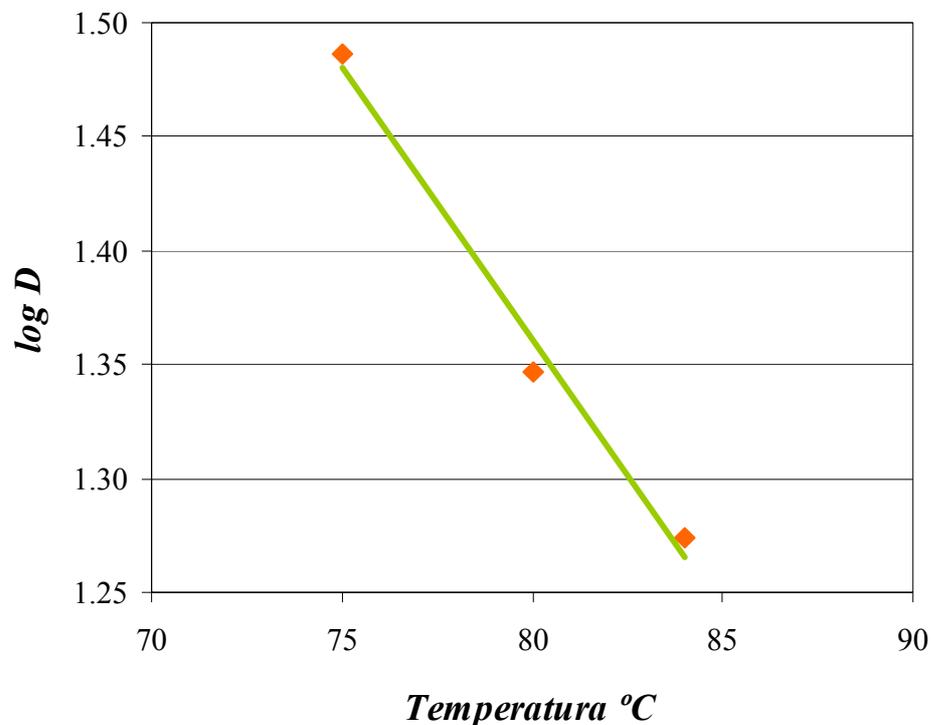


Figura 7. 4 Calculo del parámetro z para la enzima pectinesterasa en jugo de maracuyá

El valor z (temperatura necesaria para reducir un ciclo logarítmico el valor D) fue de 38.72°C (Tabla VII. VIII y Figura 7.4) y $F_{146}^{42.02} = 1$ min, los valores z encontrados para mango manila y papaya fueron de 10.5°C y 14.2°C (Argaiz, 1994; Argaiz & López-Malo, 1995) respectivamente. Para la acerola se reporta un valor de $z = 4.71^{\circ}\text{C}$, los valores antes mencionados son menores a los obtenidos para jugo de maracuyá, los resultados obtenidos muestran que los tiempos de tratamiento térmico

son mayores para inactivar PE en el maracuyá que en otras frutas antes mencionadas. Las diferencias pueden ser por la presencia de las isoenzimas termoestables o termolábiles en el maracuyá y el efecto protector de los sólidos solubles (Marshall *et al.*, 1985). Chang *et al.* (1964) mencionan un efecto protector del edulcorante empleado en la actividad de la PE, edulcorantes como la sacarosa actúa como un inhibidor no competitivo de PE y ocupa los sitios activos; generando una estabilidad en la estructura de la enzima e incrementando su resistencia al calor.

7. 7. 2 Energía de activación (Ea)

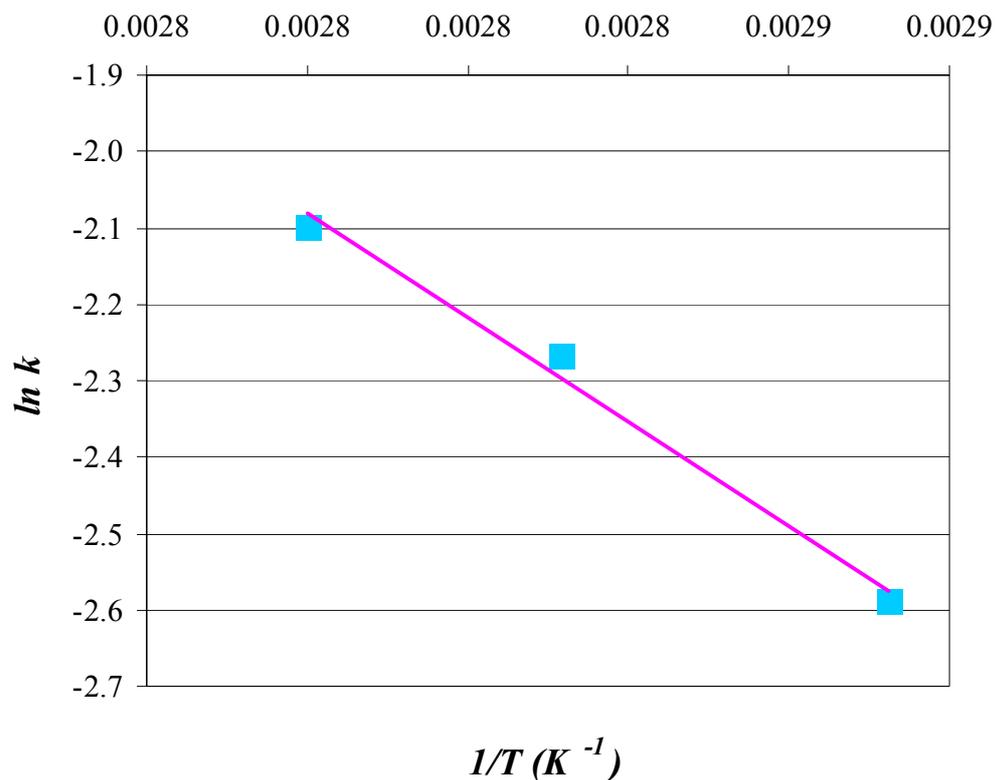


Figura 7. 5 Gráfica de Arrhenius de velocidades de inactivación térmica para la enzima pectinesterasa en jugo de maracuyá

La energía de activación (E_a) para jugo de maracuyá obtenida de la gráfica de Arrhenius (Figura 7.5) fue del $13.56 \text{ kcal mol}^{-1}$ ($56.73 \text{ kJ mol}^{-1}$), la cuál es menor a la E_a reportada para néctar mango-piña de $14.571 \text{ kcal g-mol}^{-1}$ (Moreno, 2003), en néctar de guanábana de $18.40 \text{ kcal mol}^{-1}$ (Ramírez, 2003), jugo de piña (Coronel, 2003) y néctar de papaya (Argaiz, 1994), con valores de $30.157 \text{ kcal mol}^{-1}$ y $40 \text{ kcal g-mol}^{-1}$ respectivamente, mostrando que se requiere mayor energía para inactivar PE en jugo de maracuyá, en comparación con otros productos como jugo de piña y néctar de papaya.

La inactivación enzimática por tratamiento térmico es dependiente del pH; a pH más ácido se necesita un mayor tiempo de tratamiento térmico Rostchil *et al.* (1975), y Nath & Ranganna (1977). Sun & Wicker (1996) investigaron el efecto del pH en la estabilidad de la PE y evaluaron los cambios conformacionales incluyendo grupos hidrofóbicos. Ellos concluyen que el pH afecta la estabilidad y accesibilidad de grupos hidrofóbicos en la termolabilidad de la pectinesterasa.

Las reacciones enzimáticas son responsable del deterioro y pérdida de calidad en productos de frutas como jugos o néctares: papaya (Argaiz, 1994), naranja (Van Den Broeck *et al.*, 1999), tomate (Laratta *et al.*, 1995). De acuerdo con diversos autores la inactivación de la pectinesterasa (PE) por tratamiento térmico es el método más efectivo para prevenir la pérdida de nube en jugos así como asegurar la estabilidad microbiológica y mantener las características sensoriales (sabor, color) del producto.

