

Estudio del comportamiento reológico de la pulpa simple y concentrada de mango (Mangífera indica L) variedad Haden, en el procesamiento térmico de pasteurización a diferentes temperaturas

“Study of the rheological behavior of simple and concentrated mango pulp (Mangifera indica L.) Variety Haden, in the thermal processing of pasteurization at different temperatures”

Damián Manayay Sánchez ^{1,a}, Williams Castillo Martínez^{2,b}
y Lenin Palacios Ambrocio^{2,b}

Recibido, febrero 2015

Aceptado, junio 2015

RESUMEN

Evaluar los comportamientos reológicos: tixotropía, esfuerzo umbral y caracterización al flujo; analizándose asimismo, el efecto de la temperatura y la concentración de sólidos sobre el índice de consistencia y de comportamiento al flujo, utilizando viscosímetro del tipo de cilindros concéntricos mediante la metodología propuesta por AOAC.

Los niveles de concentración de sólidos solubles y temperaturas de tratamiento térmico considerados en este estudio fueron; entre 16 a 18 °Brix procesada a 80, 85, 90, 95 y 98°C, y 28 °Brix procesada a 5, 15, 25,35, 45,55, 65 y 75°C.

En la pulpa simple no se observó comportamiento tixotrópico y tiene comportamiento relativo al de un fluido pseudoplástico del tipo Herschel-Bulkley; en tanto que la concentrada a 28°Brix si tiene comportamiento tixotrópico y un ajuste adecuado al de un fluido

¹ Universidad Le Cordon Bleu, Lima, Perú.

² Universidad Nacional del Santa Chimbote, Ancash, Perú.

^a Ingeniero de industrias alimentarias, ^b Ingeniero agroindustrial

pseudoplástico del tipo Herschel-Bulkley. Los índices de consistencia y de comportamiento al flujo tanto de la pulpa simple como el de la concentrada se ubicaron respectivamente, en los límites siguientes: $2.07 \pm 0.76 \leq k \leq 3.92 \pm 0.46$ (Pa-sⁿ); $0.27 \leq n \leq 0.35$; $0.71 \pm 1.64 \leq 6^\circ \leq 60.11 \pm 5.23$ (Pa); $14.7 \pm 1.25 \leq k \leq 94.22 \pm 4.84$ (Pa-sⁿ); $0.201 \pm 0.007 \leq n \leq 0.352 \pm 0.014$. El esfuerzo umbral e índice de consistencia decrecieron con la concentración de sólidos, en tanto que la temperatura ejerce mayor efecto sobre el índice de consistencia a medida que la concentración de sólidos se incrementa.

Palabras clave: comportamiento reológico, pulpa de mango, reología de pulpas

ABSTRACT

Evaluate the rheological behavior: thixotropy, yield stress and flow characterization; also analyzed the effect of temperature and concentration on the rate of solid consistency and flow behavior, type viscometer using concentric cylinders through the methodology proposed by AOAC.

The levels of soluble solids and heat treatment temperatures were considered in this study; between 16 to 18 ° Brix processed 80, 85, 90, 95 and 98 ° C and 28 ° Brix processed at 5, 15, 25, 35, 45, 55, 65 and 75 ° C. In simple pulp thixotropic behavior is not observed and has on the behavior of pseudoplastic fluid Herschel-Bulkley type; while concentrated to 28 ° Brix has thixotropic behavior and if appropriate adjustment of pseudoplastic Herschel-Bulkley fluid type. Rates consistency and flow behavior both simple pulp such as concentrated were placed respectively in the following limits: $2.07 \pm 0.76 \leq k \leq 3.92 \pm 0.46$ (Pa-sⁿ); $0.27 \leq n \leq 0.35$; $0.71 \pm 1.64 \leq 6^\circ \leq 60.11 \pm 5.23$ (Pa); $14.7 \leq k \leq 94.22 \pm 4.84$ (Pa-sⁿ); $0.201 \pm 0.007 < n < 0.352 \pm 0.014$. The threshold stress and consistency index decreased with the concentration of solids, while temperature has greater effect on the consistency index as the solids concentration increases.

Key word: rheological behavior; mango pulp; pulp rheology

INTRODUCCIÓN

Según la FAO, al año 2013, la India continúa siendo el primer productor de mango del planeta, seguida a considerable distancia por China, Kenya, Tailandia e Indonesia; en tanto que en América Latina, México es el séptimo productor mundial, Brasil (octavo), Cuba (decimoquinto) y el Perú (decimoséptimo). Asimismo, refiere que el Perú, produjo 355.431 toneladas de mango al año 2012, 2.5 veces mayor a la de inicio de este siglo (144,914 toneladas) y cinco veces superior a la de inicios de los años 90 (67,909 toneladas).

