



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**REOLOGIA Y TEXTURA DE MATERIALES BIOLÓGICOS:
CONSISTENCIA Y PROPIEDADES DE FLUJO
EN SALSAS COMERCIALES**

**TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN ALIMENTOS
P R E S E N T A :
NICOLAS RAMON CALDERON CRUZ**

ASESORA: M.C. VIRGINIA AGUSTINA DELGADO REYES

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX. 2002.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Reología y textura de materiales biológicos:

"Consistencia y propiedades de flujo en salsas comerciales:"

que presenta el pasante: Nicolás Ramón Calderón Cruz

con número de cuenta: 9460285-0 para obtener el título de :

Ingeniero en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de Junio del 2002

MODULO

PROFESOR

FIRMA

II

M.C. Virginia Agustina Delgado Reyes *Virginia Delgado Reyes*

II

Dra. Laura Patricia Cortés Padilla *Laura Cortés Padilla*

III

Dr. Alberto Tecante Coronel *Alberto Tecante Coronel*

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme dar este paso.

A mis padres Herminio y Marla por su cariño, apoyo y comprensión.

A mis hermanos Carlos, Elizabeth, Marla Inés, y Marco Antonio por tenerme la paciencia suficiente.

A mi asesora Virginia A. Delgado Reyes por su apoyo y asesoramiento.

A los profesores del seminario Dra. Laura Patricia Martínez Padilla, I.B.Q. Norma B. Casas Alencáster, Dr. Alberto Tecante Coronel, c.M.C. Ma. Eugenia Ramírez Ortiz.

A todos los profesores y maestros que sin sus enseñanzas esta formación profesional no sería posible.

A todos mis amigos que con sus comentarios me ayudaron a ser una persona de empuje día a día.

Gracias a la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán por dejarme tener un espacio entre sus estudiantes.

Gracias Universidad Nacional Autónoma de México.

RESUMEN

En el presente estudio, se analizó la consistencia y propiedades de flujo de la suspensión y la fase continua de tres salsas comerciales: Achiote, "Barbecue" y Valentina. La determinación de las propiedades viscosas, se realizó en un reómetro marca Haake modelo VT 550, en régimen de cizalla rotacional. La consistencia se evaluó en un viscosímetro Brookfield con adaptador Helipath y en un consistómetro Bostwick. El análisis de las curvas de flujo se realizó a la suspensión y fase continua utilizando los modelos de la Potencia, Herschel-Bulkley y Casson, para determinar el modelo adecuado para cada una. Todas las muestras exhibieron una ligera dependencia de la viscosidad aparente con el tiempo, a una velocidad de cizalla constante de 500 s^{-1} . La suspensión y la fase continua mostraron un comportamiento no-newtoniano, fluidificado por cizalla (reofluidificante), excepto la fase continua de la salsa Valentina cuyo comportamiento fue mejor definido por el modelo Herschel-Bulkley. La salsa "Barbecue" presentó el mayor índice de consistencia (k) tanto en forma de suspensión como de fase continua, en comparación con las salsas de Achiote y Valentina, las cuales mostraron un índice de consistencia muy similar. En cambio, el índice de comportamiento al flujo (n) fue similar entre la salsa de Achiote y "Barbecue". La consistencia evaluada de las salsas comerciales, en el viscosímetro Brookfield con el adaptador Helipath, fue mayor como suspensión a excepción de la salsa Valentina que como fase continua su consistencia se incremento ligeramente.

En el consistómetro Bostwick la consistencia se relacionó con la velocidad de avance de la muestra. En las salsas de Achiote y Valentina la suspensión mostró mayor consistencia que la fase continua. Por otro lado, la consistencia de la suspensión y de la fase continua de la salsa "Barbecue" fue muy similar.

I. INTRODUCCION

Los alimentos fluidos, semisólidos y sólidos comprenden una gran variedad de composición y estructura, por lo que en determinado momento se hace necesario distinguir entre alimento sólido y alimento líquido. En el caso de los líquidos y semilíquidos describimos la sensación del paladar en términos de consistencia, mientras que para los sólidos y semisólidos se emplea el término textura (Lewis, 1993). Viscosidad y consistencia son términos que se aplican a los alimentos fluidos y que representan la resistencia que ofrecen al flujo o a la deformación cuando están sometidos a un esfuerzo cortante (Creus, 1992; Lewis, 1993).