7. 8 Cinética de degradación de vitamina C (ácido ascórbico)

De la Figura 7. 6 se deduce que degradación térmica del ácido ascórbico en jugo de maracuyá en un intervalo de temperatura de 70 – 90° C, es de primer orden, lo cual es similar a lo reportado en frutas cítricas por Alvarado & Viteri (1989) en un rango de temperatura de 20 - 92° C. Se observa que la degradación de Vitamina C es proporcional, a la temperatura y el tiempo de tratamiento térmico.

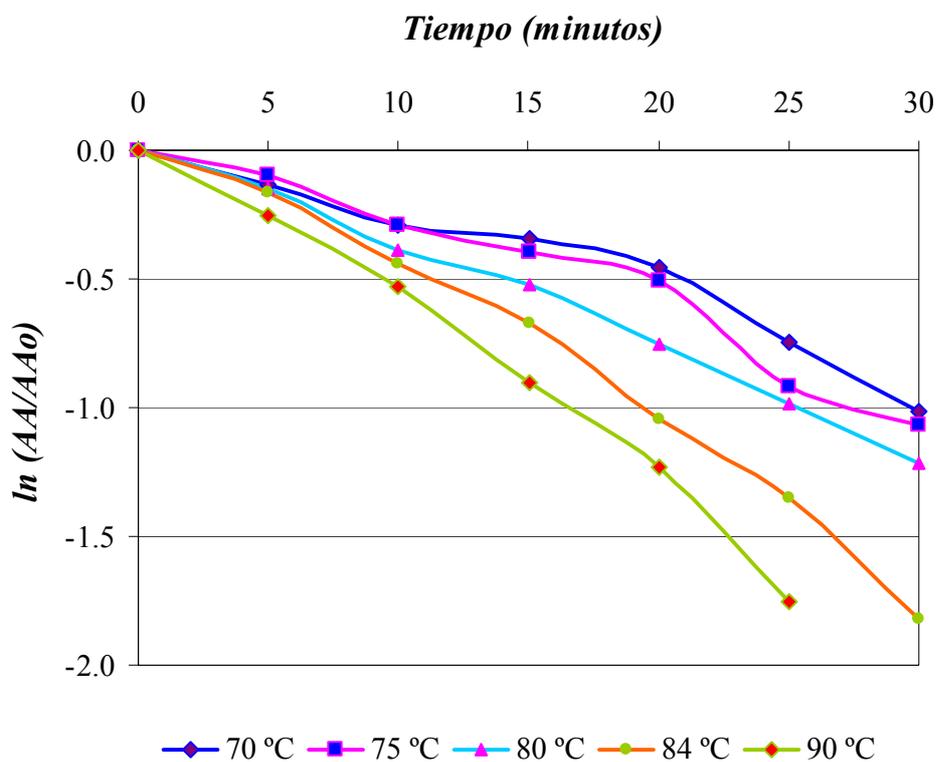


Figura 7. 6 Cinética de degradación de vitamina C (ácido ascórbico) en jugo de maracuyá

La vitamina C es sensible a diversas formas de degradación. Entre los factores que pueden influir en los mecanismos degradativos de dicha vitamina se puede mencionar a la temperatura, la concentración de sal y azúcar, el pH, el oxígeno el cuál es el mecanismo principal de pérdidas de ácido ascórbico en alimentos ácidos, las enzimas, los catalizadores metálicos (cobre, hierro, zinc), la concentración inicial de ácido y la relación ácido ascórbico – ácido dehidroascórbico (su forma oxidada). Todos estos factores están relacionados con el método empleado para la cuantificación de ácido ascórbico y con la composición del producto que se procese (Liao & Seib, 1987).

En la tabla VII. IX se presentan las constantes de velocidad de inactivación (k) del ácido ascórbico en jugo de maracuyá. Los resultados obtenidos son comparables con los reportados para jugo de toronja $k = 0.39 \text{ min}^{-1}$, jugo de lima $k = 0.359 \text{ min}^{-1}$, jugo de mandarina $k = 0.39 \text{ min}^{-1}$, jugo de naranja $k = 0.323 \text{ min}^{-1}$ a 75° C (Saguy *et al.*, 1978; Alvarado & Viteri, 1989; Johnson *et al.*, 1995).

Tabla VII. IX Valores de la constante de inactivación (k) para la degradación de ácido ascórbico en jugo de maracuyá

Temperatura ° C	$k \text{ (min}^{-1}\text{)}$
70	0.0315
75	0.0362
80	0.0406
84	0.0549
90	0.0621

7. 8. 1 Determinación del parámetro z

La efectividad del tiempo de subida para la degradación de ácido ascórbico se muestra en la tabla VII. X. La efectividad a 70° C es menor en comparación con las otras temperaturas evaluadas en este trabajo. La mayoría de las efectividades calculadas muestran una mayor efectividad del tiempo de subida (CUT) en la degradación de ácido ascórbico al aumentar la temperatura, sin embargo a 84° C la efectividad disminuyó.

Tabla VII. X Efectividad del tiempo de subida (CUT)
en la degradación de ácido ascórbico

Temperatura (° C)	Efectividad (%)
70	67.44
75	74.38
80	89.68
84	72.45
90	73.88

En la tabla VII. XI se muestran los valores D y z para la degradación de ácido ascórbico, se observa que al aumentar la temperatura el valor D disminuye.

Los valores D determinados son menores a los reportados por Lund (1977) de 100-1000 minutos para vitaminas en general y a los mencionados por Alvarado & Viteri (1989) para jugos de cítricos, $D = 771$ min a 75° C.

Tabla VII. XI Valores D y z para la degradación de ácido ascórbico

en jugo de maracuyá

Temperatura (° C)	D (min)	z (° C)
70	73.02	
75	63.64	
80	56.78	61.58
84	41.97	
90	37.11	

El valor $z = 61.58$ (Figura 7. 7) es inferior al mencionado por Moreno (2003) para néctar de mango-piña, con un valor de $z = 75.3^\circ \text{C}$ y superior al reportado para néctar de guanábana, $z = 27.48^\circ \text{C}$ (Ramírez, 2003), y de otras frutas cítricas. Las diferencias entre los valores reportados en bibliografía y los encontrados en este trabajo pueden deberse a la cantidad de oxígeno (O_2) presente en el medio, ya que la degradación es mayor cuando hay mayor presencia de O_2 (Yuan & Chen, 1998) así como el método empleado para la determinación de ácido ascórbico (2,6-diclorofenol-indofenol), el cual se basa en el efecto reductor del indicador por acción del ácido ascórbico, sin embargo resulta poco exacto porque este efecto no es el único de la vitamina C.