Esto le está permitiendo ingresar ininterrumpidamente al ranking de los veinte principales productores de mango, hecho que antes sólo ocurría esporádicamente. Es decir, tras un vigoroso crecimiento, el Perú se ha consolidado como un importante productor, y sus perspectivas de seguir en esa tendencia son excelentes, teniendo en cuenta el potencial de ventas de los gigantescos mercados con los cuales tiene suscritos y vigentes tratados de libre comercio (Estados Unidos, China, la Unión Europea y Japón).

Sin embargo, los datos del Ministerio de Agricultura señalan que la producción nacional de mango retrocedió bruscamente, pasando de 351.937 toneladas en el año 2011 a sólo 185.182 en el 2012; afortunadamente, ha tenido una rápida recuperación, habiendo llegado a 456.586 toneladas en el 2013. Las exportaciones ascendieron a 107 mil toneladas en el año 2012 y 138 mil en el 2013 (con niveles de US\$ 118 millones y US\$ 131 millones respectivamente). Las exportaciones de mango fresco han mantenido una trayectoria creciente en los últimos cinco años, con lo cual, durante el 2014, prácticamente duplicaron el valor obtenido en el 2013.

El mango peruano ofrece un alto potencial debido a que se produce en un trópico seco, donde no hay lluvias, y el cultivo se maneja con mayor facilidad respecto a otros países. Las principales variedades que se cultivan en el Perú son el "criollo" de Chulucanas y el "chato" y "rosado" de Ica, que se destinan tanto para el mercado interno como para la producción de pulpa y jugos concentrados para exportación. Dentro de las variedades que se exportan en estado fresco destacan el "Kent", "Haden", "Tommy Atkins" y "Edward".

En este marco de relaciones comerciales del Perú con el mundo, es que se ubica el problema del excedente no exportable de mango fresco, que es destinado aproximadamente en un 60% al consumo directo nacional y un 40% a la exportación en pulpa, simple o concentrada y congelada, problema central de la presente investigación, que por su naturaleza de exigencia de inocuidad para superar los niveles de calidad de pulpa exportable, obliga a las instituciones como las universidades a desarrollar investigación aplicada, con la finalidad de establecer parámetros de tratamientos térmicos

de preservación adecuados y acordes a las exigencias de integridad nutricional y sanitaria del mercado mundial.

En el proceso térmico de estos materiales, es que tiene importancia el comportamiento reológico, visto como parámetro de direccionamiento al diseño de los sistemas de transporte y homogenización en las operaciones de difusión del calor, razones que delinean la necesidad de realizar los estudios, entre otros, de identificación del tipo de fluido, variación del índice de consistencia e índice de comportamiento al flujo, así como los efectos de la temperatura y concentración de sólidos sobre éstos índices.

Son muchas las investigaciones aplicadas que se refieren a la reología o ciencia de la deformación de los fluidos, todas concluyen que tienen comportamientos reológicos específicos, y que éstos comportamientos muestran correspondencia a los niveles de cohesión intermolecular, tamaño de partículas y a la alta o baja concentración de sólidos en el medio, resultados que no se alejan de lo sostenido por (Muller, et al., 1977), sino que más bien corroboran la teoría fundamental del autor. En este marco de las investigaciones, se encuentran estudios en líquidos claros como los zumos o jugos de frutas y en fluidos con altos y bajos contenidos de sólidos en suspensión como las pulpas simples o concentradas, determinando que los primeros, por ejemplo, difícilmente muestran comportamiento tixotrópico, frente al esfuerzo de corte no tienen mayor resistencia para fluir y tienen un índice de comportamiento al flujo (n) muy cercanos a la unidad; es decir, estos fluidos al no mostrar tixotropía, tienen esfuerzos umbrales inferiores a 1 Pa y valores del índice de comportamiento al flujo cercanos a la unidad, difícilmente serán caracterizados

como fluidos que se alejen sustancialmente del comportamiento Newtoniano, (Ibarz et al., 1989; Saravacos 1970); en tanto que los segundos al mostrar comportamiento tixotrópico, dificultad para fluir frente a la aplicación del esfuerzo de corte y tener índices de comportamiento al flujo muy inferiores a la unidad, confirman que son fluidos no Newtonianos, pudiendo ser dependientes o independientes del tiempo, (Ibarz et al., 1992; Lozano e Ibarz, 1994; Ibarz et al., 1994; Ibarz et al., 1995; Ibarz et al., 1996).

