

Contribución al estudio reológico del néctar de albaricoque

POR

E. González, G. Guzmán y A. Corbalán

RESUMEN

Se ha estudiado el comportamiento reológico del néctar de albaricoque estableciéndose las ecuaciones que ligan los esfuerzos cortantes con la velocidad angular del viscosímetro, deducidas de los reogramas correspondientes, y las que relacionan la viscosidad aparente de néctares diluidos del anterior con su concentración en pulpa.

Mediante el estudio del efecto de la temperatura sobre los parámetros reológicos se han deducido ecuaciones del tipo $K = K_0 \exp(A/T)$, donde $K_0 = \text{cte}$ característica del néctar, $T = t^{\text{a}}$ absoluta y $A = \text{cte}$, cuyo valor es $\Delta E/R$, siendo ΔE la energía de activación del flujo y R la cte de los gases.

SUMMARY

The rheological behaviour of the apricot nectar has been studied. The equations which bind the shear-stress with the angular rate of the viscosimeter, obtained from the corresponding rheograms, and also that ones which establish the dependance between the apparent viscosity of diluted nectars and the corresponding pulp concentration.

Through the study of the temperature influence on the rheological parameters were obtained the corresponding equations of exponential type



such as $K = K_0 \cdot e^{A/T}$ where $K_0 = \text{constant}$ which is distinctive for each nectar, $T = \text{Kelvin temperature}$ and $A = \text{constant}$, whose value is $\Delta E/R$, where ΔE is the activation energy for the flow and $R = \text{Gas general constant}$.

INTRODUCCION

La reología —definida como la ciencia del flujo y de la deformación— ha alcanzado en las últimas décadas un notable desarrollo, tanto en sí misma, mediante el establecimiento de nuevos criterios y modelos cinéticos, como en cuanto a su aplicación generalizada a numerosos sistemas fluidos de interés técnico. Entre estos últimos cabe destacar su aportación al estudio de los alimentos líquidos, naturales o elaborados.

La bibliografía sobre las características reológicas de los derivados líquidos de albaricoque no es muy amplia estando dirigidos los diferentes estudios a la caracterización de cremogenados y concentrados.

Los resultados obtenidos en trabajos anteriores demuestran que estos productos son no newtonianos, pero no hay concordancia en cuanto a la caracterización específica de los mismos. Saravacos (1) estudia cremogenados —con un 13,8 % de sólidos totales— obtenidos mediante cocción de la fruta, molturación y tamizado —con 0,84 mm de luz de malla—. La determinación reológica se efectúa a 27° C con un viscosímetro de tubo, concluyendo que este producto se comporta como pseudoplástico. Por el contrario, Leuprecht y col. (2) y Scheller y col. (3) clasifican este producto como un plástico de Bingham, mientras que Byterva y col. (4) detectan un comportamiento tixotrópico sobre el puré edulcorado. Costell y Durán determinan la posible tixotropía (5) y el umbral de fluencia (6) de diversos cremogenados comerciales, entre ellos la variedad Búlida, siendo ésta la única que presentaba claramente un comportamiento tixotrópico, aunque no demasiado pronunciado.

Los concentrados han sido estudiados con mayor atención. El primer trabajo destacable se debe a Harper en 1960 (7), quien obtiene concentrados en un evaporador de película conteniendo de 16,7 a 59,3 % en materia seca, considerando este producto como pseudoplástico, aunque detecta cierto grado de tixotropía que lo considera despreciable. Resultados similares han sido publicados por Watson (8) con concentrados del 26 % en sólidos totales, procedentes de albaricoque de diferentes grados de madurez; la determinación reológica la realiza a dos temperaturas —4 y 25° C— detectando umbrales de fluencia y tixotropía que desaparecen al emplear altas velocidades de cizalladura. Durán y Jiménez (9) estudian

la evolución de las características reológicas del cremogenado durante la concentración del mismo —en el intervalo 11,5 a 35° Brix— y su relación con las variables del proceso de concentración —coeficiente de transporte de calor y velocidad de evaporación—. En todos los casos encuentran un comportamiento pseudoplástico con umbral de fluencia. Entre 20 y 25° Brix detectan una variación en la pauta del comportamiento reológico que lo atribuyen a un cambio de estructura, pasando de una dispersión a un gel incipiente.

No se ha encontrado bibliografía referente a los néctares de albaricoque, por lo que la parte experimental de este trabajo puede considerarse como primicia para este derivado.

PARTE EXPERIMENTAL

APARATOS.

Viscosímetro.

Se ha utilizado un viscosímetro de cilindros coaxiales (figura 1) cuya geometría, como es sabido, proporciona un flujo tipo Couette. Se trata de un equipo similar al modelo Mac Michel de hilo de torsión, donde el fluido ocupa el espacio anular comprendido entre un vaso exterior de radio R_1 , que gira a velocidades regulables, Ω_0 , y un cilindro de radio R_0 y longitud L , coaxial con el vaso, que está suspendido mediante un hilo de torsión. Véanse características en tabla I.

Al girar el vaso, el fluido arrastra el cilindro hasta que se establece la igualdad de los momentos de torsión del hilo y el provocado por la tensión de cizalladura τ_R del fluido sobre la pared del cilindro.

TABLA I
CARACTERÍSTICAS DEL VISCOSIMETRO

Ω_0 (rad/seg)		R_0 (cm)	R_1 (cm)	L (cm)	$^{\circ}D$
mín	máx				
0,30	5,50	2,80	3,37	9,0	0°-360°

Los hilos utilizados han sido suministrados por la firma Fisher Scientific, utilizándose los números 30 y 34.

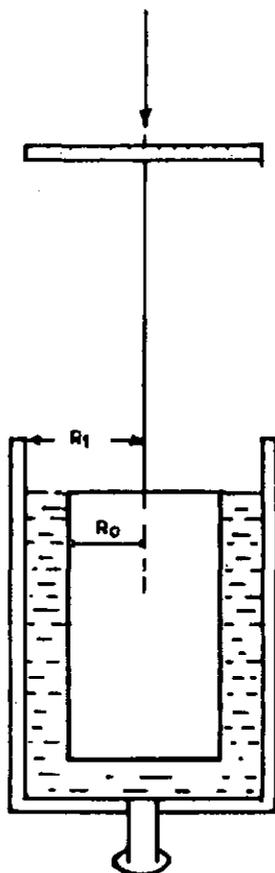


FIGURA 1.—Esquema del viscosímetro de cilindros coaxiales utilizado.

REACTIVOS.

Todos los reactivos utilizados han sido Merck, calidad R. A.