Estas propiedades de viscosidad y consistencia se definen de una manera más específica por la Reología, ciencia que estudia el flujo y la deformación de los materiales (Geankoplis, 1998). Misma que describe la amplia variedad de comportamientos reológicos como el comportamiento newtoniano, reoespesante (espesamiento por cizalla), reofluidificante (fluidificación por cizalla), tixotrópico (reofluidificante dependiente del tiempo) y antitixotrópico (reoespesante dependiente del tiempo), así como el comportamiento viscoelástico (materiales que recobran parcialmente la forma original al cesar un esfuerzo). La utilidad de la Reología es importante para el control de calidad, dimensionamiento de líneas de proceso, desarrollo de nuevos productos con propiedades físicas definidas, además de conocer la influencia de la composición y estructura sobre estas propiedades.

La viscosidad y consistencia, se pueden evaluar a través de diferentes instrumentos y equipos de medición como reómetros, viscosímetros y consistómetros, además de proporcionar información sobre las propiedades reológicas de diferentes materiales (Martínez-Padilla y Delgado-Reyes, 2001).

El estudio del comportamiento reológico de alimentos se ha realizado en numerosos productos vegetales (Rao, 1992), jugos (Cepeda y Villarán, 1999; Zainal *et al*, 2000), purés (Guerrero y Alzamora, 1998), mermeladas (Villarán *et al*, 1997) entre otros. Pero sistemas estructurales más complejos, todavía no se han evaluado significativamente, como son las salsas picantes. Productos constituidos por una mezcla de varias sustancias comestibles, suspendidas en un líquido, las cuales sirven para aderezar o condimentar los alimentos preparados.

Este tipo de alimentos considerados suspensiones, contienen partículas sólidas o semisólidas, distribuidas en una fase líquida continua. El que la distribución de las partículas en una suspensión sea uniforme, depende del tamaño, forma solvatación, fuerza iónica, concentración, densidad de las partículas y viscosidad de la fase continua. Muchos sistemas alimenticios muestran amplio margen de tamaño de sus partículas y en consecuencia, no es posible clasificarlos únicamente en función de la distribución del tamaño de partícula. La naturaleza de las partículas del sistema son especialmente importantes para determinar el comportamiento reológico y la estabilidad de las suspensiones (Fenema 1985).

Estudios realizados por algunos investigadores (Jeffrey y Acrivos 1976; Jinescu, 1974; Barnes, 1989), determinaron diferentes factores que afectan el comportamiento reológico de la suspensión, los cuales a continuación se mencionan.

Interacción del medio continuo y disperso

La viscosidad de la suspensión, se incrementa con la densidad de las partículas sólidas con las mismas dimensiones, forma y concentración volumétrica.

Si la densidad de éstas es mayor que la densidad de la fase continua puede aparecer la sedimentación.

Forma y dimensiones

Suspensiones con partículas de forma esférica desarrollan una viscosidad mínima, la cual tiende a cambiar cuando se modifica la forma; partículas sólidas con dimensiones menores de 10 micras desarrollan un incremento de la viscosidad y un comportamiento reológico no-newtoniano mientras que las partículas sólidas más grandes que 10 micras, incrementan la viscosidad aproximadamente en forma lineal con el diámetro de éstas. La rotación y contacto de las partículas se incrementa con el tamaño de las partículas sólidas, en general la viscosidad aumenta con un incremento en el diámetro de la partícula sólida.

Distribución de tamaño y naturaleza de la superficie

Al colocarse las partículas pequeñas en los espacios vacíos entre las partículas sólidas grandes, la fracción vacía decrece y la concentración volumétrica máxima de partículas sólidas se incrementa; con ello las suspensiones con distribución de tamaño amplio poseen una viscosidad más pequeña que la de una suspensión con partículas sólidas de idénticas dimensiones. Las superficies rugosas originan mayor viscosidad que las superficies lisas. En el caso de comportamientos reológicos reoespesantes la viscosidad se incrementa con la velocidad de cizalla y tiende asintóticamente a un valor constante ocurriendo lo contrario con el comportamiento reofluidificante.

En el comportamiento tixotrópico la viscosidad decrece con un incremento en la velocidad de cizalla, ocurriendo lo contrario con el antitixotrópico. La velocidad de cizalla origina la rotación de las partículas y mayor contacto entre ellas, originando así un incremento de la viscosidad.