Los fluidos no Newtonianos dependientes del tiempo son aquellos en donde su viscosidad aparente, además del esfuerzo cortante depende del tiempo, como en el caso de los tixotrópicos; mientras que en los independientes del tiempo, el esfuerzo cortante sólo depende de la velocidad de deformación de su estructura interna.

Los fluidos Newtonianos son aquellos que exhiben un flujo uniforme, en donde la relación entre el esfuerzo de corte y la velocidad de deformación es constante, en tanto que en el no.

MATERIALES Y MÉTODOS

Newtoniano esta relación no es constante (Muller, et al., 1977), las investigaciones relacionadas a la temática, parten de esta concepción central y como resultados muestran aplicaciones, mediante la

determinación de los parámetros que permitan operar las ecuaciones teóricas como el de Figoni-Shoemaker, $\dot{\gamma} = \dot{\gamma}_e + (\dot{\gamma}_e - \dot{\gamma}_0) e^{-kt}$, Herschel-Bulkley ($\dot{\gamma} = \dot{\gamma}_0 + n(\dot{\gamma})^n$) y ley de la potencia ($\dot{\gamma} = n(\dot{\gamma})^n$) que correspondientemente expresan la velocidad con que se modifica la estructura interna del fluido al recibir esfuerzo de corte y la resistencia a fluir, aplicaciones que permiten tener idea de cuáles serían los dimensionamientos de los sistemas de transporte como las bombas, tuberías y accesorios (Giner et al., 1996; Ramos et al., 1998; Pelegri et al., 2002).

Es importante destacar que en el análisis del comportamiento reológico de los fluidos, no es de extrañar que la temperatura disminuya la viscosidad de éstos, en tanto que el índice de comportamiento al flujo (n), en algunos casos específicos no tiene mayor variación (Fito et al., 1982; Harper y El-Sahrigi, 1965) citados por (Ibarz et al., 1988). Asimismo, es necesario resaltar que el índice de consistencia (k) delinea el cuerpo del fluido, mientras que (n) la desviación del comportamiento al flujo respecto del Newtoniano, (Carbonell et al., 1990).

En este marco de justificación teórica, es que se plantea la presente investigación bajo el supuesto de que en este caso, tanto la pulpa simple como la concentrada de mango Haden, tienen comportamiento tixotrópico y se ajustan adecuadamente al de un fluido pseudoplástico del tipo Herschel-Bulkley.

A. Materiales

Muestra: Frutos maduros de mango variedad Haden, con niveles de concentración de sólidos solubles; entre 16 a 18 °Brix.

Materiales de proceso: Marmitas a vapor de agua, pulpeadora mecánica semi industrial con malla de graduación 0.5 mm y rota vapor de 1000 ml.

Material de laboratorio: Viscosímetro de cilindros concéntricos Brookfield, modelo Rheometer RS/PLUS.

B. Método

El método empleado en esta investigación es cuantitativo-experimental, con fundamento en el método hipotético-deductivo.

C. Procedimiento

Figura 1. Obtención de la muestra



TABLA 1: Distribución experimental

Muestra	Temperatura (°C)	Reporte
Pulpa simple	80	Lecturas reo métricas de esfuerzo de corte (δ) y velocidad de deformación (?), para cada temperatura.
	85	
	90	
	95	
	98	
Pulpa concentrada	5	Lecturas reo métricas de esfuerzo de corte (δ) y velocidad de deformación (?), para cada temperatura
	15	
	25	
	35	
	45	
	55	
	65	
75		

RESULTADOS

A. Evaluaciones reológicas en pulpa simple de mango variedad Haden Tixotropía y esfuerzo umbral

Los resultados de las evaluaciones de tixotropía y esfuerzo umbral en pulpa simple de mango Haden, se muestran en las figuras 2 y 3, en tanto que el resultado del ajuste al modelo reológico Herschel - Bulkley, se muestran en la tabla 1. La figura 4, representa el reo grama para la temperatura de 80°C de proceso térmico, análogos comportamientos se han observado para las demás temperaturas.