- Acido galacturónico monohidratado; carbazol; ácido sulfúrico concentrado.
- Mezcla catalizadora: selenio metal + sulfato de cobre + sulfato sódico; indicador: rojo de metilo + verde de bromocresol; ácido bórico y ácido clorhídrico para determinación de nitrógeno por el método Kjeldahl.
- Disolución de ácido metafosfórico + ácido acético, disolución de ácido ascórbico, sal sódica del 2,6 diclorofenol-indofenol para determinación de vitamina C.

PROCEDENCIA Y PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS.

Néctar original.

El néctar base para los diversos experimentos es de albaricoque, variedad Búlida, y ha sido elaborado en la Cooperativa del Campo de Frutos y Productos Agrícolas, sita en Cehegín (Murcia).

Obtención del almíbar.

Se mezclan ácidos cítrico y málico, más ascórbico, con sacarosa y se disuelven en agua añadiendo posteriormente jarabe de glucosa. El conjunto se calienta agitando hasta total transparencia, almacenándose en frascos de vidrio Pyrex y conservándose en frigorífico a 4° C.

Obtención de los néctares diluidos.

El néctar original del 40 % en pulpa de albaricoque se diluye con almíbar hasta obtener néctares del 30, 20 y 10 % en peso de pulpa.

Preparación de néctares con concentraciones conocidas de pectinas.

A diferentes muestras de néctar con 40 % en pulpa se les adicionan las cantidades determinadas de pectina —tipo Rapid Set de 150° SAG de la firma Unipectine— para obtener concentraciones de 2.000 y 4.000 ppm. Para ello se calienta el néctar —hasta unos 40° C— agitando, y se añade lentamente la pectina; una vez incorporada se mantiene en frigorífico a 4° C hasta su utilización.

RESULTADOS

ANÁLISIS DEL NÉCTAR DE PARTIDA.

Los resultados se reúnen en tabla II.

TABLA II
ANÁLISIS DEL NECTAR DE PARTIDA

<i>Determinaciones analíticas</i>	<i>Resultados</i>	<i>Desviación standard</i>
Sólidos solubles (°Brix)	12° B	
Densidad	1,049 gr/l.	$\sigma_{N-1} = 0,45 \%$
pH	3,49	$\sigma_{N-1} = 1,7 \%$
Acidez total	0,46 % A. C. M.	$\sigma_{N-1} = 4,3 \%$
Sólidos totales	12,2 %	$\sigma_{N-1} = 1,34 \%$
Ac. galacturónico	573 μ g/ml	$\sigma_{N-1} = 4,55 \%$
Proteínas	193,7 mg/100 ml	$\sigma_{N-1} = 3,23 \%$
Vitamina C (en Ascórbico)	16,2 mg/100 ml	$\sigma_{N-1} = 6,25 \%$

ANÁLISIS DE LOS NÉCTARES DILUIDOS.

En la tabla III se indican los resultados obtenidos, incluyéndose con fines comparativos los del néctar original (el del 40 %).

TABLA III
RESULTADOS ANALÍTICOS DE LOS NECTARES UTILIZADOS

<i>Pulpa</i> %	<i>pH</i>	<i>Acidez</i> % A.C.M.	<i>Brix</i>
40	3,49	0,46	12
30	3,40	0,40	12
20	3,27	0,37	12
10	3,07	0,31	12

Como cabría esperar, el contenido en sólidos solubles permanece constante, ya que el néctar de partida y el almíbar tienen la misma concentración.

La aparente contradicción entre los valores de pH y acidez creemos que está originada por el efecto tampón de los néctares.

DETERMINACIONES REOLOGICAS

CONTRASTADO DE LOS HILOS DE TORSIÓN DEL VISCOSÍMETRO.

Como flúidos de contrastado se han utilizado disoluciones acuosas de sacarosa del 50 y 65 % en peso —patrones establecidos por el National Bureau of Standards de EE. UU.— que, como es sabido, presentan características newtonianas. En la tabla IV se indica la relación viscosidad-temperatura para las mismas (10).

TABLA IV
VISCOSIDADES DE DISOLUCIONES DE SACAROSA EN FUNCION DE LA TEMPERATURA, CENTIPOISES

<i>Sacarosa,</i> % peso	<i>Temperatura, °C</i>				
	20	25	30	35	40
50	15,54	12,49	10,18	8,416	7,040
65	148,2	106,1	77,85	58,39	44,68

Para determinar las viscosidades a temperaturas diferentes a las indicadas en la tabla anterior se utiliza la aproximación de Ohtmer [1]:

$$\log \mu = \frac{A}{T} - B \quad [1]$$

T = Temperatura absoluta.
A y B = parámetros que dependen de la concentración de sacarosa e intervalo de temperatura elegido.

TABLA V

VISCOSIDADES DE LAS DISOLUCIONES DE SACAROSA
A LAS TEMPERATURAS ENSAYADAS, CALCULADAS MEDIANTE
LA APROXIMACION DE OHTMER

Hilo	Sacarosa %	Tempe- tura ensayada, °C	Parámetros de Ohtmer		Viscosidad cp
			A	B	
34	50	26,8	1603,8862	4,285606	11,59
30	65	33,9	2330,597	5,8004102	62,17

Para calcular el factor de torsión se utiliza la ecuación [2]:

$$k = \frac{4 \pi L R_0^2 R_1^2}{R_1^2 - R_0^2} \cdot \mu \cdot \frac{\Omega_0}{\text{°D}} \quad [2]$$

°D: desviación del tambor giratorio respecto de su posición de equilibrio.

Sustituyendo los valores de R₀, R₁ y L indicados anteriormente se obtiene la ecuación [3]

$$k = 715,83 \mu \frac{\Omega_0}{\text{°D}} \quad [3]$$

En las tablas VI y VII se indican los resultados obtenidos para cada hilo.

TABLA VI

FACTORES DE TORSION PARA EL HILO 34 DETERMINADOS
A LA VISCOSIDAD DE 11.59 cp (Ver Tabla V)

Ω_0 rad/seg	°D	$k = 82,96 \frac{\Omega_0/D}{\text{gr cm}^2/\text{seg}^2 \cdot \text{°D}}$
0,354	21	1,40
0,455	25	1,51
0,627	31	1,68
0,882	40	1,83
1,121	48	1,94
1,497	60	2,07
1,874	73	2,13



TABLA VII
FACTORES DE TORSION PARA EL HILO 30 DETERMINADOS
A LA VISCOSIDAD DE 62,17 cp (ver Tabla V)

Ω_0 rad/seg	$^{\circ}D$	$k = 445,0 \frac{\Omega_0/D}{gr\ cm^2/seg^2\ ^{\circ}D}$	k_{medio}	$\sigma_{N-1}\%$
0,3320	12,5	11,82	11,60	3,55
0,3531	13,5	11,64		
0,4969	19,5	11,34		
0,5385	22,5	10,65	10,35	2,11
0,7749	32,5	10,61		
1,0234	44	10,35		
1,3078	56,5	10,30		
1,6087	69,5	10,30		
2,0115	87,5	10,23		
2,4769	110	10,02	9,83	0,64
3,1368	141	9,90		
4,1410	189	9,75		
4,3693	198	9,82		
4,4823	202,5	9,85		

Los factores de torsión se aproximan tanto más a valores constantes cuanto mayor sea su valor absoluto, pero para hilos muy finos —como el núm. 34— puede haber importantes variaciones, tal y como se aprecia en la tabla VI, por ello, para interpolar k es conveniente relacionarlo con la desviación en $^{\circ}D$, figura 2. Para el hilo número 30 —ver tabla VII—, se ha elegido valores medios del parámetro en los intervalos de $^{\circ}D$ indicados en la segunda columna de dicha tabla, recogiendo, además, la desviación standard relativa, $\sigma_{N-1}\%$.

CARACTERIZACIÓN DEL ALMÍBAR.

Se ha determinado la viscosidad del almíbar, empleado en las diluciones de los néctares usando el hilo de torsión número 34. Ver tabla VIII.

TABLA VIII
VISCOSIDAD DEL ALMÍBAR A 25°C

Ω_0 rad/seg	$^{\circ}D$	k fig. 2	$\tau_{r_0} =$ $KD/110,835$	$\gamma =$ $6,458 \Omega_0$	$\mu = \tau_{r_0}/\gamma$ (25°C) poises
2,966	25	1,51	0,341	19,15	0,0178
5,040	36,5	1,78	0,586	32,55	0,0180
5,747	39,5	1,82	0,649	37,11	0,0175
4,909	36	1,78	0,578	31,70	0,0182
3,696	29,5	1,64	0,437	23,87	0,0183
2,621	23	1,46	0,303	16,93	0,0179
2,211	20,5	1,36	0,257	14,28	0,0180

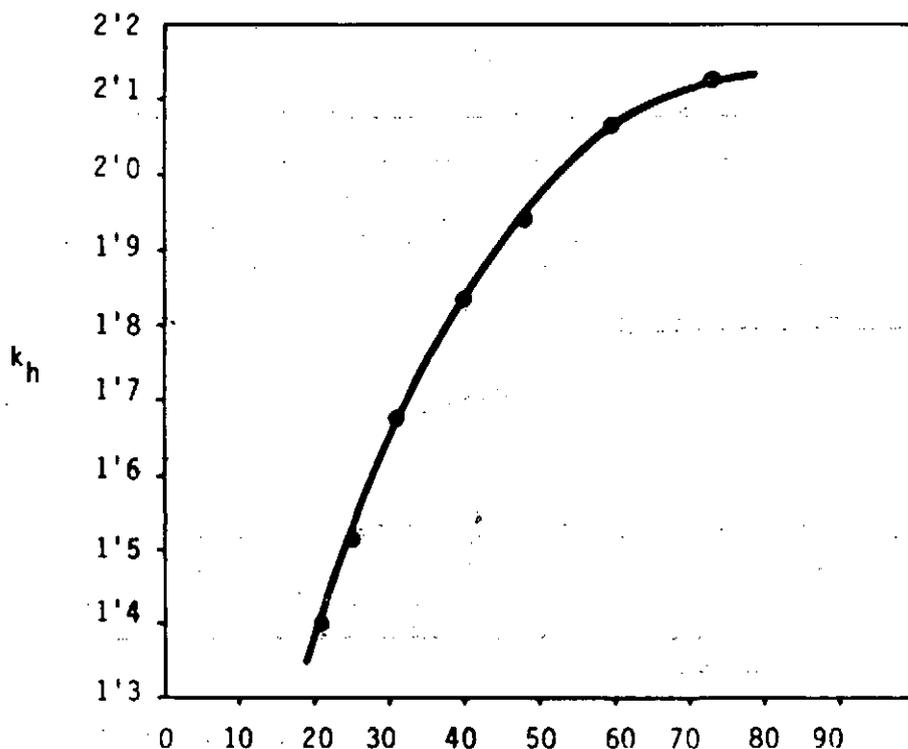


FIGURA 2.—Factores de torsión del hilo núm. 34 en función de la desviación del tambor, °D.

Como cabría esperar, presenta un comportamiento newtoniano, siendo la viscosidad media 0,018 poises con una desviación standard relativa del 1,47 %.

CARACTERIZACIÓN DEL NÉCTAR DE PARTIDA.

A continuación se recogen los resultados experimentales obtenidos con el néctar de partida utilizado, incluyéndose los valores de τ_{R_0} , tensión de cizalladura del fluido sobre la pared del cilindro, calculados mediante la ecuación [4]:

$$\tau_{R_0} = \frac{k_h D}{2\pi R_0^2 L} \quad [4]$$

k_h = factor de torsión del hilo.



Estos resultados se reúnen en tabla IX.

TABLA IX
RESULTADOS EXPERIMENTALES DEL NECTAR 40/573/26-30

Ω_0 , seg ⁻¹	1,01	1,73	2,99	4,28	5,03	3,98	3,31	2,62	1,76	1,41	0
$^{\circ}D$	63	74	92	105	110	99	92	85	72	68	0
τ_{R0} , dinas/cm ²	5,88	6,91	8,59	9,81	10,3	9,24	8,59	7,94	6,72	6,35	0

A partir de la ecuación [5]

$$\mu = K \dot{\gamma}^{n-1} \quad [5]$$

donde:

K = coeficiente de consistencia, que crece conforme aumenta la concentración de sólidos —disueltos o en suspensión—.

n = índice de comportamiento al flujo, menor que la unidad, que mide el grado de pseudoplasticidad, esto es, las modificaciones estructurales.

ha podido determinarse la viscosidad aparente en función del gradiente de velocidad, resultados que se recogen en la figura 3.

INFLUENCIA DE LA DILUCIÓN.

En la tabla X se recogen los resultados experimentales obtenidos al diluir el néctar de partida de concentraciones del 30, 20 y 10 % en pulpa original.