Concentración volumétrica

Es un factor muy importante, a pequeñas concentraciones volumétricas (dependiendo de la forma y dimensiones de la partícula sólida) la viscosidad de la suspensión se incrementa en forma lineal con la misma. Después de que se excede cierto valor de concentración volumétrica máxima la viscosidad de la suspensión se incrementa significativamente con pequeños incrementos de concentración volumétrica debido a la frecuencia de contacto entre las partículas sólidas.

Procesos físicos y químicos

Dependiendo del tipo de operación unitaria a la cual se someta la suspensión se puede presentar la formación de más partículas sólidas, lo que afecta la viscosidad. Algunas de estas operaciones pueden ser la cristalización, polimerización, precipitación y formación de sal.

Debido a que no existen estudios publicados en salsas mexicanas (suspensiones alimenticias), el objetivo de esta investigación es determinar las propiedades de flujo y consistencia de la fase continua y suspensión de salsas comerciales para describir la importancia e influencia que ejercen las partículas en la estabilidad de estos sistemas.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Se utilizaron tres diferentes salsas comerciales: 1) salsa de Achiote marca Lotun, cuyos ingredientes son: achiote, condimentos, ácido acético, ácido cítrico y sorbato de potasio, usada para condimentar diferentes platillos, 2) salsa "Barbecue" marca Heinz constituida de pasta de tomate, vinagre de vino tinto, jarabe de maíz, gomas naturales, almidones modificados, como ingredientes principales, la cual se usa como sazónador y 3) salsa Valentina marca Tamazula elaborada por mezcla de varios tipos de chiles secos puyas y serranos, condimentos y ácido acético, que sirve para condimentar diferentes botanas.

Método

Preparación de la muestra

Las muestras utilizadas para el análisis de la suspensión (salsas) se ocuparon sin ningún tratamiento posterior al de su producción industrial, tomando la muestra directamente del envase verificando que la temperatura fuera de 25 °C., cuando no se encontraban a esta temperatura se sometieron a un calentamiento en baño María.

En el caso de la fase continua se hizo pasar la muestra por un tamiz de malla 60 y posteriormente por un tamiz de malla 80 de la serie de Tyler. Los ensayos fueron realizados por triplicado tanto de la suspensión como de la fase continua.

Estudio de flujo bajo cizalla rotacional

Para la evaluación de los parámetros reológicos de las suspensiones (salsas), así como de la fase continua de las mismas, se utilizó el Reómetro marca Haake modelo VT 550, el cual se encuentra acoplado a una computadora con procesador

Pentium y un programa Viscotester versión 2.11 el cual procesa la información emitida por el instrumento. Se utilizó la geometría SV DIN (53019) de cilindros concéntricos (diámetro interno = 10.65 mm. diámetro externo = 11.55 mm. longitud efectiva de 31.95 mm.) con un volumen de muestra de 14 mL.

El estudio reológico de la suspensión (salsas) y fase continua se realizó en dos etapas, la determinación de la dependencia del tiempo (viscosidad aparente en función del tiempo de cizallamiento) y la evaluación de los parámetros reológicos (curva de flujo descenso- estacionaria)

La prueba inició sometiendo la muestra a una velocidad de cizalla constante de 500 s^{-1} durante 180 s registrando los valores de viscosidad aparente en función del tiempo, posteriormente la muestra fue cizallada a partir de 500 s^{-1} hasta 0.26 s^{-1} en un periodo de 120 s, finalmente se realizó una curva estacionaria con un gradiente inicial de 0.26 s^{-1} a 500 s^{-1} (datos utilizados para la evaluación de los parámetros reológicos), cada ensayo se efectuó por triplicado. Los modelos reológicos utilizados se presentan en el siguiente cuadro.