Figura 2. Comportamiento del esfuerzo de corte con el tiempo en pulpa simple de mango variedad Haden

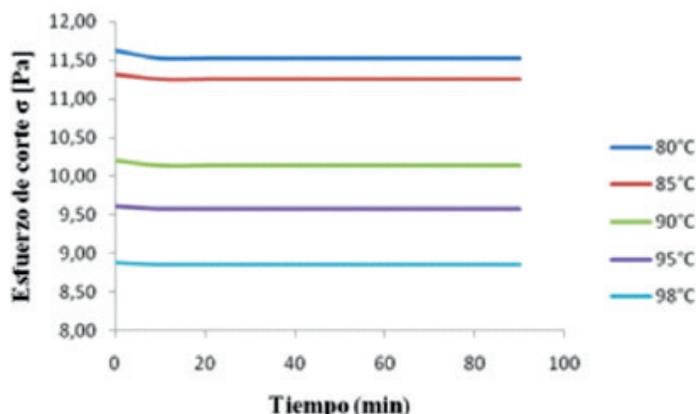


Figura 3. Comportamiento de la variación del esfuerzo de corte con la velocidad de deformación en pulpa simple de mango variedad Haden

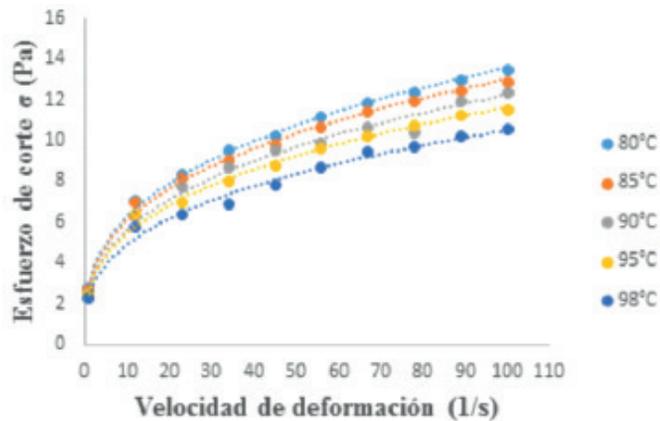
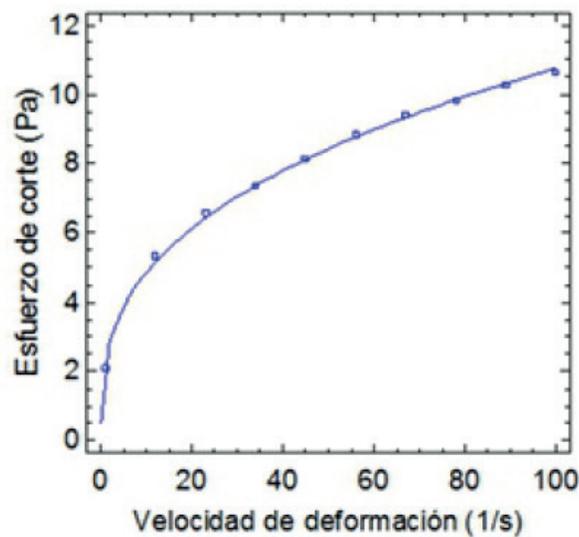


TABLA 2: Parámetros del modelo de Herschel y Bulkley $\tau = \tau_0 + k\dot{\gamma}^n$ para pulpa simple de mango Haden

Variedad	T (°C)	Esfuerzo Umbral τ_0 (Pa)	Índice de consistencia Herschel-Bulkley k (Pa·s ⁿ)	Índice de comportamiento al flujo (n)	R
Haden	80	1.00(±0.55)	3.92(±0.46)	0.29(±0.018)	0.999
	85	1.066(±0.93)	3.87(±0.79)	0.28(±0.031)	0.997
	90	1.40(±1.15)	3.84(±1.52)	0.27(±0.058)	0.989
	95	0.39(±0.96)	2.92(±0.79)	0.31(±0.043)	0.994
	98	0.28(±0.99)	2.07(±0.76)	0.35(±0.061)	0.989

Figura 4. Reo grama de pulpa simple de mango Haden a 80°C, con ajuste al modelo Herschel-Bulkley



B. Evaluaciones reológicas en pulpa concentrada (28°Brix) de mango variedad Haden Tixotropía y esfuerzo umbral

Los resultados de evaluaciones del esfuerzo de corte con el tiempo en pulpa de mango variedad Haden, concentrada a 28°Brix, se muestra en la figura 5; mientras los parámetros del ajuste realizado al modelo reológico de Fighi-Shoemaker, se presenta en la tabla 3, en tanto que la figura 5 muestra el comportamiento del ajuste al modelo de Fighi-Shoemaker a 15°C, habiéndose observado comportamientos análogos para las demás temperaturas de proceso térmico.

La tabla 4 recoge los resultados de los parámetros ajustados al modelo reológico Herschel – Bulkley, en tanto que la figura 7 muestra el reo grama correspondiente.

Figura 5. Comportamiento del esfuerzo de corte con el tiempo en pulpa concentrada (28°Brix) de mango variedad Haden.

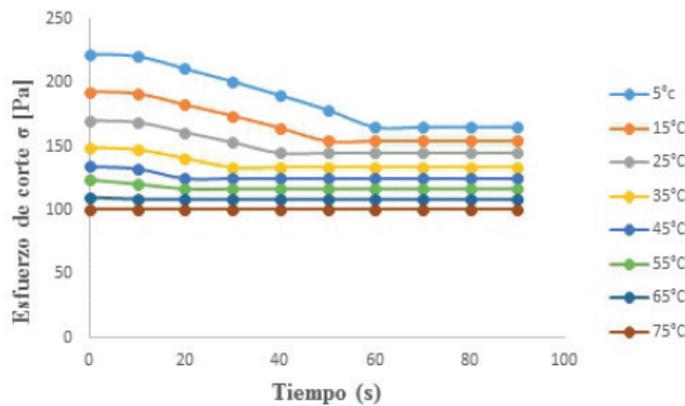


TABLA 3: Parámetros del modelo de Fighi-Shoemaker $\sigma = \sigma_e + (\sigma_o - \sigma_e) e^{-kt}$, para pulpa concentrada (28°Brix) de mango variedad Haden

T(°C)	σ_e [Pa]	σ_o [Pa]	k [s ⁻¹]	R ²
5	121.65(±38.95)	228.27(±36.52)	0.012(±0.0069)	0.952
15	142.07(±10.03)	197.51(±9.01)	0.021(±0.0086)	0.937
25	140.94(±3.65)	173.37(±3.91)	0.032(±0.011)	0.921
35	132.60(±1.43)	150.80(±2.20)	0.048(±0.015)	0.907
45	124.43(±0.71)	134.89(±1.51)	0.070(±0.024)	0.874
55	116.63(±0.25)	123.97(±0.60)	0.091(±0.017)	0.956
65	---	---	---	---
75	---	---	---	---

Probabilidad de error = 5%

Figura 6. Ajuste del modelo de Figoni-Shoemaker $\sigma = \sigma_c + (\sigma_o - \sigma_c) e^{-kt}$, para pulpa concentrada (28°Brix) a 15° C.

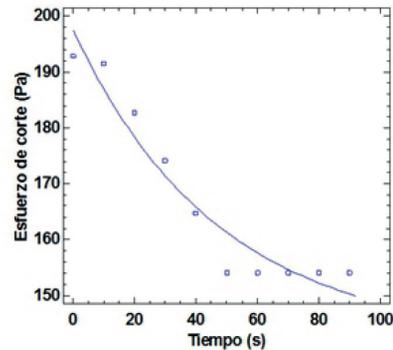
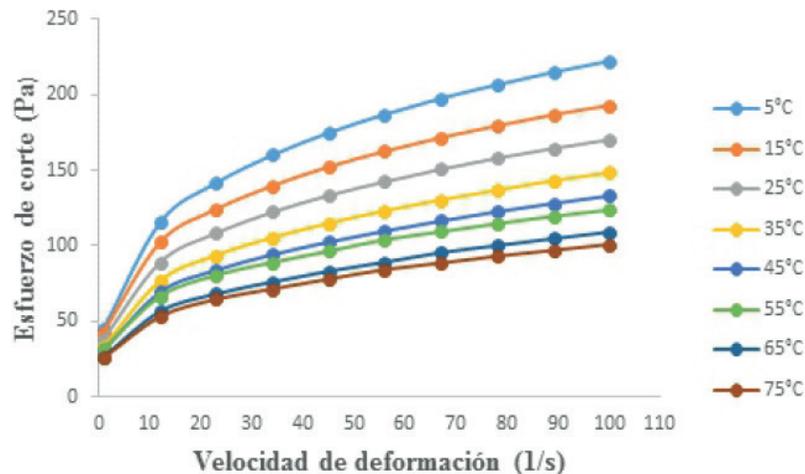


Tabla 4. Parámetros del modelo de Herschel y Bulkley $\sigma = \sigma_0 + \eta (\dot{\gamma})^n$ para pulpa concentrada (28°Brix) de mango Haden

T (°C)	Esfuerzo Umbral σ_0 (Pa)	Índice de consistencia Herschel-Bulkley k (Pa·s ⁿ)	Índice de comportamiento al flujo (n)	R ²
5	60.11(±5.23)	94.22(±4.84)	0.201(±0.007)	0.999
15	35.66(±1.64)	75.53(±1.45)	0.252(±0.003)	0.999
25	23.77(±1.07)	53.66(±0.92)	0.273(±0.003)	0.999
35	16.70(±0.33)	41.89(±0.28)	0.281(±0.001)	0.999
45	11.60(±0.48)	34.05(±0.40)	0.302(±0.002)	0.999
55	8.32(±1.04)	28.44(±0.85)	0.303(±0.005)	0.999
65	5.45(±1.74)	22.81(±1.44)	0.304(±0.009)	0.999
75	0.71(±1.64)	14.77(±1.25)	0.352(±0.014)	0.999

Figura 7. Reo grama de pulpa concentrada (28°Brix) de mango, con ajuste a un modelo Herschel-Bulkley



DISCUSIÓN

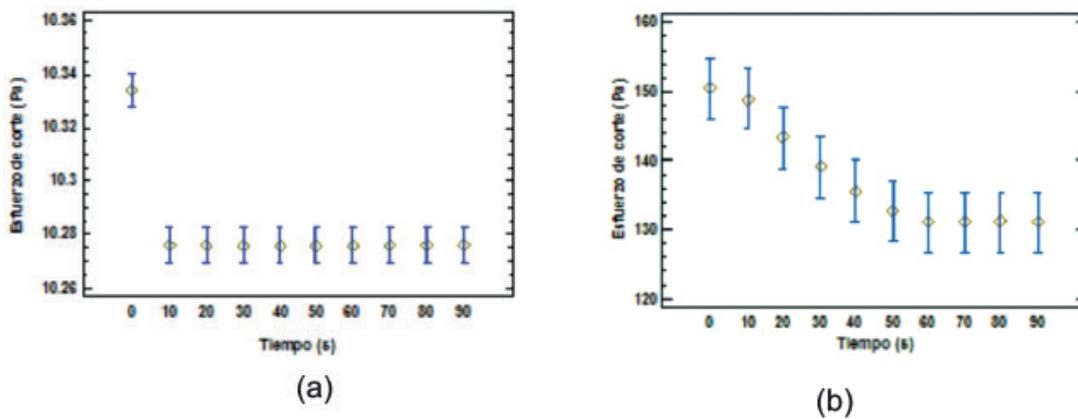
Tixotropía

El análisis de la evolución del esfuerzo de corte (δ) en función del tiempo a una velocidad de deformación ($\dot{\gamma}$) constante de $1(s^{-1})$, permitió determinar que a las temperaturas de proceso térmico consideradas en el presente estudio, la pulpa simple de mango variedad Haden, no se ajusta a las características de un fluido tixotrópico modelados por Fignon-Shoemaker, tal como puede verse en la figura 2 y 8 (a) del análisis de medias estadísticas al 95% de probabilidad de certeza, en tanto que para la pulpa concentrada a 28°Brix, se ha observado que la cantidad de estructura que se degrada durante el cizallamiento es mayor en relación a la pulpa simple, indicando que la pulpa concentrada tiene comportamiento tixotrópico, tal como puede verse en la figura 5 y 8 (b) del análisis de medias estadísticas al 95 % de probabilidad

de certeza, observándose que las muestras pierden intensidad del esfuerzo cortante a medida que se incrementa la temperatura y tiempo, hasta finalmente lograr el equilibrio, resultado que hace presumir que estos fluidos tienen comportamiento tixotrópico más pronunciado a temperaturas menores a la del ambiente, dado que a temperaturas superiores a 25°C la resistencia para lograr el equilibrio es cada vez menos, tal como puede verificarse en la Tabla 5.

Estos resultados son concordantes con (Ibarz y Lozano, 1992) quienes al investigar la caracterización reológica de pulpa concentrada de ciruela y melocotón concluyeron que la pulpa de melocotón por presentar mayor cantidad de estructura degradada durante el cizallamiento, tiene mayor comportamiento tixotrópico.

Figura 8. Tendencia de medias estadísticas del esfuerzo de corte de pulpa simple (a) y concentrada 28° Brix (b) de mango variedad Haden



Esfuerzo umbral

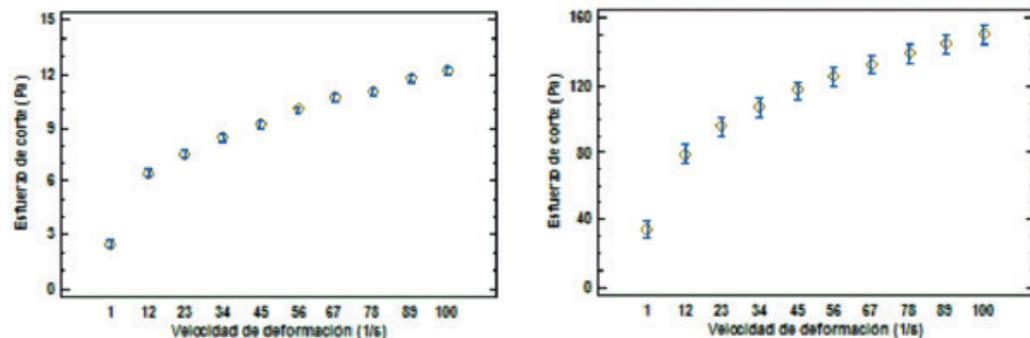
Las tablas 2 y 4, muestran el ajuste de los resultados experimentales al modelo de Herschel- Bulkley; $\sigma = \sigma_0 + k \dot{\gamma}^n$ para pulpa simple y concentrada (28°Brix), en la que σ_0 es el esfuerzo cortante, $\dot{\gamma}$ la velocidad de deformación, k índice de consistencia