Nomenclatura empleada: para identificar los ensayos nos hemos ajustado a una nomenclatura de cuatro siglas con el siguiente significado:

Sigla 1: Concentración en pulpa, expresada en %.

Sigla 2: Concentración en pectina, expresada en ppm.

Sigla 3: Temperatura a la que se ha realizado la determinación reológica, °C.

Sigla 4: Número del hilo de torsión empleado en el viscosímetro.

μ , poises

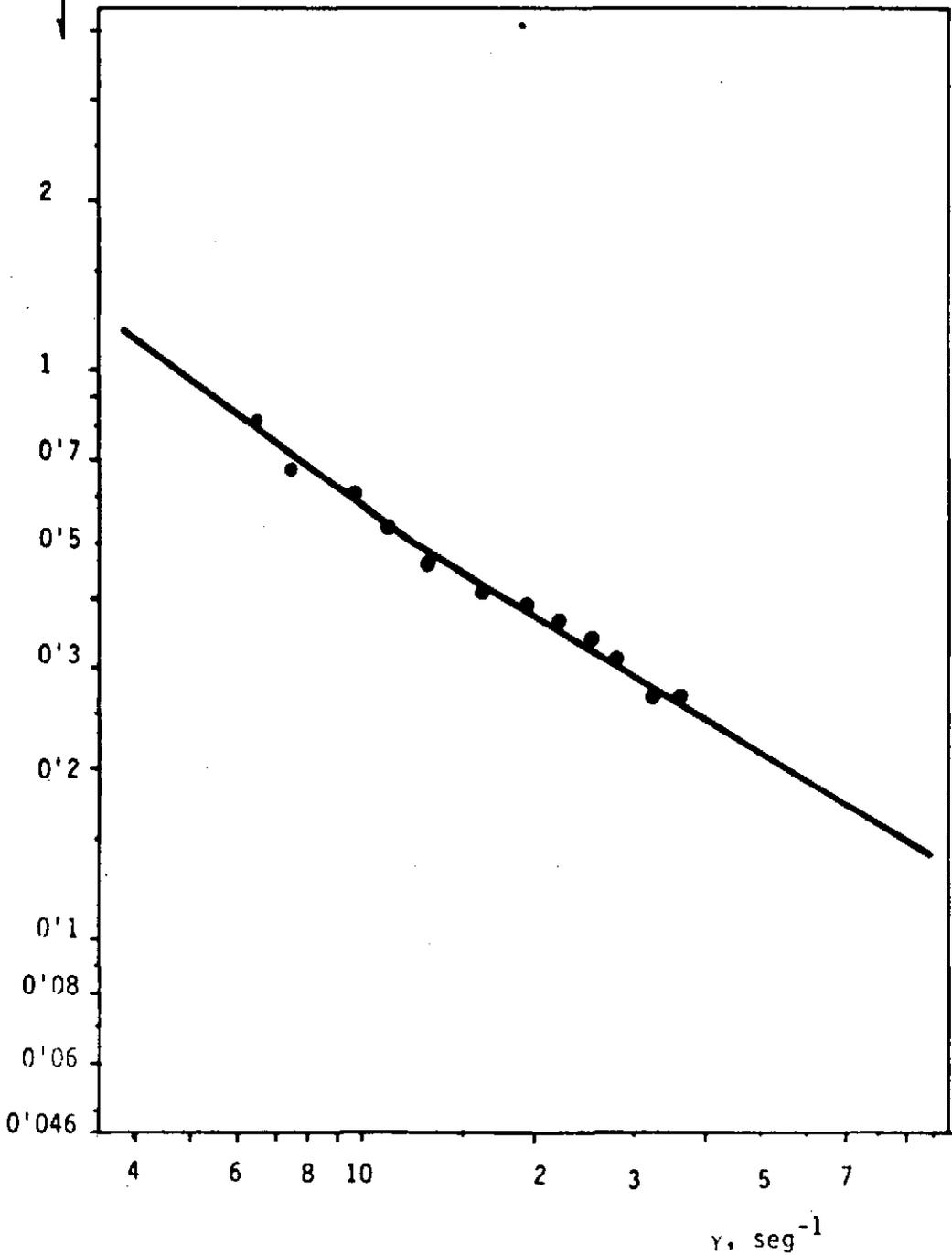


FIGURA 3.—Viscosidad aparente frente al gradiente de velocidades para la experiencia 40/573/26-30.



TABLA X

RESULTADOS EXPERIMENTALES DE LOS NECTARES DILUIDOS

<i>Exp. 30/430/25-30</i>			<i>Exp. 20/286,5/25</i>			<i>Exp. 10/143,2/25-34</i>		
Ω_0	$^{\circ}D$	τ_{R0}	Ω_0	$^{\circ}D$	τ_{R0}	Ω_0	$^{\circ}D$	τ_{R0}
0,305	21	1,96	0,32	8	0,84	0,53	26,5	0,37
1,02	29,5	2,75	0,78	11	1,15	1,46	37,5	0,61
2,45	40	3,74	1,61	11,6	1,62	1,74	39	0,64
4,19	50	4,67	2,45	19	1,99	5,43	63	1,18
5,57	57	5,32	3,10	22	2,05	1,43	36,5	0,58
4,13	50	4,67	4,03	24	2,24	0,93	33	0,51
2,43	41	3,83	5,30	30	2,80	0	0	0
1,58	35	3,27	4,03	24	2,24			
1,30	33,5	3,13	3,06	21	1,96			
1,04	29,5	2,75	2,45	18	1,88			
0,780	26,5	2,47	1,59	15	1,57			
0,324	21	1,96	0,77	11	1,15			
0	0	0	0,31	8	0,84			
			0	0	0			

Aplicando la ecuación de Oswald-de Waele [6]

$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n \quad [6]$$

se obtienen los valores que se recogen en la tabla XI (se incluye, a efectos comparativos, la experiencia 40/573/26-30).

TABLA XI

INDICES DE COMPORTAMIENTO AL FLUJO —n— Y CONSISTENCIA —K— DE NECTARES EN FUNCION DE LA DILUCION

<i>Experiencia</i>	<i>40/573/26-30</i>	<i>30/430/25-30</i>	<i>20/286,5/25-30</i>	<i>10/143,2/27-34</i>
n	0,28 0,38	0,28 0,38	0,41	0,50
K	3,042 2,465	1,410 1,221	0,556	0,183

Representando en escala doble logarítmica los valores de K frente al contenido en pulpa, C, expresado en %, figura 4, se obtiene una recta de ecuación [7]

$$K = 2,08 \cdot 10^{-3} C^{1,893} \quad r = 0,997 \quad [7]$$

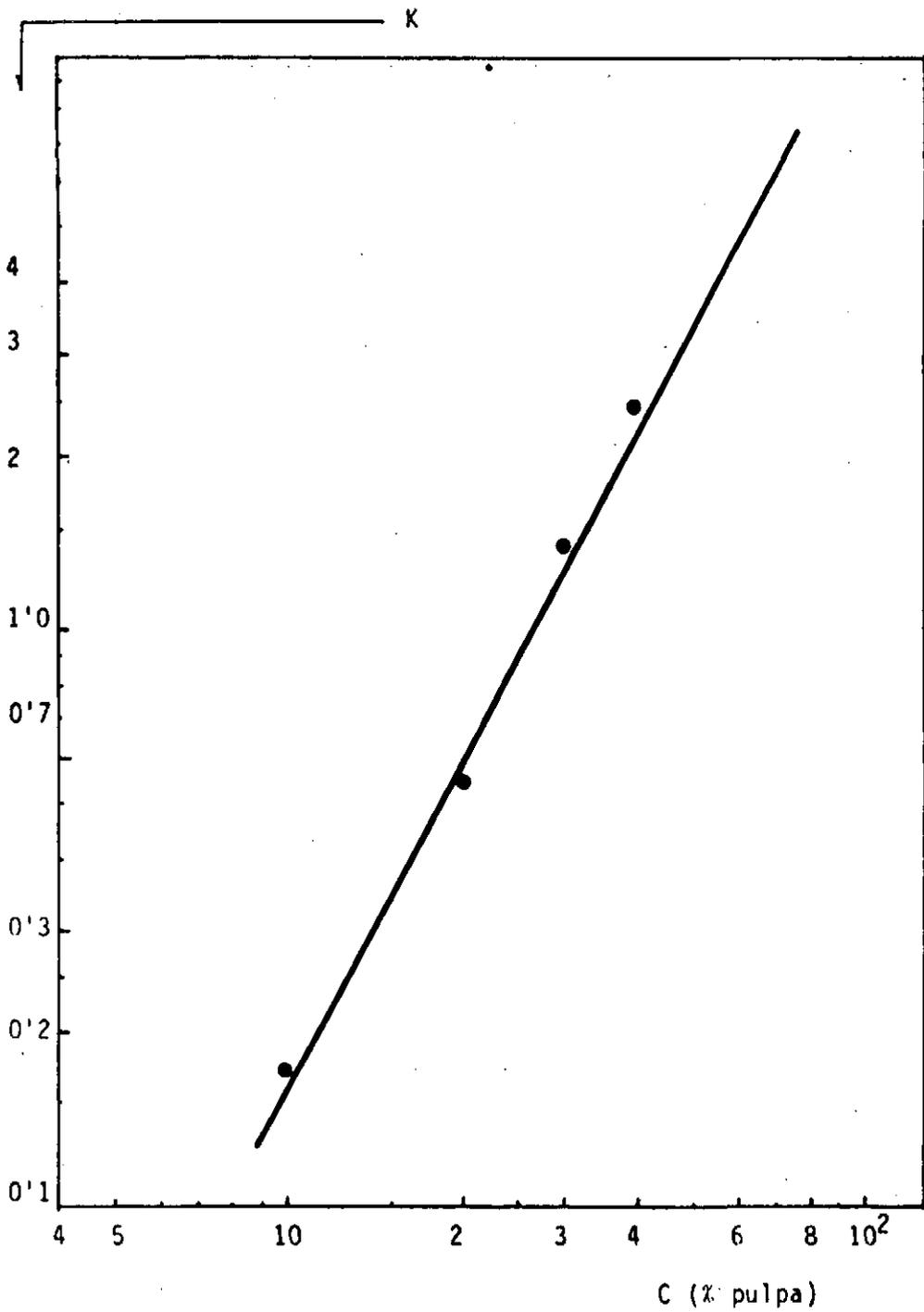


FIGURA 4.—Representación del índice de consistencia frente a la concentración de pulpa, para los néctares ensayados.

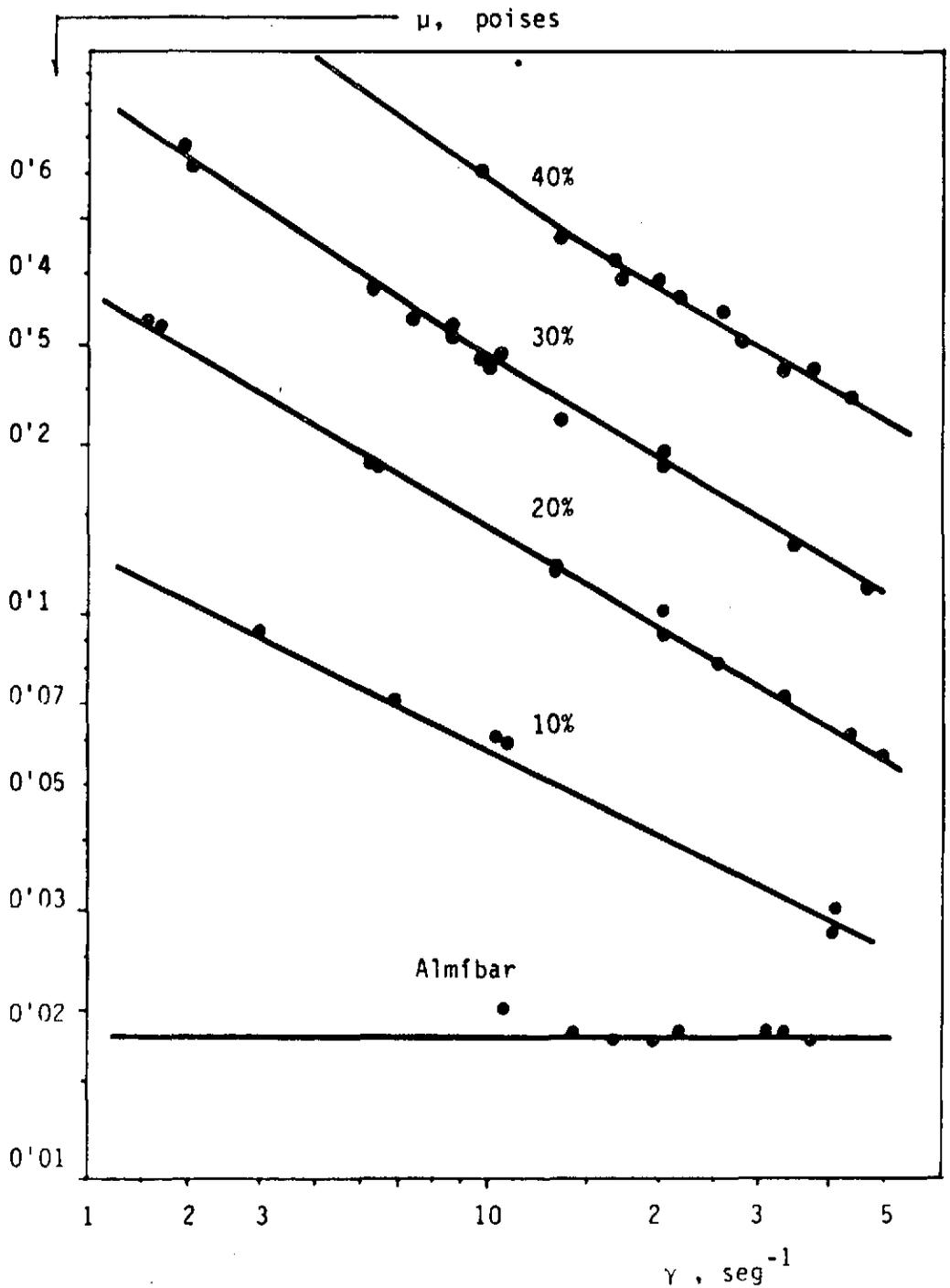


FIGURA 5.—Viscosidad aparente frente a los gradientes de velocidad para los néctares ensayados.

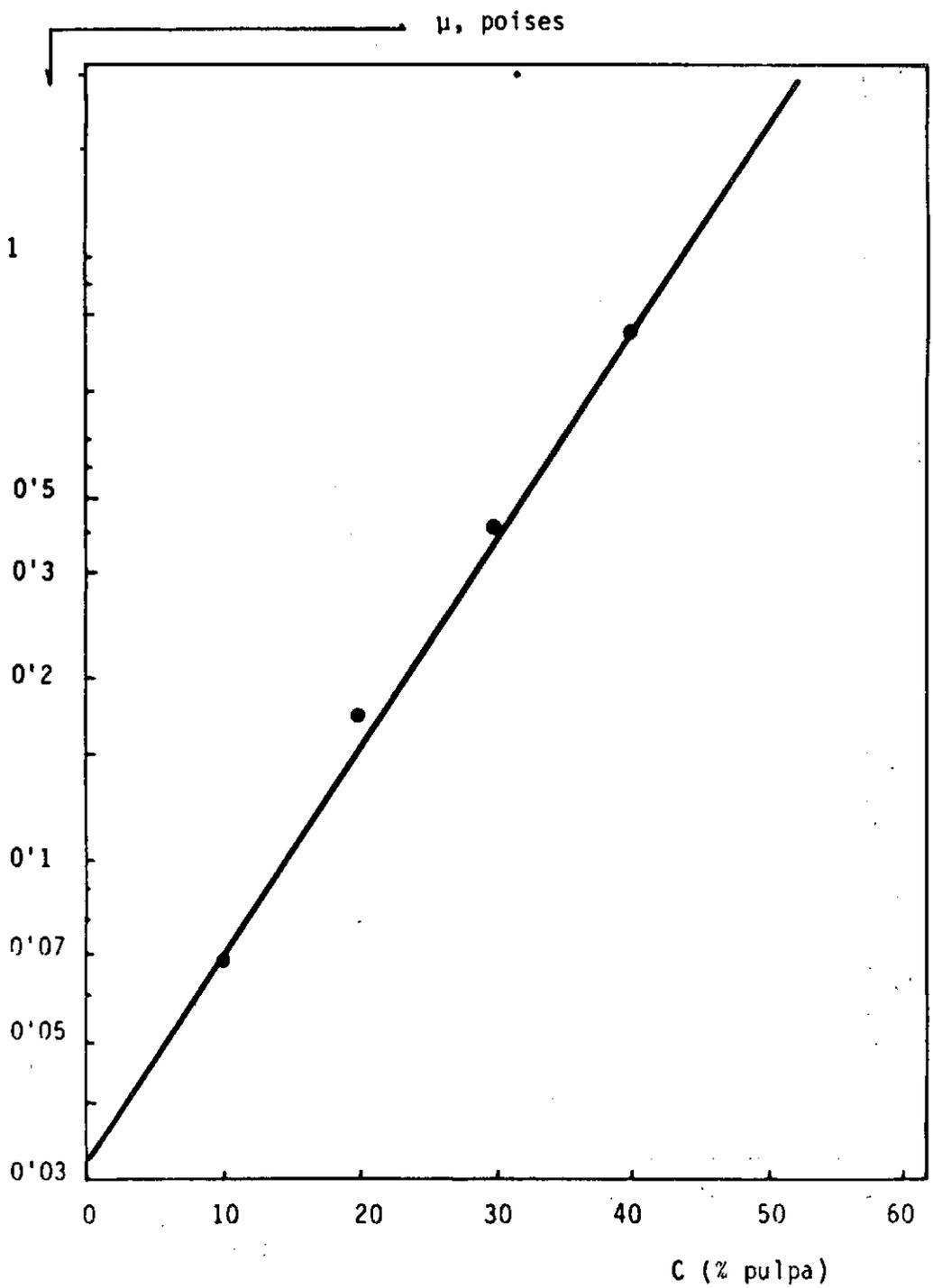


FIGURA 6.—Viscosidad aparente frente a % de pulpa para $\gamma = 7$.



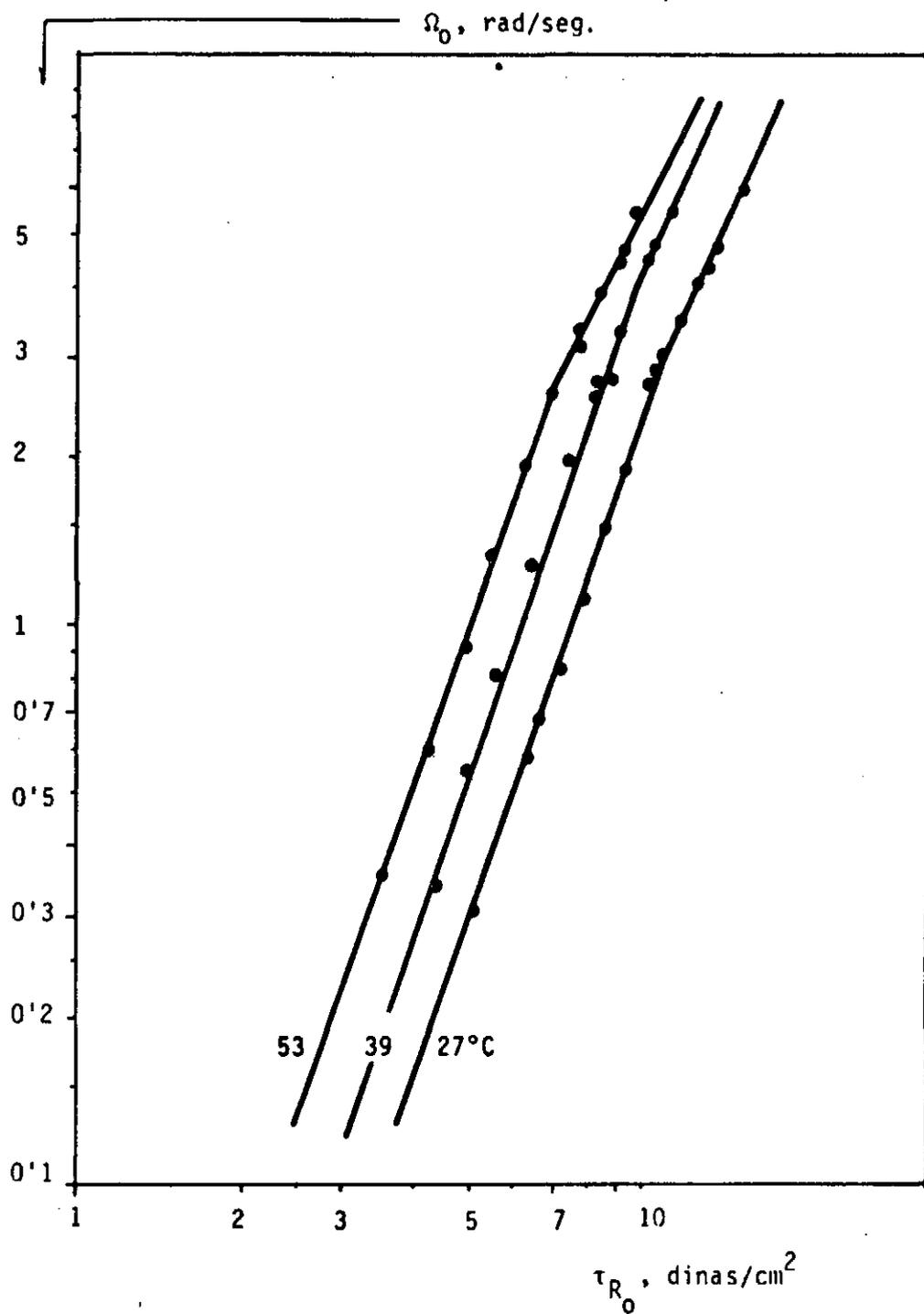


FIGURA 7.—Representación de Ω_0 frente a τ_{R_0} para las distintas temperaturas ensayadas.

NOTA: Para las experiencias correspondientes al 40 y 30 % se han elegido los valores de K más bajos, correspondientes a las estructuras más degradadas que suponemos similares a las de las muestras más diluidas.

Una ecuación similar a la [7] ha sido publicada por Durán y Jiménez (9) para el concentrado de albaricoque.

A partir de los valores de la tabla XI y por aplicación de la ecuación [5] se obtienen las viscosidades aparentes de las muestras —figura 5—.

Representando μ frente a las diferentes concentraciones de pulpa —en escala semilogarítmica— para $\gamma = 7$, figura 6, se obtiene una recta de ecuación [8]:

$$\mu = 0,033 (1,082)^c \tag{8}$$

El carácter exponencial de la ecuación justifica la importante incidencia de la concentración de pulpa en la viscosidad. Para $C = 0$ la viscosidad obtenida según la ecuación anterior es $\mu_0 = 0,033$, que resulta prácticamente dos veces superior a la del almíbar — $\mu = 0,018$ —, lo que corrobora aún más la mencionada incidencia.

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA.

Para establecer la incidencia de la temperatura sobre los parámetros reológicos se han elegido néctares del 40 % en pulpa, que al ser el producto más comercializado, los parámetros obtenidos pueden tener aplicación práctica en las diferentes operaciones de obtención.

En la figura 7 se han representado los valores de Ω_0 frente a τ_{R_0} para las tres temperaturas ensayadas —27, 39 y 53° C—.

En la tabla XII se recogen los valores de los índices de comportamiento al flujo y consistencia para cada temperatura ensayada.

TABLA XII

INDICES DE COMPORTAMIENTO AL FLUJO Y CONSISTENCIA EN FUNCION DE LA TEMPERATURA PARA LA SERIE 40/4.000

		Temperatura, °C		
		27	39	53
n	bajas Ω_0	0,35	0,32	0,34
	altas Ω_0	0,46	0,45	0,51
K	bajas Ω_0	3,622	3,042	2,424
	altas Ω_0	2,527	2,072	1,506



En la figura 8 se representa K —en escala logarítmica— frente a la inversa de la temperatura absoluta —en escala normal—,

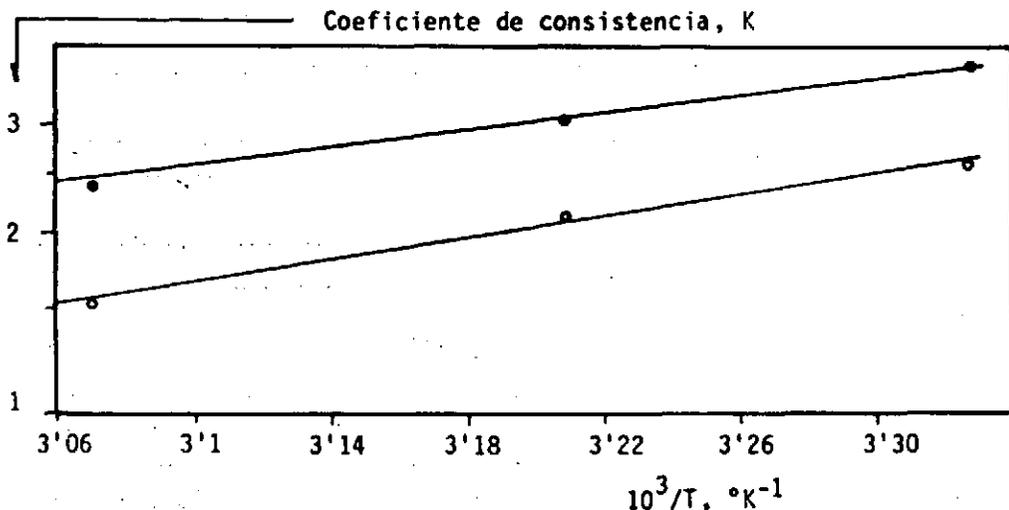


FIGURA 8.—Influencia de la temperatura sobre los índices de consistencia.