MODELO	ECUACIÓN	PARAMETROS REOLOGICOS
Ley de la potencia	$\sigma = \kappa \gamma^n$	n Índice de comportamiento al flujo adimensional k Índice de consistencia Pa. s ⁿ
Herschel Bulkley	$\sigma = \sigma_0 + \kappa \gamma^n$	n Índice de comportamiento al flujo adimensional k Índice de consistencia Pa. s ⁿ σ_0 Esfuerzo de fluencia Pa
Casson	$\sigma^{1/2} = \sigma_0^{1/2} + \kappa_c \gamma^{1/2}$	κ_c Constante de Casson Pa s ^{1/2} σ_0 Esfuerzo de fluencia Pa

Estudio de Consistencia

La consistencia de la suspensión (salsa) y fase continua de las diferentes muestras analizadas se evaluó utilizando un viscosímetro Brookfield modelo RVT con adaptador Helipath y un consistómetro Bostwick.

Viscosímetro Brookfield con adaptador Helipath

El adaptador es un motor sobre el cual se monta la cabeza del viscosímetro y se desplaza verticalmente sobre la cremallera del soporte a una velocidad constante de 22.2 mm/min, utilizando agujas en forma de T invertida. La combinación del movimiento vertical y el giro de la aguja produce un movimiento de tipo espiral, evitando la presencia de huecos.

La determinación de la consistencia se realizó fijando la velocidad a 20 rpm (N) y tomando la lectura de la carátula del viscosímetro (L), a la mitad de la altura de la muestra, colocada en un vaso de precipitado de 250 mL; utilizando agujas tipo A para las muestras de Achiote, Valentina y fase continua de la salsa "Barbecue" y tipo C para la salsa "Barbecue".

Los factores (F) utilizados para las agujas A y C son 2000 y 10000 respectivamente. La consistencia en unidades Brookfield (UB) se obtuvo aplicando la siguiente ecuación: $CONSISTENCIA = LF/N$ (Casas-Alencáster y Ramírez-Ortiz, 2001).

Consistómetro Bostwick

El consistómetro Bostwick consta de un canal en forma de prisma rectangular de acero inoxidable, dividido en dos partes separadas por una compuerta.

La parte destinada a contener la muestra tiene las siguientes dimensiones: longitud 4.9 cm, altura 5.1 cm, ancho 3.7 cm, y volumen de 98 mL de muestra. La segunda parte se encuentra graduada en la base en divisiones de 0.5 cm desde el inicio de la compuerta, tiene una longitud de 24 cm y ancho de 4.9 cm. Entre ambas partes se encuentra una compuerta activada por un disparador de resorte que la abre hacia arriba instantáneamente, liberando la muestra.

La consistencia se determinó, fijando una distancia recorrida por el material bajo su propio peso de 5 cm y se registró el tiempo en que alcanzó dicha distancia.

La consistencia se expresó de manera indirecta mediante el cálculo de velocidad en cm/s, teniendo una relación inversa entre la consistencia y la velocidad (Casas-Alencáster y Ramírez-Ortiz, 2001).

Tratamiento estadístico

A partir de los datos se calculó, el promedio, la desviación estándar, y el porcentaje del coeficiente de variación (c.v.). Las curvas que se presentan son aquellas que se asemejan más al promedio de los parámetros reológicos.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

Flujo bajo cizalla rotacional

En las Figuras 1 y 2 se presenta el comportamiento de la viscosidad aparente (η) en función del tiempo de cizallamiento, obtenido con el viscosímetro Haake para la fase continua y la suspensión de las salsas examinadas. Obsérvese que tanto la suspensión como la fase continua muestran una ligera dependencia de la viscosidad aparente con el tiempo de cizallamiento, siendo la salsa Valentina la que presenta una menor dependencia.

La viscosidad aparente de la salsa "Barbecue" muestra una mayor diferencia de viscosidades, alrededor de 350 Pa.s con respecto de las otras salsas, esto se puede deber a la composición del producto ya que al tener un polisacárido como ingrediente, éste modifica su consistencia de manera que su comportamiento se refleja en la determinación.