y $0 \leq n \leq 1$ el esfuerzo umbral, observándose que entre 80 y 90°C de proceso térmico, la pulpa simple tiene comportamiento del tipo Herschel-Bulkley al mostrar valores de esfuerzo umbral superiores a 1 Pa, mientras que a mayores temperaturas al presentar

valores de esfuerzo umbral inferiores a 1 Pa, puede comportarse claramente como fluido de la potencia; resultado que es concordante con lo sostenido por (Saravacos, 1970), quien refiere que si los valores del esfuerzo umbral son menores de 1 Pa, se puede

considerar que no existe esfuerzo umbral, y los fluidos se comportan como fluidos de la potencia, tal como puede mostrarse en la tendencia de la figura 4 y del análisis de medias estadísticas al 95% de probabilidad de certeza, presentado en la figura 9.

Figura 9. Tendencia de medias estadísticas de esfuerzo umbral para pulpa simple (a) y concentrada 28°Brix (b) de mango variedad Haden



La pulpa concentrada a 28°Brix, ha mostrado mayores valores de esfuerzo umbral que la pulpa simple, tal como puede observarse en la Figura 7 y 9 (b), resultado que era de esperar al considerar que las pulpas son materiales que contienen partículas en suspensión y otros compuestos como pectinas, y cuanto más se reduce el contenido de agua mayor es la agregación de las partículas suspendidas en el medio, por lo tanto el comportamiento reológico corresponde al modelo de Herschel-Bulkley: $\sigma = \sigma_0 + k \dot{\gamma}^n$

En la Tabla 4 se muestra la tendencia de los parámetros del modelo Herschel-Bulkley para pulpa concentrada, observándose que tanto el esfuerzo cortante (σ) como el índice de consistencia (k) disminuyen con la temperatura de proceso térmico, concordante con lo indicado por (Castell y Durán, 1982) citado por (Ibarz et al., 1988), quienes mencionan que la viscosidad de las pulpas pueden ser una función de las

fuerzas intermoleculares restringidas por el movimiento molecular, estas fuerzas dependen de los espacios intermoleculares, que son los que determinan el volumen libre, el cual es causado por los cambios de temperatura en el seno del producto.

Asimismo, se ha determinado que el esfuerzo umbral es función directa de la concentración de sólidos, resultado que es concordante con (Ibarz y Ortiz, 1993), quienes encontraron resultado similar al estudiar el comportamiento reológico de zumos de melocotón con concentraciones desde 40°Brix hasta 69°brix. utilizando un intervalo de temperaturas de 5° a 60°C.

El índice de comportamiento al flujo (n), en el caso de las pulpas concentradas y diluidas de mango indicó valores que no superaron el intervalo de 0.20 a 0.35, resultado que ha permitido concluir que la pulpa concentrada a 28°Brix, corresponde a un

fluido del tipo pseudoplástico que se ajusta adecuadamente al modelo de Herschel-Bulkley, mientras que la pulpa simple aun cuando corresponde también a un fluido del tipo pseudoplástico pero siguen la ley de la potencia.

CONCLUSIONES

1. La pulpa simple de mango variedad Haden, obtenido de frutos maduros con una concentración de sólidos solubles entre 16 a 18°Brix, tratadas térmicamente a temperaturas de 80, 85, 90, 95 y 98°C, no presenta comportamiento tixotrópico.

2. La pulpa simple de mango variedad Haden, para temperaturas de proceso térmico entre 80 a 90°C, tiene comportamiento de fluido tipo Herschel - Bulkley, a temperaturas mayores a las indicadas tiene comportamiento del tipo fluido de la potencia, por mostrar mínimos valores de esfuerzo umbral.