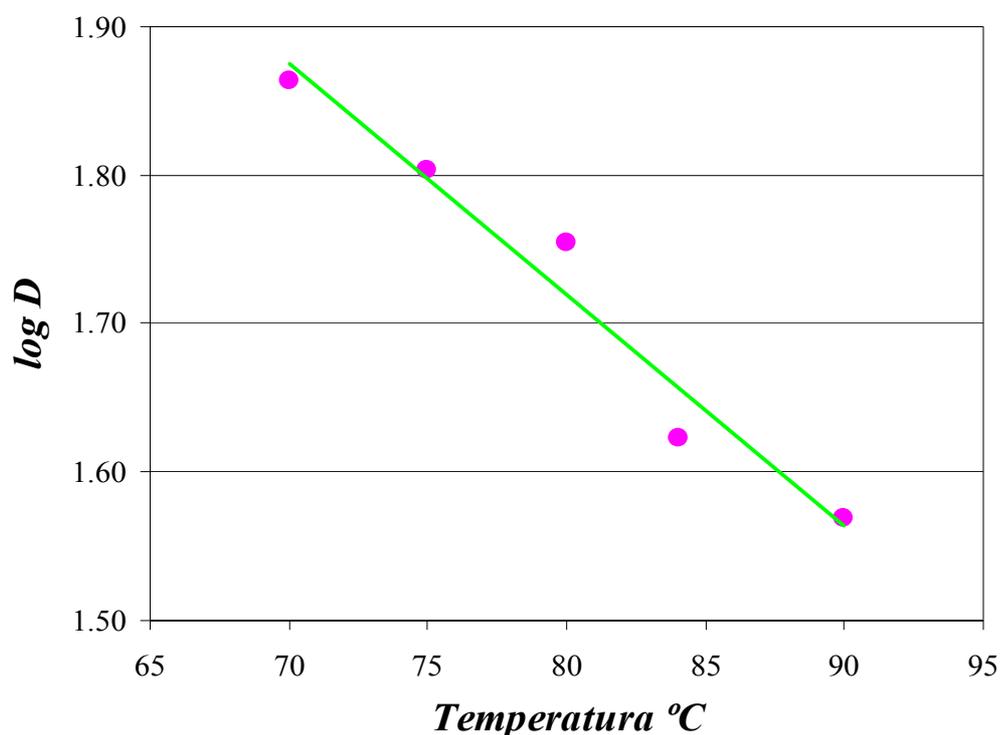


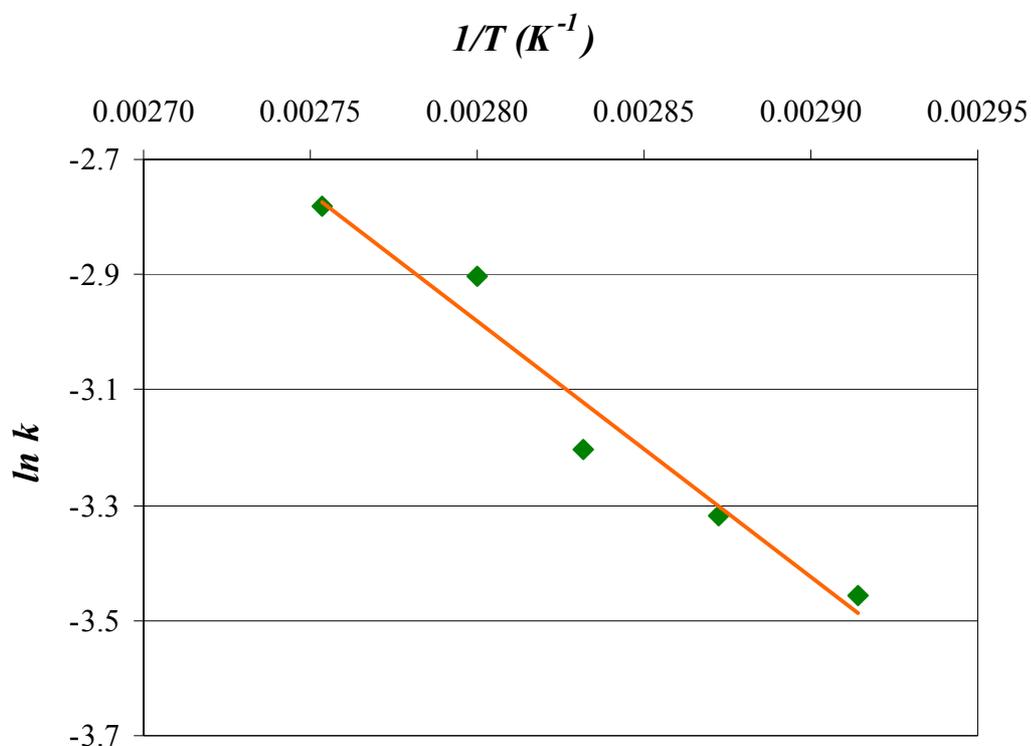
Figura 7. 7 Cálculo del parámetro z para la degradación de ácido ascórbico en jugo de maracuyá

7. 8. 2 Cálculo de la energía de activación

La energía de activación para la degradación de ácido ascórbico (Figura 7.8) en jugo de maracuyá fue de $8.85 \text{ kcal mol}^{-1}$ ($37.05 \text{ kJ mol}^{-1}$), el valor corregido fue de $9.54 \text{ kcal mol}^{-1}$ ($39.90 \text{ kJ mol}^{-1}$).

La energía de activación obtenida es menor a la reportada en la bibliografía para frutas tropicales como el cupuaçu con una $E_a = 74 \text{ kJ mol}^{-1}$ en un rango de temperatura de $75 - 99^\circ \text{ C}$ (Viera *et al.*, 2000). En néctar de guanábana se menciona una $E_a = 19.80 \text{ kcal mol}^{-1}$ para un rango de temperatura de $60 - 80^\circ \text{ C}$ (Ramírez, 2003), si el valor de E_a es menor indica una mayor susceptibilidad de degradación de

ácido ascórbico. En jugo de toronja se menciona una $E_a = 21 \text{ kJ mol}^{-1}$ evaluada de 61 - 96° C (Saguy *et al.*, 1978), la cual es mayor a la obtenida en este trabajo.



7. 8 Gráfica de Arrhenius de velocidades de inactivación térmica para la degradación de ácido ascórbico en jugo de maracuyá

La degradación de vitamina C en alimentos se ha tomado como un índice de retención de nutrimentos ya que de todas las vitaminas es una de las más inestables y lábiles; si resiste al procesamiento, el almacenamiento, etc., indica que los demás nutrimentos se verán poco afectados (Badui, 1999).

7.9 Tiempo de inactivación térmica de (TIT) de la pectinesterasa

Los tiempos y temperaturas para la determinación de inactivación térmica de la enzima pectinesterasa (PE) se muestran en la tabla VII. XI, el signo (+) indica actividad enzimática residual de pectinesterasa y el signo (-) indica la inactivación de la enzima. Los valores de inactivación de la enzima en el jugo se encontraron entre 1.5 a 2.5 D.

Tabla VII. XII Tratamiento térmico para la determinación del TIT en jugo de maracuyá

Temperatura (° C)	Tiempo de tratamiento(min)	Actividad enzimática
75	45.98	+
75	61.31	+
75	76.63	-
80	33.31	+
80	44.42	+
80	55.52	-
84	28.17	+
84	37.56	+
84	46.94	-
90	18.77	+
90	25.03	+
90	31.29	-

En la Figura 7. 9 se presenta el log del tiempo al cual se logró la inactivación de la enzima pectinesterasa (PE) en jugo de maracuyá. Los signos positivos indican

actividad residual de la PE y los signos negativos representan a la inactivación enzimática de la PE.

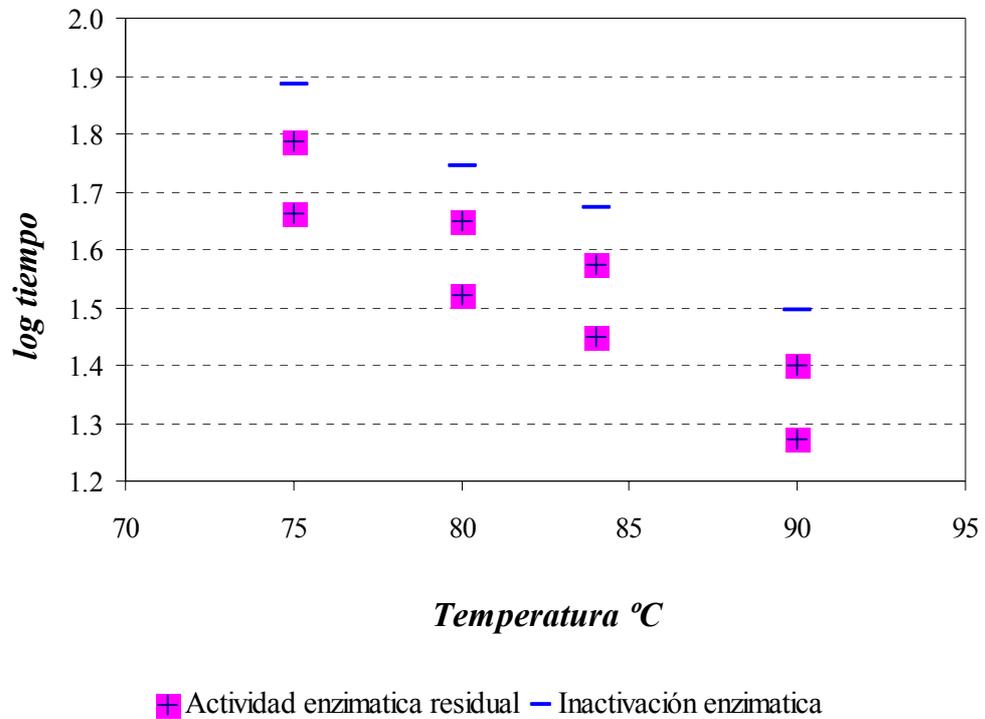


Figura 7.9 Tiempo de inactivación térmica (TIT) de la enzima pectinesterasa en jugo de maracuyá