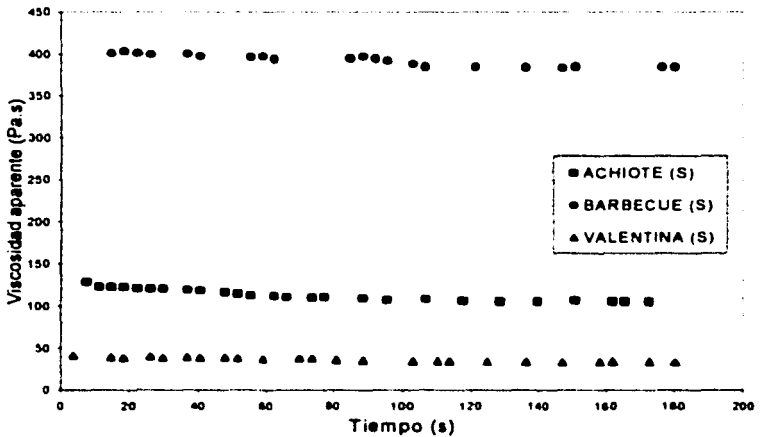


Figura.1 Viscosidad aparente en función del tiempo de cizallamiento para la suspensión de las salsas comerciales estudiadas a velocidad de cizalla constante de 500 s^{-1} .

Obsérvese en la figura 2 que la viscosidad aparente de la fase continua de las salsas de Achiote y Valentina, es mayor que la suspensión respectiva, esto se puede deber a la homogeneidad del tamaño de partícula.

La dependencia del tamaño de partícula, puede estar explicado por la disminución del tamaño de partícula, ya que la fracción de espacios vacíos decrece y el número de partículas en un dado volumen incrementa, resultando en una disminución de la distancia media entre las partículas. Otro resultado de la disminución del tamaño de partícula podría ser el incremento del potencial de interacción partícula – partícula (Rao, 1995).

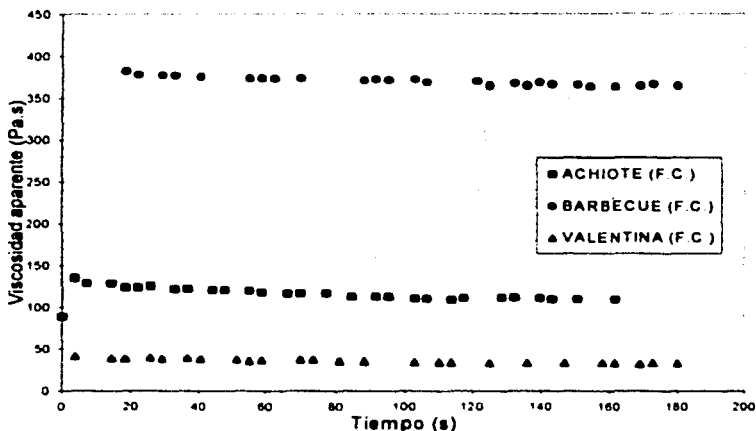


Figura. 2 Viscosidad aparente en función al tiempo de cizallamiento para la fase continua de las salsas comerciales estudiadas a velocidad de cizalla constante de 500 s^{-1} .

Se realizaron los cálculos para obtener los parámetros reológicos de diferentes modelos como fueron los modelos de Casson, Ostwald-de Waele y Herschel-Bulkley, para este último modelo reológico el esfuerzo de fluencia (σ_0) se determinó por extrapolación gráfica del esfuerzo de cizalla (σ) en función de la velocidad de cizalla ($\dot{\gamma}$).

El cuadro 1 muestra los resultados de los parámetros reológicos del modelo más representativo de la suspensión así como de la fase continua de las diferentes salsas comerciales analizadas. La suspensión y la fase continua de las salsas muestran un comportamiento fluidificante para la salsa de Achiote y "Barbecue", pero no así la fase continua de la salsa Valentina que presenta un comportamiento tipo Herschel-Bulkley.

Cuadro 1. Parámetros reológicos del modelo representativo de la suspensión y de la fase continua de las salsas comerciales estudiadas.

Parámetros reológicos								
Salsa	Modelo	K (Pa.s ⁿ)	c.v. (%)	n	c.v. (%)	σ_0 (Pa)	c.v. (%)	r ²
ACHIOTE Suspensión	Ostwald-de Waele	3.46	1.5	0.42	0.5			0.994
Fase continua	Ostwald-de Waele	1.97	1.0	0.38	1.2			0.994
BARBECUE Suspensión	Ostwald-de Waele	16.86	7.5	0.38	3.3			0.995
Fase continua	Ostwald-de Waele	15.23	1.0	0.39	0.4			0.996
VALENTINA Suspensión	Ostwald-de Waele	3.39	5.4	0.25	3.1			0.990
Fase continua	Herschel-Bulkley	0.44	13.5	0.53	3.7	5.8	3.9	0.994

n = Índice de comportamiento al flujo, k = Índice de consistencia; σ_0 = Esfuerzo de fluencia, c.v. = Coeficiente de variación, r² = Correlación.