3. Los índices de consistencia (k) y de comportamiento al flujo (n), varían en los siguientes rangos: Índice de consistencia (k): $2.07 \pm 0.76 \leq k \leq 3.92 \pm 0.46$ (Pa-sⁿ) Índice de comportamiento al flujo (n) $0.27 \leq n \leq 0.35$

4. La pulpa de mango variedad Haden concentrada a 28 °Brix, tiene comportamiento tixotrópico a temperaturas inferiores a 25°C.

5. La pulpa de mango variedad Haden concentrada a 28°Brix, corresponde a un fluido del tipo pseudoplástico que se ajusta adecuadamente al modelo de Herschel y Bulkley, mientras que a concentraciones inferiores, también es pseudoplástico pero sigue la ley de la potencia.

6. El esfuerzo umbral, índice de consistencia y de comportamiento al flujo de la pulpa

concentrada a 28°Brix, varían en los siguientes rangos:

Esfuerzo umbral: $0,71 \pm 1,64 \leq \sigma \leq \sigma_0, 11 \pm 5,23$ (Pa) Índice de consistencia: $14.77 \pm 1.25 \leq k \leq 94,22 \pm 4,84$ (Pa-sⁿ) Índice de comportamiento al flujo: $0,201 \pm 0,007 \leq n \leq 0,352 \pm 0,014$

AGRADECIMIENTOS

Se expresa el agradecimiento a la Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú, por haber facilitado realizar la investigación en sus laboratorios de investigación de productos agroindustriales y operaciones unitarias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carbonell, E.; Costell, E.; y Duran, L. 1990. Comportamiento reológico de los productos derivados de fruta. Flujo, dependencia del tiempo y plasticidad. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos* 2: 189-209.

FAO. 2008. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAOSTAT database results.

Giner, J.; Ibarz, A.; Garza, S.; Xhian-Quan, S. 1996. Rheology of clarified cherry juices. *Journal of Food Engineering* 30: 147-154.

Harper, J.C.; El-Sahrigi, A.F. 1965. Viscometric behavior of tomato concentrates. *Journal Food Science* 30: 470-476.

Ibarz, A.; Garvin, A.; Costa, J. 1996. Rheological behaviour of sloe (*Prunus spinosa*) fruit juices. *Journal of Food Engineering* 27: 423-430.

Ibarz, A.; Giner, J.; Pagán, J.; Gimeno, V.; Garza, S. 1995. Rheological behaviour of kivi fruit juice concentrates. *Journal of Texture Studies* 26: 137-145.

- Ibarz, A.; Giner, J.; Pagan, J.; Gimeno, V.; Garza, S. 1994. Rheological behavior of kiwi fruit juice concentrates. *Journal of Texture Studies* 26: 137-145. of the United Nations, FAOSTAT database results. Giner, J.;
- Ibarz, A.; Garza, S.; Xhian-Quan, S. 1996. Rheology of clarified cherry juices. *Journal of Food Engineering* 30: 147-154. Harper, J.C.; El-Sahrigi, A.F. 1965. Viscometric behavior of tomato concentrates. *Journal Food Science* 30: 470-476.
- Ibarz, A.; Garvin, A.; Costa, J. 1996. Rheological behaviour of sloe (*Prunus spinosa*) fruit juices. *Journal of Food Engineering* 27: 423-430.
- Ibarz, A.; Giner, J.; Pagán, J.; Gimeno, V.; Garza, S. 1995. Rheological behaviour of kiwi fruit juice concentrates. *Journal of Texture Studies* 26: 137-145.
- Ibarz, A.; Giner, J.; Pagan, J.; Gimeno, V.; Garza, S. 1994. Rheological behavior of kiwi fruit juice concentrates. *Journal of Texture Studies* 26: 137-145.
- Ibarz, A.; Ciutat, O.; Graell, J. 1988. Comportamiento reológico de productos derivados del tomate. *Alimentaria* 196: 53-62.
- Lozano, J.E.; Ibarz, A. 1994. Tixotropic behaviour of concentrated fruit pulps. *Lebensm-Wiss u. Technology* 1:16-18.
- Muller, H.G. 1973. An introduction to food rheology. Crane. Russak and company. Inc., New York.
- Pelegrine, D.H.; Silva, F.C.; Gasparetto, C.A. 2002. Rheological behaviour of pineapple and mango pulps. *LWT-Food Science and Technology* 8: 645-648.
- Ramos, A.M.; Ibarz, A. 1998. Thixotropy of orange concentrate and quince puree. *Journal of Texture Studies* 29: 313-324.
- Saravacos, G.D. 1970. Effect of temperatura on viscosity of fruit juices and purees. *Journal Food Science* 35:122-125.

CORRESPONDENCIA

Dr. Damián Manayay Sánchez.
damian.manayay@ulcb.edu.pe