Se observa que la inactivación de la enzima se llevó a cabo al aumentar la temperatura y el tiempo de tratamiento térmico. El mismo comportamiento se encontró en néctar de guanábana y jarabes de melón, naranja, papaya y mango para la inactivación de la enzima PE (Nath & Ranganna, 1983). De manera similar para la inactivación térmica de la PE y degradación de ácido ascórbico se determinó la efectividad del tiempo de subida, la cual fue del 59.2 – 64.6 % para un rango de temperatura de 75 – 90° C. se observa que los valores *D* tienden a disminuir al

aumentar la temperatura, posteriormente se calcularon los valores corregidos D y z para cada temperatura. En la tabla VII. XIII se presentan los valores D y z calculados para jugo de maracuyá.

Tabla VII. XIII Valores D y z en jugo de maracuyá en la determinación del tiempo de inactivación térmica de la enzima pectinesterasa

Temperatura (° C)	D (min)	z (° C)
75	68.97	
80	49.97	34.20
84	42.25	
90	25.03	

A partir de los parámetros D y z se determinó $F_{139,48}^{34,20} = 1$ min en jugo de maracuyá. Los valores obtenidos son semejantes a los mencionados para el néctar mango – piña; $z = 39.2^\circ$ C (Moreno, 2003) y puré de guanábana $z = 36.94^\circ$ C (Ramírez, 2003), sin embargo son superiores a los reportados para jugo de mandarina $z = 19.4^\circ$ C (Nath & Ranganna, 1977). Argai & López-Malo (1996) mencionan para puré de mango y papaya, valores de $z = 10.5$ y 12.5° C respectivamente. Las diferencias entre los tratamientos térmicos necesarios para inactivar PE pueden atribuirse al tipo de fruta y el pH, entre otros factores (Rouse & Atkins, 1952, 1953 mencionado por Nath & Ranganna, 1980).

La energía de activación para los TIT se muestra en la tabla VII. XIV. En valor encontrado es menor al reportado para néctar de mango, $E_a = 27.53 \text{ kcal mol}^{-1}$ (Ramírez, 2002).

Tabla VII. XIV Energía de activación (E_a) para los tiempos de inactivación térmica (TIT) de la enzima pectinesterasa

	E_a	
	kcal mol^{-1}	kJ mol^{-1}
Jugo de maracuyá	16.60	69.46

Diversos autores mencionan que el tratamiento térmico para productos de frutas, se basa en el tiempo de inactivación térmica (TIT) de la enzima que muestra mayor resistencia térmica ya que la inactivación de la enzima asegura la calidad microbiológica del alimento (Kaplan *et al.*, 1949; Dastur *et al.*, 1968).

7. 10 Cinética de cambio de sabor

La cinética de desarrollo de primer cambio en sabor en jugo de maracuyá se hizo aplicando un análisis sensorial, con una prueba discriminativa (o de diferenciación) triangular. Los tiempos de tratamiento térmico empleados se efectuaron tomando como base el parámetro D (tiempo para inactivar el 90 % de la enzima pectinesterasa), aplicando tiempos de tratamiento de 2 - 3 D .

En la tabla VII. XV se presenta la interpretación de los resultados obtenidos, la cuál se llevó a cabo empleando la tabla que se muestra en el apéndice (G), que indica el número mínimo de juicios correctos para determinar que una muestra es diferente, según el nivel de significancia elegido y el número de jueces. El signo (-) indica que los jueces no identificaron el cambio en sabor y el signo (+) indica la detección del cambio en sabor en el jugo.

Tabla VII. XV Identificación del primer cambio en sabor en jugo de maracuyá, mediante pruebas triangulares

D (min)	Temperatura		
	80° C	84° C	90° C
2	- **	- **	- *
2.5	+ *	+ *	+ **
3	+ *	+ *	+ **

(+) muestra diferenciable; (-) muestra no diferenciable;

* $p < 0.01$ ** $p < 0.001$

Como se muestra en la Figura 7. 10, al aumentar la temperatura, hay una disminución en el tiempo para provocar los cambios en sabor en jugo de maracuyá. Alguno de los cambios que ocurren durante el tratamiento térmico son deseables como la degradación de enzimas e inactivación de microorganismos, pero otras indeseables como la formación de pigmentos, pérdida de textura, sabor y degradación de color y es importante conocer su cinética (Lewis & Heppell, 2000).

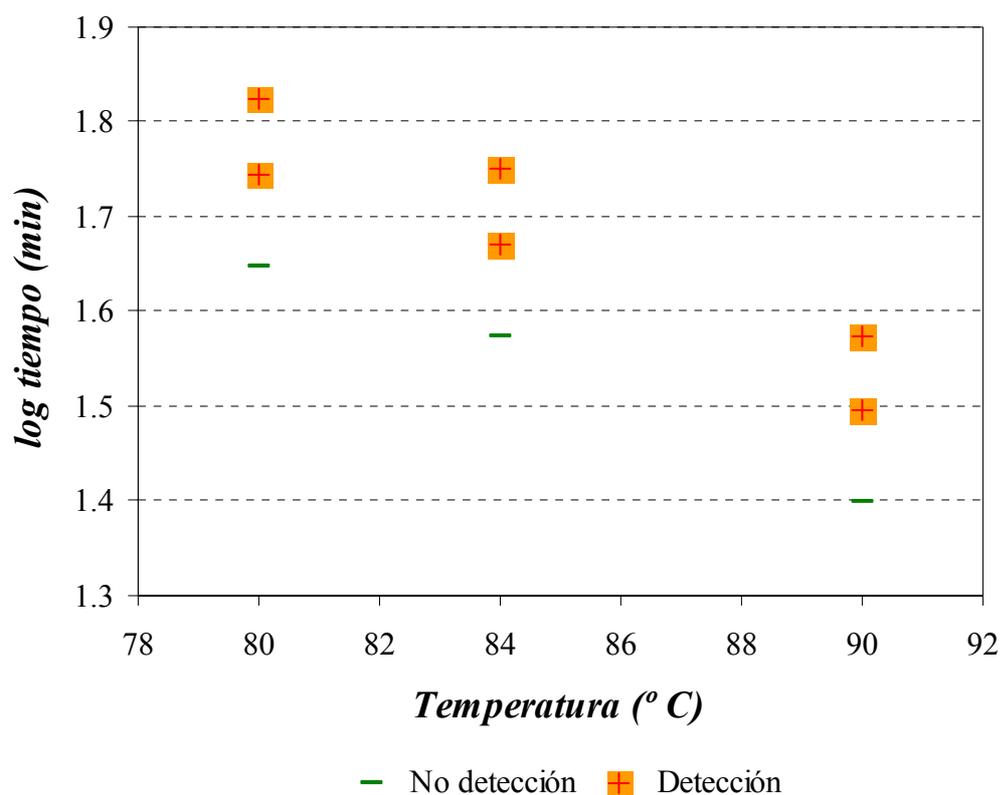


Figura 7.10 Primer cambio en sabor (FCF) en jugo de maracuyá

En la tabla VII. XVI se muestran los valores D y z , la efectividad del CUT fue del 69.8, 66.9 y 68.4 % para 80°, 84° y 90° C respectivamente. A partir de la cinética de primer cambio de sabor se calculó el valor de z , empleando el parámetro D (tiempo para detectar el primer cambio en sabor), el cual fue de 48.92° C, por lo tanto $F_{163.60}^{48.92} = 1 \text{ min.}$

Tabla VII. XVI Valores *D* y *z* para el desarrollo del primer cambio de sabor en jugo de maracuyá

Temperatura (° C)	D (min)	z (° C)
80	49.97	
84	42.25	48.92
90	31.29	

Jordán *et al.*, (2002) menciona más de 200 componentes responsables del sabor característico del maracuyá entre los que se encuentran compuestos volátiles como compuestos que contienen sulfuro: 3-(metil-tiol) hexanol, esterés alifáticos (Narain & Singh, 1992; Winter *et al.*, 1976), los cuales juegan un rol importante en el único y delicado sabor del maracuyá. Engel & Tressl (1991) describen la presencia de de 3-mercaptanohexanol, acetatos, butanatos y hexanatos.