La fase continua de la salsa de Achiote en relación con el índice de consistencia (k) de la suspensión muestra una disminución del 43 por ciento, lo que representa una influencia muy marcada sobre este parámetro al eliminar las partículas suspendidas en la salsa, lo mismo ocurre con el índice de comportamiento al flujo (n) que desciende un 36 por ciento.

Estas tendencias se pueden apreciar en el reograma de la figura 3, donde la curva de flujo de la suspensión está por arriba de la curva de flujo de la fase continua.

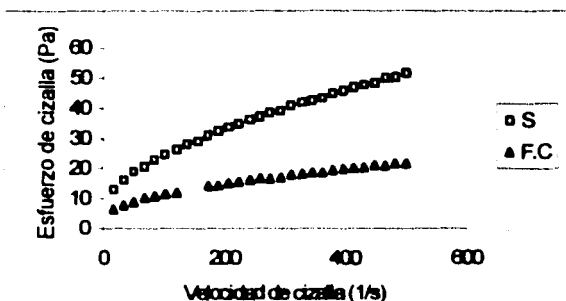


Figura 3.- Esfuerzo de cizalla en función de la velocidad de cizallamiento para la salsa de Achiote, suspensión (S) y fase continua (F.C.)

Obsérvese que la salsa de Achiote como suspensión requiere de un esfuerzo mayor que su fase continua, esfuerzo que se debe de exceder para que ocurra el flujo. Rao y Steffe (1992) sugieren éste esfuerzo como una característica deseable, en aplicaciones tales como cubiertas de un alimento sólido y en la colocación de partículas sólidas en productos como salsas y aderezos de ensaladas.

La eliminación de las partículas provoca cambios significativos en la determinación de los parámetros reológicos aunque se mantiene el mismo modelo reológico.

La salsa "Barbecue" presenta un comportamiento reológico similar como suspensión y fase continua (fluidificante) como se observa en el cuadro 1. El índice de consistencia de la fase continua se ve disminuido un 10 porciento con respecto a la suspensión y el índice de comportamiento al flujo aumenta ligeramente, incrementando la fluidez de la fase continua. Lo que indica que la eliminación de las partículas más grandes de la malla 80 no afectan la estabilidad de la salsa, ya que son más homogéneas en forma y tamaño con una concentración relativamente baja en este tipo de salsa. Esto se debe a la formulación del producto, ya que la mayoría de las materias primas utilizadas son líquidos y las partículas que se encuentran en esta salsa son proporcionadas por la pasta de tomate, con la que se elabora el mismo.

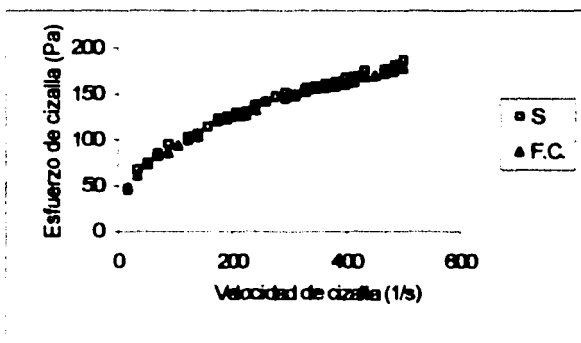


Figura 4.- Esfuerzo de cizalla en función de la velocidad de cizallamiento para la salsa "Barbecue", suspensión (S) y fase continua (F.C.).

La similitud del comportamiento reológico de la suspensión y de la fase continua se observa en la curva de flujo de la figura 4, donde se muestra que ambas curvas están ligeramente separadas.