obteniéndose, para cada región de Ω_0 , sendas rectas que pueden ajustarse a una ecuación del tipo [9]:

$$K = K_0 e^{A/T} \quad [9]$$

siendo A y K_0 parámetros constantes. Esta ecuación [9] coincide con la [10]

$$\mu = K \gamma^{n-1} = K_0 e^{A/T} \gamma^{n-1} \quad [10]$$

propuesta por diversos autores (11, 12) — $\mu = \mu_\infty \exp(A/T)$, donde μ_∞ es la viscosidad a muy altas temperaturas—; en efecto, como es sabido, para una temperatura muy elevada, T^* , se verifica [11]:

$$\mu^* = K_0 e^{A/T^*} \gamma^{n-1} \quad [11]$$

combinando ambas ecuaciones se obtiene [12]:

$$\mu = \mu^* \exp\left(\frac{A}{A} - \frac{A}{T^*}\right) \quad [12]$$

si $T^* \gg T$: $\mu = \mu^* \exp(A/T)$, como se trataba de demostrar.

Con referencia a la figura 8 y ecuación [9] se obtienen los valores de K_0 y A siguientes:

Para bajos valores de Ω_0 : $A = 1622,6$ $K_0 = 16,38 \cdot 10^{-3}$

Para elevados valores de Ω_0 : $A = 2019,1$ $K_0 = 3,067 \cdot 10^{-3}$

Como el factor A está relacionado con la energía de activación, ΔE , mediante [13]:

$$A = \Delta E/R \quad [13]$$

aplicando a la ecuación [12] los valores de A antes citados se obtienen energías de activación de 816,5 y 1016,1 cal/mol gr para las regiones de bajas y altas velocidades angulares, respectivamente.

CONCLUSIONES

1.º El néctar de albaricoque de partida, del 40 % en pulpa, exhibe características pseudoplásticas, no detectándose umbral de fluencia.

2.º Los reogramas resultantes al representar, en escala doble logarítmica, la velocidad angular del viscosímetro frente a los esfuerzos cortantes, presentan dos regiones ajustables al modelo de potencia, según las ecuaciones:

$$\tau_{R_0} = 3,042 \gamma^{0,28} \quad \text{para bajos valores de } \Omega_0$$

$$\tau_{R_0} = 2,465 \gamma^{0,38} \quad \text{para elevados valores de } \Omega_0$$

La segunda región, de índice de comportamiento al flujo más elevado, creemos que está originada por un cambio estructural reversible —posiblemente una transformación gel \rightarrow sol—, ya que no se presentan fenómenos de falsa tixotropía.

3.º La viscosidad aparente del producto a 26º C oscila entre 0,60 y 0,24 poises para gradientes de velocidad comprendidos entre 9,80 y 42,56 seg^{-1} , respectivamente.

4.º Néctares del 30, 20 y 10 % en pulpa, obtenidos por dilución del original con jarabe de 12º Brix, presentan también características pseudo-plásticas, observándose los fenómenos siguientes:

4.1. Los reogramas de los néctares del 20 y 10 % exhiben sólo una región, lo que parece indicar que la dilución modifica cualitativa y cuantitativamente la estructura, bien evitando la formación de estados gelificados, o, si se forman, no se detectan transformaciones gel \rightarrow sol.

4.2. Los índices de comportamiento al flujo crecen conforme disminuye la concentración de pulpa, esto es, la dilución disminuye la pseudo-plasticidad.

4.3. Como cabría esperar, los índices de consistencia aumentan conforme crece la concentración de pulpa, según la ecuación:

$$K = 2,08 \cdot 10^{-3} C^{1,883}$$

4.4. La viscosidad aparente está relacionada con la concentración mediante la ecuación:

$$\mu = 0,033 (1,082)^c$$

Comparando la viscosidad obtenida por extrapolación, para $C = 0$ —0,033 poises— frente a la del almíbar —0,018 poises— se observa la importante contribución de la pulpa en la viscosidad del néctar.

5.º El néctar del 40 % en pulpa mantiene la pseudoplasticidad a las temperaturas investigadas —27, 39 y 53º C, respectivamente—.

5.1. Mientras que el índice de comportamiento al flujo se mantiene constante al aumentar la temperatura, el de consistencia disminuye según una ecuación del tipo $K = K_0 \exp (A/T)$ —coincidente con la propuesta por diversos autores—.

5.2. Los valores obtenidos para las dos regiones de Ω_0 son los siguientes:

Para valores de Ω_0 bajos:

$$K_0 = 16,38 \cdot 10^{-3} \text{ u.c.g. y } \Delta E = 816,5 \text{ cal/mol}$$

Para valores de Ω_0 elevados:

$$K_0 = 3,067 \cdot 10^{-3} \text{ u.c.g. y } \Delta E = 1016,1 \text{ cal/mol}$$

BIBLIOGRAFIA

1. SARAVACOS, G. D., *J. of Food Science*, 35, 122 (1970).
2. LEUPRECHT, H., y SCHALLER, A., *Confructa*, 15, 231 (1970).
3. SCHALLER, A., y KNORR, D., *Confructa*, 18, 169 (1973).
4. BYTERVA, V. V., y MASLOV, A. M., *Food Sci. Tech. Abs.*, 94, 1407 (1971).
5. COSTELL, E.; DURÁN, L., *Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment.*, 18 (4), 89 (1979).
6. COSTELL, E.; DURÁN, L., *Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment.*, 19 (1), 89 (1979).
7. HARPER, J. C., y EL SAHRIGI, A. F., *J. Food Sci.*, 30, 470 (1965).
8. WATSON, E. L., *Cand. Agri. Eng.*, 10, 8 (1978).
9. DURÁN, L., y JIMÉNEZ, G., *Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment.*, 20 (21), 209 (1980).
10. GONZÁLEZ, F. E., «Congelación y Liofilización del Yogur», Tesis, Universidad de Bilbao (1980).
11. VAN WAZER, J.; LYONS, J.; KING, K., y COLWELL, R., *Viscosity and Flow Measurement: A laboratory Handbook of Rheology*, 2.^a ed. Interscience Pub., New
12. CLARK, J. P., *Food Technology*, 32 (7), 73 (1978).