Chan (1993) menciona que el aroma y sabor del maracuyá es sensible al tratamiento térmico, recomienda un tratamiento térmico a alta temperatura y tiempo corto. Heinz & Tressel (1983) investigaron el efecto del tratamiento térmico, encontrando que compuestos como monoterpenos: linalol, nerol, geraniol y α -terpinol no se encuentran en su forma libre en la fruta fresca pero al recibir el tratamiento térmico los terpenos se sintetizan por la presencia de ácidos, lo cual genera que un cambio de sabor y color en el jugo de maracuyá, este mecanismo también puede producir otras sustancias como carotenoides y otros pigmentos.

7. 11 Degradación de color en jugo de maracuyá

Para estudiar la variación de color en el jugo de maracuyá, cuya cinética se ajusta a reacciones de orden cero o de primer orden, resulta algunas veces difícil comprender cual de los dos modelos describe mejor el mecanismo de reacción (Labuza, 1972; Beveridge & Harrison, 1987).

En este trabajo se han ensayado ambos modelos, de acuerdo a los valores de los coeficientes de correlación de los ajustes realizados, resulta difícil asegurar qué modelo es el más adecuado. No obstante, los coeficientes de correlación del modelo cinético de orden cero son ligeramente mayores que los de primer orden.

La cinética de degradación de los parámetros L (luminosidad), a , b , ΔE (diferencia neta de color), C^* (croma o saturación) y H (tono) siguen la misma cinética de orden cero que los reportados para puré de durazno reportados por Avila & Silva (1999).

En las figuras 7. 11, 7. 12, 7. 13 se muestra la tendencia de los parámetros de luminosidad (L), del parámetro a y el parámetro (b) en la escala Hunter después del tratamiento térmico, se observa que al incrementar la temperatura y el tiempo, el jugo de maracuyá se torna más oscuro, lo anterior corresponde a una disminución en el parámetro L (Figura 7. 11). En el jugo de maracuyá se presenta una disminución en el color amarillo y tiende al rojo cuando se somete al tratamiento térmico. Estos cambios se traducen por una disminución del parámetro b (Figura 7. 12) y un aumento en el parámetro a (Figura 7. 13). Se observa que los parámetros L y b disminuyen, en contraste el parámetro a aumenta, a mayor tiempo y temperatura de

tratamiento térmico. Los resultados obtenidos son similares a los mencionados para puré de cupuaçu por Silva & Silva (1999).

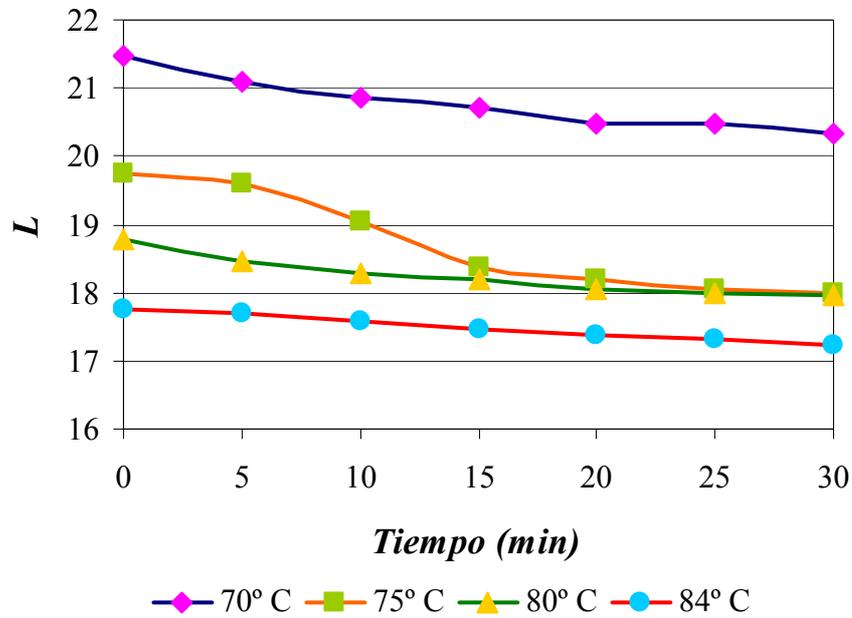


Figura 7. 11 Degradación térmica de la luminosidad (L) en función del tiempo y temperatura en jugo de maracuyá a diferentes temperaturas

La disminución del parámetro b y el aumento de a , genera un cambio en el tono (H) del jugo de maracuyá tendiendo hacia el rojo con una disminución de amarillo, la saturación o croma también presenta una ligera disminución. El tono es un parámetro de color importante ya que correlaciona la percepción del cambio de color del ojo humano (Jiménez & Gutiérrez, 2001).

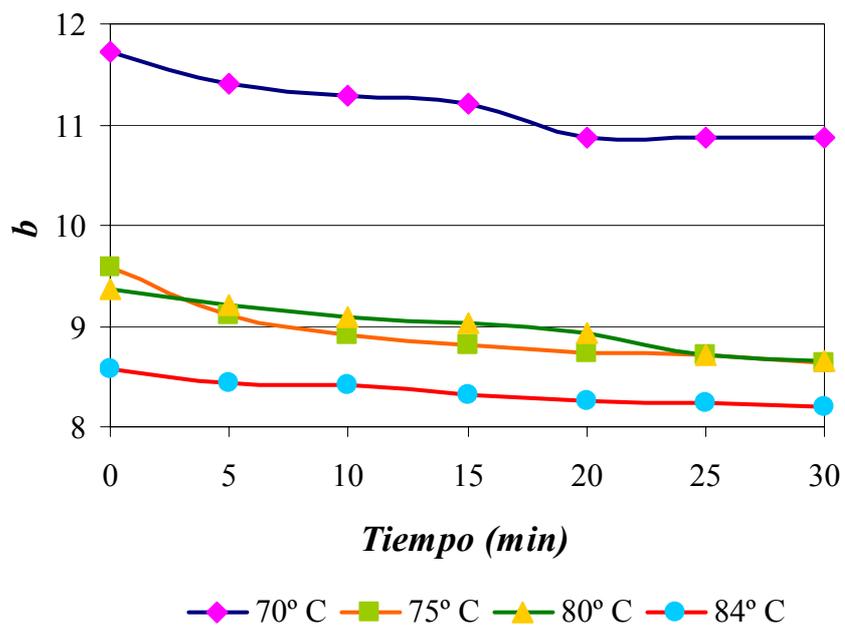


Figura 7.12 Degradación térmica del parámetro b en función del tiempo y temperatura en jugo de maracuyá

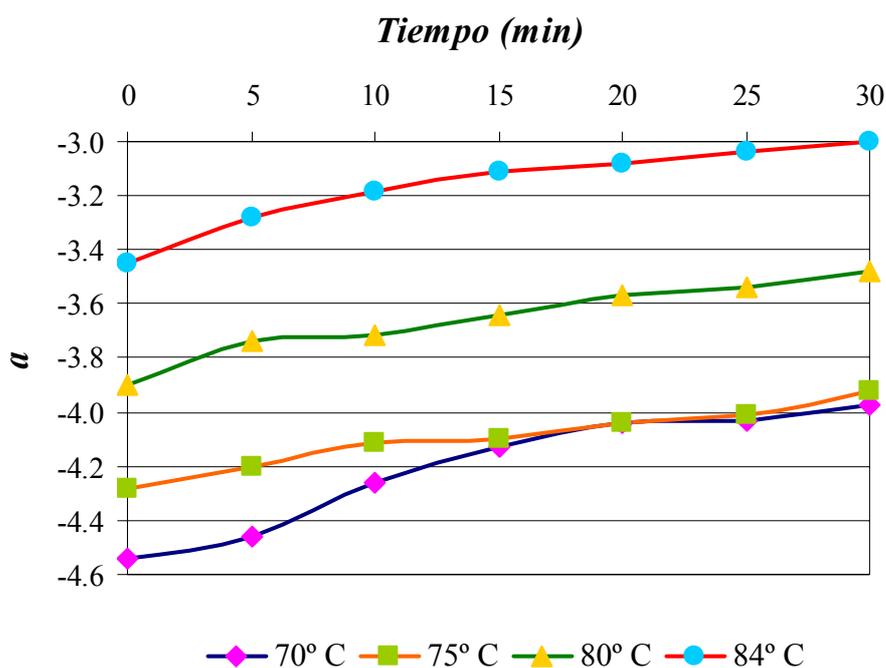


Figura 7. 13 Degradación térmica del parámetro a en función del tiempo y temperatura en jugó de maracuyá

El tratamiento térmico produce la formación de productos resultantes de las reacciones de Maillard como melanoninas, que confieren al producto final coloraciones oscuras englobadas bajo el término de pardeamiento no enzimático. Estas sustancias coloreadas se forman a partir de compuestos carbonílicos (azúcares reductores, ácido ascórbico, entre otros) y compuestos con grupos amino (aminoácidos principalmente), el contenido de azúcares reductores como la fructuosa pueden intervenir en las reacciones de Maillard (Beveridge & Harrison, 1987; Shallenberger & Mattick, 1983).

En la tabla VII. XVII se presentan los valores de las constantes de degradación (k) para los parámetros medidos en la escala Hunter para el jugo de maracuyá. La constantes cinéticas aumentan de manera proporcional con la

temperatura de tratamiento, lo que confirma que un aumento en la temperatura favorece el oscurecimiento no enzimático (Beveridge & Harrison, 1987), a excepción del parámetro b que a 84° C presentan una disminución de k , lo cual se puede atribuir a variaciones en el equipo o en la medición.

Tabla VII. XVII Valores de las constantes de degradación (k) para los parámetros de color en jugo de maracuyá

Temperatura (° C)	k (min^{-1})					
	L	a	b	C^*	H	ΔE
70	0.0151	0.0093	0.0132	0.0157	0.0290	0.0219
75	0.0164	0.0128	0.0139	0.0184	0.0346	0.0266
80	0.0309	0.0141	0.0235	0.0206	0.0439	0.0353
84	0.0322	0.0149	0.0171	0.0272	0.0268	0.0425

Remacha *et al.*, (1992) estudiaron la evolución de la diferencia de color (ΔE) en pulpas de ciruela, melocotón y albarico, obteniendo una cinética de orden cero con valores de la constante cinética comprendidos entre 0.0292 min^{-1} y 0.0522 min^{-1} en un intervalo de temperatura de 80 a 90° C, valores que son similares a los encontrados en este trabajo.

En la tabla VII. XVIII se muestran los valores D y z para los parámetros de color, se observa que el valor del parámetro D disminuye conforme aumenta la temperatura. No hemos encontrado referencias en bibliografía para la comparación de los valores D para cinética de orden cero.

Tabla VII. XVIII Valores D y z para los parámetros de color: L , a y b

en jugo de maracuyá

Temperatura (° C)	D (min)		
	L	a	b
70	153.01	246.85	174.26
75	140.09	179.22	165.89
80	74.61	163.90	134.92
84	71.58	154.44	97.98
z (° C)	32.61	62.80	50.21

Para conocer el efecto de la temperatura sobre las constantes de velocidad, se utilizó la ecuación de Arrhenius. La energía de activación (E_a) para la luminosidad (L) fue de $15.11 \text{ kcal mol}^{-1}$, $7.53 \text{ kcal mol}^{-1}$ para el parámetro a ; $7.91 \text{ kcal mol}^{-1}$ para b ; para el croma o saturación (C^*) fue del $7.96 \text{ kcal mol}^{-1}$; $2.06 \text{ kcal mol}^{-1}$ para el tono y para la diferencia neta de color (ΔE) de $11.8 \text{ kcal mol}^{-1}$. Los valores más bajos encontrados fueron para el tono lo cual nos indica que es el parámetro de color que menos cambia.

Los valores encontrados para la energía de activación (E_a) son menores a los mencionados por Moreno (2003) para néctar de mango-piña, donde reportan E_a en un intervalo de $3.85 - 21.63 \text{ kcal mol}^{-1}$, Ibarz *et al.*, (1993) encontraron valores de $E_a = 11.40 - 15.99 \text{ kcal mol}^{-1}$ para jugo de melocotón, los cuales son comparables con los encontrados en este trabajo para jugo de maracuyá.

7. 11. 1 Cálculo del DE_{CMC}

Se calculó el DE_{CMC} (AATCC, 1990), el cual mide pequeñas diferencias en cambios de color, el DE_{CMC} nos muestra si el cambio es percibido por la visión humana y juzga la aceptabilidad de la diferencia de color, los resultados para jugo de maracuyá se muestran en la tabla VII. XIX. Los valores calculados nos muestran que a partir de 75° C en 20 minutos y a partir de los 15 minutos a 80 y 84° C los valores son mayores a 1.56, lo que representa la percepción humana del cambio de color después del tratamiento (Apéndice H).

Tabla VII. XIX Valores de DE_{CMC} en jugo de maracuyá

Tiempo (minutos)	DE_{CMC}			
	70 ° C	75 ° C	80 ° C	84 ° C
5	0.43	0.93	1.44	1.27
10	0.61	1.14	1.53	1.51
15	0.93	1.39	1.86	2.06
20	1.20	1.68	1.94	2.31
25	1.29	1.79	2.02	2.57
30	1.51	1.98	2.26	2.63

Los cambios en color en el maracuyá se atribuyen a los carotenoides y las xantofilas, estos pigmentos son sensibles al oxígeno, calor, luz, tratamiento térmico y condiciones de almacenamiento (Talcott *et al.*, 2003). Los valores de DE_{CMC} nos muestran que los cambios en color se perciben al aumentar la temperatura de

tratamiento térmico. Benítez (2003) menciona un cambio de color al aumentar la temperatura en puré y néctar de guanábana, similar a los resultados obtenidos en este trabajo.

Para comprobar los resultados del DE_{CMC} se hizo una prueba sensorial de color (Apéndice C) con un panel de jueces, la prueba consistía en identificar si había diferencia en color de muestras tratadas térmicamente a 70° C, 75° C, 80° C y 84° C con respecto a un estándar (muestra fresca).

En la figura 7. 14 se presentan los resultados obtenidos de la prueba de color, se observa que menos del 50% del panel de jueces encontró diferencias de la muestras tratadas a 70° C con respecto a la muestra fresca, en cambio se observa que a 80° C el cambio en color es más perceptible, por lo que se comprueban los resultados obtenidos sensorialmente con los obtenidos mediante el DE_{CMC} .

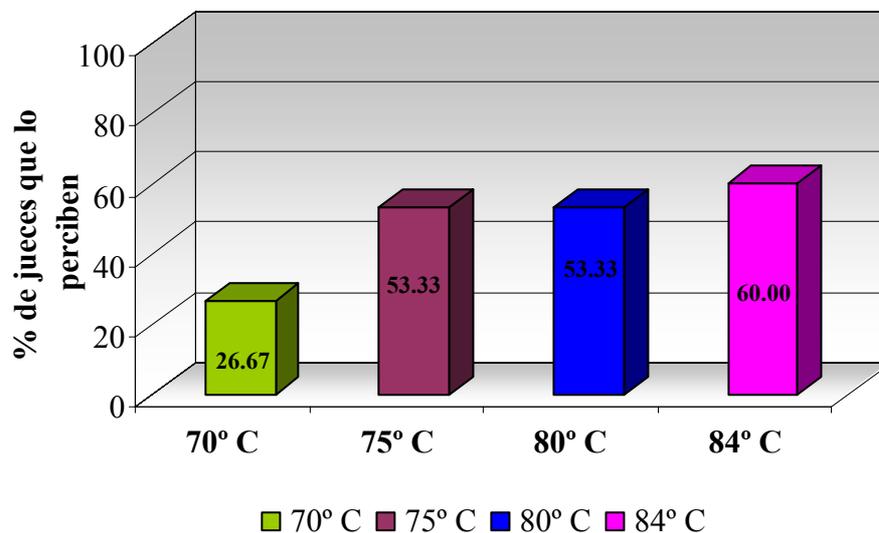


Figura 7. 14 Detección de cambio de color en jugo de maracuyá

7. 12 Optimización del proceso de pasteurización

La optimización del proceso de pasteurización se realizó en base a los resultados obtenidos de las cinéticas de tiempo de inactivación térmica (TIT) de la enzima pectinesterasa, degradación de vitamina C (ácido ascórbico) y degradación de sabor en jugo de maracuyá, con el objetivo de obtener un producto que asegure la inactivación de enzimas, con una alta calidad nutritiva y organoléptica.

La elección de la enzima pectinesterasa como base para la optimización del jugo de maracuyá, fue porque al inactivar a esta enzima es posible obtener productos seguros microbiológicamente, ya que los microorganismos de interés en alimentos de alta acidez como levaduras, mohos y bacterias ácido lácticas, requieren tratamientos menores a los de la enzima pectinesterasa para ser inactivados (Toledo, 1991).

En la Figura 7. 15 se presentan las cinéticas de degradación de los parámetros antes mencionados para el jugo de maracuyá, se observa que la cinética de tiempo de inactivación térmica (TIT) de pectinesterasa presenta una mayor pendiente, se observa que la curva de TIT queda por debajo de la de cambio de sabor y la de degradación de ácido ascórbico, lo que permite la optimizar el proceso de pasteurización.

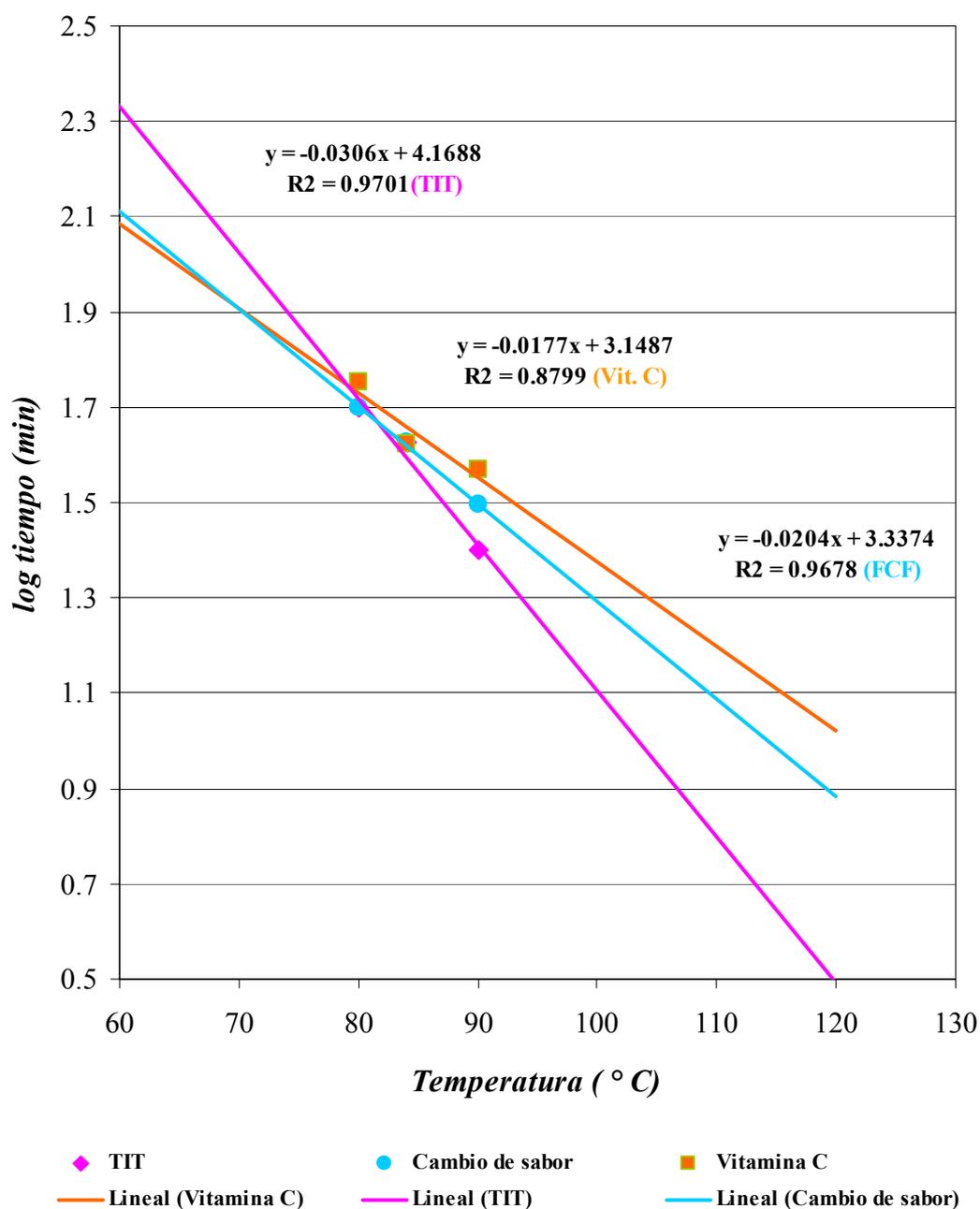


Figura 7. 15 Optimización del tratamiento térmico para jugo de maracuyá
(*Passiflora edulis f. flavicarpa*)

A partir de la ecuación 7. 1, se determinan las combinaciones tiempo y temperatura para la pasteurización del jugo. La ecuación 7.1 fue obtenida a partir de los tiempos de inactivación térmica de la enzima pectinesterasa (Figura 7. 15).

$$\text{Log } D = -0.0306 (\text{Temperatura } ^\circ \text{C}) + 4.1688 \quad (7.1)$$

Por lo tanto el tratamiento térmico adecuado para pasteurizar jugo de maracuyá, donde se inactivará a la enzima y se asegure la calidad nutricional y organoléptica debe ser realizado a una temperatura de 90° C por un tiempo de 14 min, con una retención del 40.34 % del contenido de vitamina C.

7.13 Formulación y caracterización de la bebida funcional de maracuyá

El jugo de maracuyá se elaboró a partir del procedimiento descrito en el Apéndice A. Se trabajó con dos tipos de fibra soluble: inulina (Raftiline GR) y oligofructuosa (Raftilose P95).

Tabla VII. XX Caracterización fisicoquímica del jugo de maracuyá sin fibra y con fibra dietética soluble

	Característica					
	<i>pH</i>	<i>(°Brix)</i>	<i>Viscosidad</i>	<i>Color</i>		
			<i>(cps)</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
Jugo	2.86	14.4	47.4	25.69	-3.76	14.35
Sin fibra	± 0.006	± 0.058	± 2.25	± 0.052	± 0.220	± 0.239
Jugo	2.88	14.6	47.9	25.74	-3.74	14.54
con inulina	± 0.02	± 0.06	± 1.53	± 0.13	± 0.06	± 0.05
Jugo con	2.86	14.7	48.0	25.80	-3.75	14.41
oligofructuosa	± 0.01	± 0.10	± 2.47	± 0.11	± 0.01	± 0.15

La cantidad de inulina adicionada fue de 2.8 g/250 mL y de oligofruktuosa fue de 2.7 g/250 mL en el jugo de maracuyá. En la tabla VII. XX se presenta la caracterización fisicoquímica del jugo sin fibra y con fibra soluble. Los resultados obtenidos para jugo de maracuyá sin fibra son similares a los del jugo después de la adición de la fibra soluble. Arenas *et al.*, (1994) menciona que el maracuyá tiene una viscosidad entre 40-60 cps, la viscosidad para jugo de maracuyá en este trabajo se encuentra dentro del intervalo antes mencionado.

7. 14 Tratamiento térmico de la bebida funcional de maracuyá

El tiempo 14 min y temperatura 90° C del tratamiento térmico para la bebida funcional de maracuyá, condiciones que se obtuvieron de la optimización del proceso de pasteurización del jugo de maracuyá. La Figura 7.15 muestra las curvas de penetración de calor del jugo de maracuyá sin fibra y con fibra dietética, el tiempo de subida del jugo sin fibra (CUT) para alcanzar la temperatura de trabajo fue de 3.5 min, para el jugo de maracuyá con inulina el CUT fue de 3.6 min y para el jugo con oligofruktuosa fue de 3. 45 min. Se observa que los tiempos de subida (CUT) son muy similares, la penetración de calor fue primordialmente por convección en el jugo con fibra dietética soluble. El comportamiento reológico del jugo de maracuyá no presenta cambios con respecto a la adición de la fibra dietética soluble, ya que la viscosidad es similar en el jugo sin adición de fibra dietética y con inulina u oligofruktuosa y el mecanismo de penetración en ambos casos es primordialmente por convección.

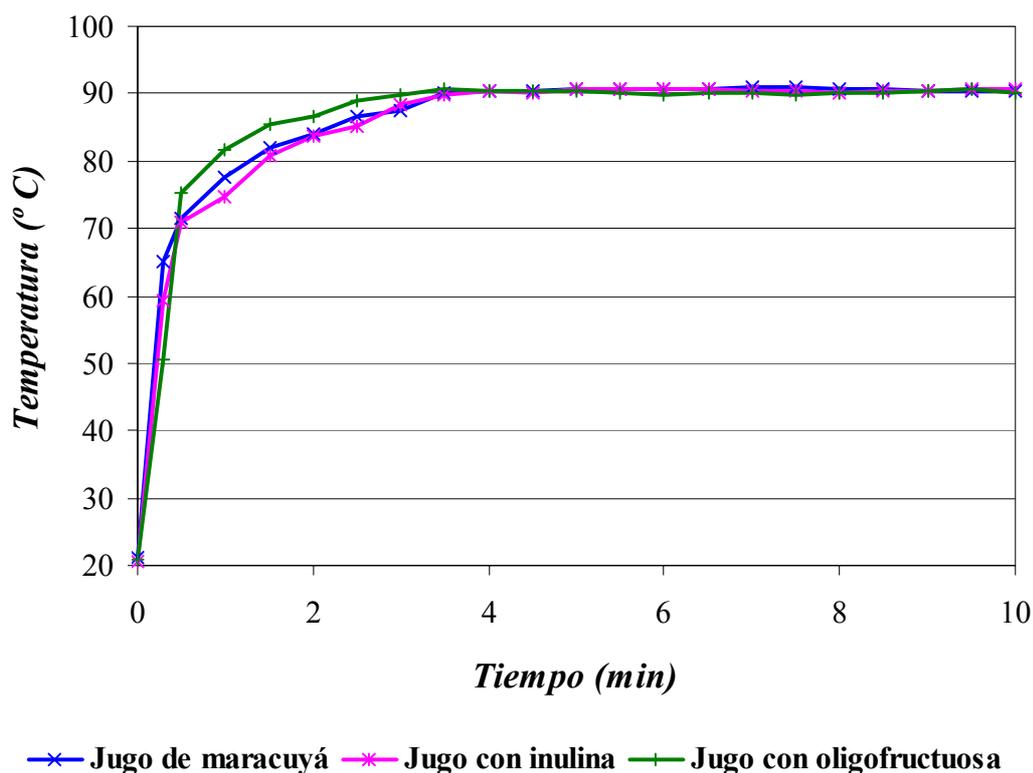


Figura 7. 16 Curvas de penetración de calor en jugo de maracuyá sin fibra y con fibra dietética soluble

7. 15 Degradación de fibra dietética soluble en la bebida de maracuyá

En la tabla VII. XII se presenta el porcentaje de fibra dietética después del tratamiento térmico. La fibra dietética soluble utilizada en este trabajo fue inulina y oligofruktosa, las cuales están formadas por cadenas lineales de moléculas de fructosa unidas por enlaces β (2→1) y a menudo acaban en una molécula de glucosa (L'homme *et al.*, 2003).

La oligofruktuosa es una fibra dietética muy soluble ya que no se cristaliza, ni precipita ni deja un sabor seco o arenoso en la boca aunque puede generar oscurecimiento por la reacción de Maillard después del tratamiento térmico (Labuza, 2000). Los resultados muestran que el jugo con oligofruktuosa presenta una mayor degradación después del tratamiento térmico en comparación con el jugo con inulina, ya que en el jugo de maracuyá con oligofruktuosa hubo una pérdida de fibra soluble fue del 33.96 % y en el jugo con inulina del 23.55 %.

Tabla VII. XXI Porcentaje de fibra dietética soluble antes y después

del tratamiento térmico (T. T)

	Antes del T. T		Después del T. T	
	FDS g/mL	% FDS	FDS g/mL	% FDS
<i>Jugo de maracuyá con inulina</i>	2.77	100	2.12	76.45 ± 2.45
<i>Jugo de maracuyá con oligofruktuosa</i>	2.68	100	1.77	66.04 ± 3.57

FDS: Fibra dietética soluble

De acuerdo con lo reportado, la inulina y la oligofruktuosa en condiciones muy ácidas y exposiciones de tiempo largo y alta temperatura pueden hidrolizarse en fructuosa. La oligofruktuosa es más sensible a la hidrólisis ácida que la inulina y

puede hacer que sea difícil el uso de la oligofruktuosa en productos ácidos y de larga vida de anaquel como bebidas refrescantes de jugos de frutas. En alimento con alta acidez la hidrólisis de inulina es $\leq 10\%$ y no mayor al 15% en el caso de la oligofruktuosa (L'homme *et al.*, 2003; Orafti, 2004).

Blecker *et al.* (2002) encontraron que el mayor efecto en la hidrólisis de los fructoligosacáridos es la acidez y un menor efecto es por la aplicación de altas temperaturas. La hidrólisis en el jugo de maracuyá de la inulina y la oligofruktuosa en este trabajo es superior a la antes mencionada, lo cual puede atribuirse a la alta acidez del jugo de maracuyá y al método utilizado para la determinación de fibra dietética soluble. El método gravimétrico-enzimático empleado sólo cuantifica una fracción de fructanos: componentes principal de la inulina y la oligofruktuosa (Coussement, 1995). En bibliografía no hay resultados de degradación de fibra soluble en bebidas de jugos de frutas por lo que no se puede establecer una comparación con los resultados obtenidos en este trabajo.

Las nuevas tendencias del consumidor han llevado a desarrollar nuevos conceptos nutricionales y de mercado denominados “alimentos funcionales”. Estos productos alimenticios, pretenden, principalmente, mejorar el funcionamiento del aparato digestivo, ofreciendo a los consumidores productos que ofrezcan un beneficio extra a la salud (Labuza, 2000).