En relación con la salsa Valentina presenta un modelo reológico diferente para cada una de sus fases analizadas (cuadro 1), como suspensión muestra un modelo de la Ley de la potencia (reofluidificante) y como fase continua presenta un modelo Herschel-Bulkley, es decir requiere de un esfuerzo inicial para que comience a fluir por ser más consistente. Estos resultados contrarios a los presentados en la salsa de Achiote y "Barbecue" pueden deberse a que durante la separación de la fase dispersa uno de los ingredientes mayoritarios como el ácido acético, (alrededor del 10 por ciento) tiene una evaporación parcial, concentrando más los ingredientes restantes de la fase continua. Asimismo las partículas presentes en este tipo de salsa son de formas diversas, flexibles de diferentes tamaños, que se encuentran hidratadas y están en equilibrio físico y químico con el medio continuo, por lo que al realizar la cizalla rotacional de la suspensión las partículas pueden sufrir una separación hacia las paredes del recipiente del viscosímetro, por lo que la muestra no se evalúa de manera homogénea, esto se puede apreciar en la figura 5 que presenta saltos sobre la curva de flujo de la suspensión. Por otra parte la fase continua puede tener algunas partículas de 0.177 mm de diámetro que corresponde a la malla 80 de la serie de Tyler (Geankoplis 1998), este tamaño de partícula es menor al espacio anular del sensor, sin embargo la variación entre las replicas es muy grande (13 por ciento), por ello se sugiere utilizar una geometría diferente para realizar la caracterización reológica de este tipo de salsa, como lo recomienda Cantu-Lozano (2000).

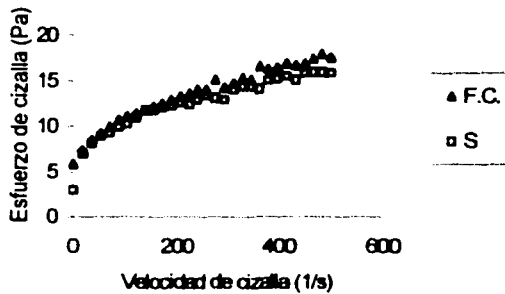


Figura 5.- Esfuerzo de cizalla en función de la velocidad de cizallamiento para la salsa valentina, suspensión (S) y fase continua (F.C.).

Evaluación de consistencia

La determinación de la consistencia para la suspensión y fase continua de las salsas de Achiote, "Barbecue" y Valentina, utilizando el viscosímetro Brookfield con adaptador Helipath se muestran en el cuadro 2. Obsérvese que la consistencia de la fase continua para la salsa de Achiote y Barbecue disminuye con respecto a la suspensión, un 65 por ciento para la salsa de Achiote y un 82 por ciento para la salsa "Barbecue". Esta misma tendencia se presenta en cizalla rotacional, pero el efecto de las partículas en esta determinación es más significativo.

CUADRO 2. Consistencia de las salsas comerciales, utilizando el viscosímetro Brookfield con adaptador Helipath de la suspensión y fase continua a 25°C.

CONSISTENCIA				
Unidades Brookfield				
SALSA	SUSPENSION	C.V.(%)	FASE CONTINUA	C.V.(%)
ACHIOTE	1300	2.7	460	0
BARBECUE	7312	4.83	1333	1.76
VALENTINA	1100	0	1167	8.96

La salsa Valentina, presenta la misma tendencia obtenida en cizalla rotacional donde la consistencia es similar en ambas fases, siendo mayor en la fase continua.

Cabe hacer mención que tanto en el reómetro como con el adaptador Helipath existe un movimiento rotatorio, por lo que las partículas presentes en la salsa Valentina tienden a sedimentar e incorporarse a los lados del recipiente, provocando que la medición de la suspensión no se realice en un medio más homogéneo.

Situación que no se presenta con el consistómetro Bostwick donde no existe movimiento rotacional y la evaluación de la consistencia es menor en la fase continua (cuadro 3), evidenciando el aumento de la consistencia por la presencia de la fase dispersa en una suspensión.

CUADRO 3. Consistencia en términos de velocidad (cm/s) de las salsas comerciales utilizando el consistómetro Bostwick de la suspensión y fase continua a 25 °C.

CONSISTENCIA				
cm/s				
SALSA	SUSPENSION	C.V.(%)	FASE CONTINUA	C.V.(%)
ACHIOTE	0.48	4.51	4.76	4.03
BARBECUE	1.65	15.19	1.96	10.23
VALENTINA	1.04	3.50	5.30	9.25

Mediante la utilización de este equipo de medición podemos señalar que la salsa de Achote y Valentina muestran los cambios más significativos de diferencia de consistencia con respecto de la salsa "Barbecue". Esta salsa a su vez tiene consistencias similares en la suspensión y fase continua, además de presentar la mayor variabilidad de las mediciones.

IV. CONCLUSIONES

La suspensión y la fase continua de las salsas de Achiote "Barbecue" y Valentina presentan una ligera dependencia de la viscosidad aparente con respecto del tiempo a una velocidad de cizalla constante de 500 s^{-1} .

El modelo reológico que describe el comportamiento de las salsas de Achiote, "Barbecue" y Valentina como suspensión y fase continua es reofluidificante, excepto de la fase continua de la salsa Valentina que es Herschel-Bulkley.

La eliminación de la fase dispersa en suspensiones cuyas partículas son de diversos tamaños, afectan el producto disminuyendo su consistencia y provocando cambios en parámetros y modelos reológicos.

La salsa más consistente es la salsa "Barbecue" seguida de la salsa de Achiote y finalmente la salsa Valentina.

La determinación de la consistencia, utilizando el viscosímetro Brookfield con el adaptador Helipath, permite una evaluación rápida y de confiabilidad aceptable.

El movimiento rotacional influye directamente en la evaluación de las suspensiones con partículas de formas irregulares, por lo que se sugiere utilizar geometrías y ecuaciones modificadas para llegar a determinaciones más reales de un comportamiento reológico.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Barnes, H.A; Hutton, J.F. y Walters, K. (1989). "An Introduction to Rheology" Chapter 7: Rheology of suspensions : 115 – 139. Elsevier Science Publishers B.V.Netherlands.
2. Cantu-Lozano, D; Rao, M.A; Gaspareto, C.A. (2000). Rheology with helical impeller. J. Food Process Eng. **23** : 373 – 385.
3. Casas-Alencáster, N.B. y Ramírez-Ortiz, M. E. (2001). Reología y Textura de Materiales Biológicos. Modulo I. Propiedades texturales. Seminario de titulación. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.
4. Cepeda, E. y Villarán, M.C; (1997). Density and viscosity of *Malus floribunda* juice as a function of concentration and temperature. J. Food Eng. **41**: 103 – 107.
5. Costell, E. y Duran, L. (1985). Bases de la Evaluación y Cuantificación de la Tixotropía en Productos Derivados de Frutas. Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment. **32** 423-430.
6. Creus, S.A. (1992). "Instrumentación Industrial". Alfaomega. México. 717.
7. Fennema, R. O. (1985). "Introducción a la ciencia de los alimentos", Parte II segunda edición. Reverte. España. 631-665.
8. Geankoplis, C.J. (1998). "Procesos de transporte y operaciones unitarias", tercera edición, Cecsa. México : 55, 983.
9. Guerrero, S.N. y Alzamora, S.M. (1998). Effect of pH, temperature and glucose addition on flow behaviour of fruit purees: "peach, papaya and mango purees". J. Food Eng. **37** : 77 –101.
10. Jeffrey, D.J.y Acrivos, A. (1976). The rheological properties of suspensions of rigid particles . AIChE. J. **22** (33) : 417- 432.

11. Jinescú, V. V. (1974). The Rheology of suspensions. *Int Chem. Eng* **14**(3):397-420.
12. Lewis, M.J. (1993). "Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado", Acribia, España, 131.
13. Martínez-Padilla, L.P; Delgado-Reyes, V.A. (2001). *Reología y Textura de Materiales Biológicos. Módulo II. Reología de fluidos. Seminario de titulación. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.* 1.
14. Rao, M. A. (1995). Rheology of fluid and semisolid foods. En Dickinson, E. (Ed). *New physico chemical techniques for the characterization of complex food systems.* Blackie Academic and Professional. England. 35-46.
15. Rao, M. A. (1992). Review: The structural approach to rheology of plant food dispersions. *Rev. Espñ. C. Tecn. Alim.* **32**(1): 3 – 17.
16. Villarán, M.C; Cepeda, E; Llorens, F.J. y Ibarz, A. (1997). Influence of temperature on rheological behaviour of jams of apricot (*Prunus armeniaca*), bilberry (*vaccinium Myrtilus*) and rose hip (*Rosa Canina*). *Food Sci. Tech. Inter.* **3** 13 – 19.
17. Zainal, B. S; Abdul Rahman, R; Ariff, A.B; Saari, B.N. y Asbi, B.A. (2000). Effects of temperature on the physical properties of pink guava juice at two different concentrations. *J. Food Eng.* **43** : 55 – 59.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN