

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.

Fecha de presentación: Agosto 12 de 2009

Estación Experimental: Santa Catalina

Programa / Departamento: Nutrición y Calidad

Componente: Código:
Título: Valorización de cultivos y materias primas para respaldar las certificaciones de origen, desarrollar y aplicar procesos tecnológicos agroindustriales a través de sistemas integrados de calidad, sanidad e inocuidad a lo largo de la cadena agroproductiva.

Actividad: Número: 2
Título: Desarrollo de una nueva prueba instrumental de reología para evaluar la viscosidad en miel de panela y jarabes de azúcar a diferentes concentraciones.

Ubicación: Provincia: Pichincha
Cantón: Mejía
Parroquia: Cutuglagua
Estación Experimental Santa Catalina

Autor (es): Egdo. Edwin Yugsi
Ing. Nelly Lara

Fecha de inicio: Agosto 2009

Fecha de terminación: Marzo 2010

Fuentes de financiamiento: INIAP (18,625%) US\$ 593,01
Tesista (81,374%) US\$ 2590,80
Total (100%) US\$ 3183,81

1. ANTECEDENTES.

Uno de los usos tradicionales de la panela a nivel de hogares y pequeños negocios es para la elaboración de miel por dilución en agua hirviente de gránulos o bloques. La miel de panela tiene amplia aplicación para uso directo como ingrediente de una diversidad grande de postres, en la industria de alimentos y hasta en la farmacéutica. Es un producto natural y con tantos años de antigüedad en Ecuador como azúcar refinada (Restrepo, 2007). Sin embargo, la importancia de la miel de panela va más allá del ámbito ecuatoriano. En el mercado de Estados Unidos se tiene una variedad de edulcorantes derivados de la industria azucarera que va desde el azúcar blanco hasta diferentes tipos de mieles o jarabes (C&H Sugar Company, 2007). En la Unión Europea, paulatinamente se espera remplazar los edulcorantes obtenidos de la remolacha azucarera por los de caña de azúcar (Infoagro, 13/5/2008).

Pese a la producción ecuatoriana de panela en forma comercial y miel de panela a nivel de hogares, existe oferta en el mercado de los diferentes jarabes y mieles, como por ejemplo: miel de maple, según se desprende de la información de importaciones correspondiente al período 2005 a 2008. De donde se establece que la cantidad importada de miel de maple es de 762,33 kilos por año. (BCE, 2009).

Frente a estas oportunidades nacionales e internacionales, en Ecuador, el Ingenio San Carlos ha iniciado la producción de miel de caña (Ingenio San Carlos, 2002). En Colombia, el ingenio Riopaila ha patentado el proceso de elaboración del jugo de caña (Patente de los EEUU No. 6,245,153 B1, registrada en los países del Pacto Andino y en todos los países que se adhieren al Tratado de Paris, 1998) y bajo dicha condición se promociona que la miel de caña contiene 10 y 100 veces más minerales en comparación con la azúcar morena y la azúcar blanca, respectivamente (González, 2001).

Hooke e Isaac Newton dieron a conocer sus ideas acerca del sólido elástico y del fluido viscoso ideal, respectivamente. La reología moderna, además de los comportamientos elástico y viscoso, estudia también sistemas complejos que presentan simultáneamente propiedades elásticas y viscosas, es decir, sustancias viscoelásticas (De Notta, 1993)

No obstante que han pasado cerca de 70 años desde los primeros enunciados de la reología, esta ciencia es un campo nuevo en algunas áreas de la industria, e interesante tema de investigación en ingeniería en alimentos, bioquímica y biotecnología, donde es de interés conocer la relación entre fuerzas ejercidas sobre un material y la deformación resultante como una función del tiempo (Rosenthal A, 2001). Por lo tanto, la reología abarca los conceptos de elasticidad, viscosidad y plasticidad, así como, el estudio de los materiales desde gases hasta sólidos (Núñez *et al.*, 2001).

Las propiedades reológicas de los alimentos fluidos son cuantificadas mediante parámetros, los cuales son necesarios para solucionar problemas que se presentan en varios aspectos que tienen relación con la obtención de un producto alimenticio como son: control de calidad, evaluación de la aceptación por el consumidor, evaluación de la consistencia, diseño de procesos y control, determinación de la estructura del alimento, incluyendo cambios fisicoquímicos que ocurren durante el proceso de elaboración y almacenamiento.(Alvarado y Aguilera, 2001).

Se define como fluido a la sustancia que se deforma continuamente bajo la acción de un esfuerzo de corte, por tanto, en ausencia de este, no habrá deformación. Los fluidos pueden clasificarse de manera general de acuerdo con la relación entre el esfuerzo de corte aplicado y la relación de deformación (Wikipedia, 2008). La resistencia que presenta un fluido, al movimiento se denomina viscosidad que al expresarse en forma cuantitativa es el cociente entre el esfuerzo de cizallamiento y la velocidad de cizallamiento en flujo estacionario (Alvarado y Aguilera, 2001).

La viscosidad de un fluido depende fuertemente de la concentración. Según Bourne (2002), la relación entre la concentración de sólidos solubles y la viscosidad es directa pero no lineal a temperatura constante. Por lo tanto, los fluidos como soluciones azucaradas y mieles con altos contenidos en sólidos solubles presentan una mayor viscosidad que las soluciones diluidas (Ibarz *et al.*, 2000).

La viscosidad de un líquido también depende de la temperatura. Teniendo en cuenta que la temperatura cambia apreciablemente durante muchas operaciones del proceso, es importante obtener valores apropiados de viscosidad dentro del intervalo de temperaturas existentes, esta dependencia de la viscosidad con la temperatura obliga a cuidados adicionales con el fin evitar fluctuaciones de temperatura durante las medidas de viscosidad (Singh y Heldman, 1998).

Las diferentes metodologías para el análisis reológico de fluidos, descritas en la bibliografía (Singh y Heldman, 1998; Steffe, 1996) incluyen el uso de equipos costosos conocidos como reómetros. Otra alternativa viable de fácil aplicación y disponibilidad son los viscosímetros de tubo capilar utilizados para evaluar la viscosidad de cerveza (AOAC INTERNATIONAL, 2005), la reología de salsa de tomate (Tripaldi *et al.*, 2007) y la viscosidad en miel de abeja (Singh y Heldman, 1998). Por lo tanto, estos principios y los descritos en otros métodos reológicos (Steffe, 1996) pueden ser aplicables para el desarrollo de un nuevo ensayo de medición en el equipo analizador de textura del Dpto. de Nutrición y Calidad de esta Estación (Stable Micro Systems Ltd., 1997).

2. JUSTIFICACIÓN

Las propiedades reológicas de la miel así como otras propiedades físicas, dependen de varios aspectos dentro de los cuales están, concentración de sólidos solubles y temperatura. El contenido de agua en miel es uno de los factores que más afecta sobre la operación de almacenamiento, para el mantenimiento de la calidad y en su comportamiento en mezclas con otros productos. Es por esta razón, la necesidad del estudio del comportamiento reológico de las mieles en comparación a jarabes de azúcar y la caracterización respecto a otras propiedades de interés con el propósito de establecer posibles correlaciones.

Para realizar los análisis reológicos se debe acudir a laboratorios o instituciones que cuenten con reómetros y el costo de este servicio es alto; Frente a esta limitante, se considera de importancia la adaptación de un nuevo ensayo instrumental de reología

para el equipo analizador de textura (TA-XT2i), con la finalidad de medir parámetros que expliquen la viscosidad de miel de panela y jarabes de azúcar a diferentes concentraciones; cuyos resultados sean validos y confiables. De esta manera este trabajo también permitirá optimizar el uso del texturómetro mediante un nuevo ensayo instrumental validado

El nuevo ensayo instrumental reológico de la miel de panela y jarabes de azúcar a diferentes concentraciones permitirá, establecer una metodología por medio de la cual se determinara el costo del nuevo ensayo instrumental. Valor que los pequeños productores de miel de panela, deben pagar para realizar los análisis reológicos en la Estación Experimental Santa Catalina INIAP, Cumpliendo con uno de los requisitos de calidad para comercializar el nuevo producto como otra alternativa a la miel de maple, jarabes de azúcar y sus derivados, que el Ecuador importa anualmente.

La miel de panela puede tener oportunidad en el contexto mundial y alcanzar relevancia como ingrediente, en la medida que se conozca aspectos de calidad como los relacionados a las propiedades reológicas. En tal sentido, de la mano de los adelantos para potenciar los procesos y productos naturales de la caña de azúcar, deben ir las pruebas instrumentales que permitan evaluar parámetros reológicos que ayuden a definir los niveles de viscosidad que alcanzan la miel de panela de diferentes concentraciones a una determinada temperatura.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Desarrollar un nuevo ensayo instrumental de reología para evaluar la viscosidad en miel de panela y jarabes de azúcar a diferentes concentraciones.

3.2. Objetivos Específicos

- 3.2.1.** Caracterizar la reología de miel de panela y jarabes de azúcar a diferentes concentraciones, con el empleo del equipo analizador de textura.

- 3.2.2. Interpretar los resultados de las muestras analizadas en el equipo analizador de textura frente los fundamentos de fluidos newtonianos.
- 3.2.3. Comparar los parámetros reológicos obtenidos con el nuevo ensayo instrumental y el accesorio «back extrusión rig» (A/BE).
- 3.2.4. Correlacionar los resultados del nuevo ensayo con la viscosidad absoluta determinada con un juego de viscosímetros tipo Cannon - Fenske, en miel de panela y jarabes de azúcar a diferentes concentraciones.
- 3.2.5. Establecer con base a densidad, actividad de agua, sólidos totales y conductividad eléctrica, las variaciones entre miel de panela y jarabes de azúcar a diferentes concentraciones.
- 3.2.6. Determinar el costo del ensayo instrumental de reología en miel de panela y jarabes de azúcar.

4. HIPÓTESIS

Ho = La nueva prueba instrumental del equipo analizador de textura no explica las propiedades reológicas de la miel de panela.

5. MATERIALES Y METODOS

5.1. Insumos, materiales y equipos.

5.1.1. Insumos y materiales

- Muestras de panela granulada
- Muestras de azúcar morena
- Muestras de azúcar blanca
- Embudo de vidrio
- Pipetas
- Picetas
- Buretas 250 ml
- Barras magnéticas
- Cronometro
- Jeringuillas de vidrio (2 – 10)ml
- Termómetro (-20 – 150 +) °C
- Vasos de precipitación 500 ml
- Vaso de precipitación 4000 ml
- Vasos de precipitación de 120 ml
- Cucharas
- Soporte universal
- Pinza metálica
- Pera de succión

5.1.2. Equipos de laboratorio

- Balanza analítica (Boeco, 220 gr)
- Balanza analítica Libror EB-3200H
- Brixómetros
- Conductímetro HACH
- Accesorio texturómetro «back extrusión rig» (A/BE).
- Densímetros CI – USA (0.7 a 1.8 gr/cc)
- Estufa Precisión Scientific
- Texturómetro (Textura Analizar, Stable micro system; 5 Kg)
- Juego de viscosímetros tipo Cannon - Fenske
- Baño maría
- Evaporador
- Plancha magnética
- Medidor de actividad de agua ACUALAB marca Decagon

5.2. Metodología

Las pruebas experimentales serán ejecutadas a escala de laboratorio en el Dpto. de Nutrición y Calidad (DCN) de la Estación Experimentas Santa Catalina, INIAP. Las muestras de miel y jarabes de azúcar se elaborarán a diferentes concentraciones. Se utilizará el programa estadístico de computación STATGRAPHICS PLUS, Versión 5.1 para los análisis de regresión, análisis de varianza, y correlaciones.

5.2.1. Características de sitio experimental.

Ubicación geográfica

Provincia: Pichincha
Cantón : Mejía
Parroquia: Cutuglagua
Lugar: Estación Experimental Santa Catalina

Fuente. Criollo, 2008

Situación geográfica

Altitud: 3058 m.
Latitud: 00°22`S
Longitud: 78°33`O
Temperatura Promedio: 18 °C
Humedad Relativa: 76%
Precipitación anual: 1127.5 mm

Fuente. Criollo, 2008

5.2.2. Factores en estudio (Variables Independientes)

Factor A: muestras

a₀: Miel de Panela

a₁: jarabe de azúcar morena

a₂: Jarabe azúcar blanca

Factor B: Concentraciones

b₀: 0 °BRIX

b₁: 20 °BRIX

b₂: 40 °BRIX

b₃: 60 °BRIX

5.2.3. Tratamientos

De la combinación de los factores en estudio (A*B); se tiene 12 tratamientos, los cuales serán evaluados mediante tres repeticiones.

Cuadro 1: Tratamientos producto de la combinación de los factores A y B

No	Tratamientos	Descripción
1	a ₀ b ₀	Miel de panela y 0 BRIX
2	a ₀ b ₁	Miel de panela y 20 BRIX
3	a ₀ b ₂	Miel de panela y 40 BRIX
4	a ₀ b ₃	Miel de panela y 60 BRIX
5	a ₁ b ₀	Jarabe de azúcar morena y 0 BRIX
6	a ₁ b ₁	Jarabe de azúcar morena y 20 BRIX
7	a ₁ b ₂	Jarabe de azúcar morena y 40 BRIX
8	a ₁ b ₃	Jarabe de azúcar morena y 60 BRIX
9	a ₂ b ₀	Jarabe de azúcar blanca y 0 BRIX
10	a ₂ b ₁	Jarabe de azúcar blanca y 20 BRIX
11	a ₂ b ₂	Jarabe de azúcar blanca y 40 BRIX
12	a ₂ b ₃	Jarabe de azúcar blanca y 60 BRIX

5.2.4. Unidad Experimental

Para la ejecución experimental se utilizará 500 ml de cada muestra a diferentes Concentraciones a 20 °C.

5.2.5. Diseño experimental

Se aplicará un diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial A x B (3*4) con 3 repeticiones

5.2.6. Análisis estadístico

Esquema de análisis de varianza (ADEVA)

Cuadro 2: Esquema análisis de varianza (ADEVA)

Fuente de variación	Grados de libertad
TOTAL	35
Muestras	2
Concentración	3
Interacción A*B	6
Error experimental	24

5.2.7. Análisis funcional

Se calculará el coeficiente de variación (CV) y pruebas de comparación múltiple de Tukey (5% de significancia) para las fuentes de variación que sean significativas.

5.2.8. Variables a evaluarse:

- Las propiedades reológicas se evaluarán con base a:
 - Viscosidad
 - Consistencia

- Las propiedades físico-químicas se evaluarán con base a:
 - Densidad
 - Actividad de agua
 - Sólidos totales
 - Conductividad eléctrica

5.2.9. Método específico de manejo del experimento.

Para evaluar las variables consideradas en el ítem anterior el procedimiento es el siguiente:

5.2.9.1. Preparación de las muestras

a) Equipo

Se usará un juego de brixómetros con rangos de 0 a 52 °Brix, de 28 a 62 °Brix y de 58 a 90 °Brix., un termómetro y un evaporador.

b) Método

Se tomarán tres muestras de 3 Kg de panela granulada, azúcar morena y azúcar blanca. De las muestras tomadas se preparará con agua destilada 500 ml (unidad experimental) de miel y jarabes de azúcar de 20, 40 y 60 % de sólidos solubles. Se usará el juego de brixómetros para verificar la concentración de sólidos solubles. La referencia 0% de sólidos solubles será agua destilada. La temperatura para las determinaciones consideradas en este proyecto será de 20 °C.

5.2.9.2. Viscosidad

a) Equipo

Se utilizará el equipo analizador de textura, (TA-XT2i) y como accesorio para el nuevo ensayo instrumental, una jeringuilla de vidrio o de plástico donde se colocarán las diferentes muestras de análisis.

b) Método

Para determinar la viscosidad, se tomará como referencia los fundamentos teóricos del viscosímetro de tubo capilar (Tripaldi, *et al.*, 2007; Singh y Heldman, 1998), de diámetro y longitud conocida. A cambio de la fuerza de gravedad (Singh y Heldman, 1998), la modificación que se realizará con este nuevo ensayo será la fuerza que ejerce el brazo del texturómetro sobre el émbolo de la jeringuilla. Esta fuerza será registrada en forma de gráfico y tabla de resultados, mediante el software Texture Expert (Stable Micro Systems Ltd., 1997).

La interpretación de los gráficos y resultados del texturómetro se realizarán en función del fundamento que rige a los fluidos newtonianos. A través del fundamento considerado se podrá explicar el comportamiento reológico de la miel de panela y jarabes de azúcar a diferentes concentraciones.

5.2.9.3. Consistencia (Texturómetro)

a) Equipo

Se utilizará el Texturómetro TA-XT2i, con el accesorio back extrusión rig de 40mm.

b) Calibración

Se trabajará con una celda de carga de 5kg, mediante el software Texture Expert se calibrará la sonda siguiendo el método sugerido por la casa fabricante.

c) Parámetros

Los parámetros fijados para el funcionamiento del Texturómetro para el test son:

- Medida de fuerza en compresión
- Volver al inicio
- Velocidad de pre-ensayo : 1,5mm/s
- Velocidad de ensayo : 2mm/s
- Velocidad post-ensayo : 2mm/s
- Distancia : 25mm
- Fuerza : 10g
- Data acquisition rate : 250pps

La macro utilizada en el ensayo fue:

- Presentar gráfico
- Ir a tiempo mínimo : 0.0s
- Fijar anclaje : 1
- % Fuerza máxima : 100%

- Marcar fuerza : *Firmeza*
- Fijar anclaje : 2
- Área : *Consistencia*
- Ir a fuerza : 0.0g
- Fijar anclaje : 3
- % Fuerza mínima : 100%
- Marcar fuerza : *Cohesividad*
- Ir a tiempo : 30s
- Fijar anclaje : 4
- Área : *Resistencia al flujo / Viscosidad*

d) Método

Las muestras en el recipiente contenedor de muestra, a las concentraciones y la temperatura establecida se colocarán bajo el brazo del texturómetro. Se dará la orden de ejecución de ensayo y con ello se producirá el desplazamiento del accesorio hacia el interior de las muestras.

De igual forma, en esta operación se trabajará con las muestras: miel de panela y jarabes de azúcar de 20, 40 y 60 °Brix de concentración, a 20 °C de temperatura.

5.2.9.4. Viscosidad Absoluta.

a) Equipo

Se utilizará un juego de viscosímetros de tubo capilar tipo Cannon – Fenske con rangos de 0.8 a 4 cSt, de 3 a 15 cSt y de 20 a 100 cSt. Se utilizará el método descrito en la AOAC INTERNATIONAL 974.07 (2005), para determinar la viscosidad absoluta en mPa.s (milipascales por segundo).

c) Método

Se transvasará 7 ml de muestra, a concentración de 20, 40 ó 60 °Brix por el tubo de mayor diámetro del viscosímetro de tubo capilar del rango deseado; previamente ajustado a un soporte universal por medio

de una pinza metálica, y sumergido en un baño de agua a 20°C de temperatura se dejará temperar el sistema por 10 minutos.

Luego se absorberá con una pera de succión el líquido, suavemente por el capilar y con un cronometro se tomará el tiempo que se demora en pasar la miel o jarabe desde el engrase superior al engrase inferior del capilar del viscosímetro.

Se realizará el mismo procedimiento con agua destilada para obtener el tiempo y poder reemplazar los datos en la fórmula propuesta por la AOAC INTERNATIONAL, (2005) para calcular la viscosidad absoluta mPa.s

5.2.9.5. Validación del nuevo ensayo

Para evaluar la validez del nuevo ensayo instrumental se correlacionarán los resultados obtenidos con los valores correspondientes a los ensayos adicionales, realizados con el analizador de textura, (TA-XT2i, accesorio «back extrusión rig», A/BE) y con el juego de viscosímetros de tubo capilar tipo Cannon – Fenske.

5.2.9.6. Medición de las propiedades físico- químicas.

Se establecerá las variaciones entre miel y jarabes de azúcar a diferentes concentraciones con base a las variables de densidad, actividad de agua, sólidos totales y conductividad eléctrica.

5.2.9.6.1. Densidad y gravedad específica

a) Equipo

Se utilizará un juego de 8 densímetros CI – USA, con un rango de 0.7 a 1.8 (g/ml).

b) Método

Llenar la probeta de 250ml con miel de panela, jarabe de azúcar morena ó jarabe de azúcar blanca a 20, 40 ó 60 °Brix a una temperatura de 20 °C. Escoger el densímetro apropiado e introducir en la probeta con la muestra, leer en la escala numérica la densidad de la miel y de los jarabes.

Para determinar la gravedad específica se dividirán los valores obtenidos para la densidad del agua a 20 °C.

5.2.9.6.2. Actividad de agua

a) Equipo

Para determinar la actividad de agua de las muestras de miel y jarabes se utilizó el medidor digital AQUALAB marca Decagon.

b) Método

Se calibrará el equipo con soluciones estándar de 0,25 (LiCl) y 0,76 (NaCl) aw. Se colocará aproximadamente 3 ml de muestra en los dispositivos del equipo, los mismos se colocarán dentro del equipo, se presionará el botón izquierdo y se esperará que el equipo muestre el valor de actividad de agua.

5.2.9.6.3. Sólidos totales

a) Equipo.

Se utilizará la estufa de marca Precisión Scientific

b) Método

El método empleado para la determinación de humedad será el del laboratorio del Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP.

Se pesará aproximadamente 3g de muestra, en recipientes de aluminio previamente tarados. Se colocará en una estufa a 70°C ± 2°C durante 16 horas. Después del secado se dejará enfriar las muestras en un desecador por 15 minutos. Se pesará y finalmente

por diferencia de pesos se obtendrá el % de sólidos totales de las muestras

5.2.9.6.4. Conductividad eléctrica

a) Equipo

Se utilizará el medidor Accumet Basic (Fisher Scientific AB300), marca HACH, provisto de un electrodo para determinación directa de la conductividad eléctrica.

b) Método

Se colocará 80ml de muestra a concentración de 20, 40 ó 60 °Brix en un vaso de precipitación de 120ml de capacidad. A 20 °C, se introducirá en las muestras el electrodo para obtener por lectura directa, el valor de conductividad eléctrica de la muestra.

6. CRONOGRAMA

MESES	AGOSTO				SEPTIMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO				MARZO							
	Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas											
ACTIVIDADES	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ELABORACION DE PLAN	x																																			
REVISION DE PLAN	x																																			
CORRECCION DE PLAN		x																																		
APROBACION DE PLAN		x																																		
REVISION BIBLIOGRAFICA	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
FASE EXPERIMENTAL						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x											
EVALUACION DE RESULTADOS																														x	x	x				
ELABORACION DE INFORME DE TESIS																														x	x	x				
REVISION DE BORRADOR																																	x	x		
CORRECCION DE BORRADOR																																				x
FINALIZACION DEL PROYECTO																																				x

7. PRESUPUESTO

Ítem	DESCRIPCIÓN				Valor	Subtotal
	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo unitario		
	Tesista	mes	8	323,85	2590,80	2590,80
INSUMOS Y MATERIALES						
	Muestras de panela	kg	10	0,70	7,00	7,00
	Muestras de azúcar morena	kg	10	0,68	6,80	6,80
	Muestras de azúcar blanca	kg	10	0,66	6,60	6,60
MATERIALES EDICIÓN Y DIFUSIÓN						
	Cartucho Negro y Color	Unidad	6	37,00	222,00	222,00
	CD-W	Unidad	5	0,80	4,00	4,00
	Papel	Unidad	1000	0,03	30,00	30,00
	Tesis empastados	Unidad	3	55,00	165,00	165,00
Subtotal (\$)					3032,2	
Imprevistos 5% (\$)					151,61	
TOTAL (\$)					3183,81	
FUENTE DE FINANCIAMIENTO						
				Porcentaje	Aporte	
INIAP				18,62%	593,01	
Tesista				81,38%	2590,80	
TOTAL				100%	3183,81	

8. BIBLIOGRAFIA

- Alvarado, J de D. y Aguilera, J. M., 2001, “Métodos para medir propiedades físicas en Industrias de alimentos”, Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España, p.93.
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC), 2005, “Methods of analysis of AOAC International”, 18 th edition, AOAC International , Maryland, United States, Chapter 27, p.3
- BCE (Banco Central del Ecuador, EC), 2009. Consulta totales por NANDINA 17: Importaciones. (en línea). Consultado 08 de Agosto del 2009. Disponible en http://www.portal.bce.fin.ec/vto_bueno/seguridad/ComercioExteriorEst.jsp
- Bourne M, 2002, “Food Texture and Viscosity Concept and Measurement, Editorial Academic Press, New York, USA, p. 79
- C&H Sugar Company, 2007. Pure cane dark Brown. Consultado 08 de Agosto del 2009. Disponible en http://www.chsugar.com/consumer/dark_brown.html.
- Criollo D., 2008, “Evaluación de dos técnicas para la micro inyección de babaco (*Vasconcella heilbornii* cv. Pentágona) y chihualcan (*Vasconcella heilbornii* cv. *Chrysopetala*) en patrones de papaya (*Carica papaya*). Bajo condiciones de laboratorio, Santa Catalina – INIAP”, Proyecto de Titulación de Ingeniero en Biotecnología, ESPE, Sangolquí, Ecuador.
- De Notta H., 1993, Historia de la Reología. (en línea). Consultado, 15 de Mayo 2009. Disponible en <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r13914.DOC>
- Gonzales, J. 2001. Method for producing sugar cane juice. United States Patent 2, 245, 153, B1.
- Gómez D., Navaza J., Quintáns L., 2004, “Estudio viscosimétrico preliminar de mieles de bosque denominación específica miel de Galicia”, Ciencia y Tecnología Alimentaria, 04, 234-239.
- Ibarz, A., Barbosa, G., Garza, S., Gimeno, V., 2000, “Métodos experimentales en la Ingeniería de alimentos”, Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España, pp.45-46
- Infoagro, 2008. El mercado de la miel y el azúcar en la Unión Europea. http://www.infoagro.com/hortalizas/miel_azucar.htm, Consultado, mayo 13,2008.

- Núñez, M.; Méndez, M. y Solorza, J., 2001, Introducción a la Reología. (en línea). Consultado, 15 de Mayo 2009. Disponible en <http://www.publicaciones.ipn.mx/Pagina/1234.HTM>,
- Restrepo C, 2007, Historia de la Panela, (en línea). Consultado, 08 de Agosto 2009. Disponible en http://www.Fedepanela.org/Historia_Panela.
- Rosenthal, A., 2001, “Textura de los alimentos. Medida y Percepción”, Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España, p.65.
- Ingenio Sancarlos S.A., 2002, Miel de caña (en línea). Consultado 26 de febrero de 2008. Disponible en <http://www.sancarlos.com.ec/mieldecana.php>.
- Singh R.P. y Heldman D., 1998, “ Introducción a la Ingeniería de Alimentos” , Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España, p.65
- Stable Micro Systems, 1997. “User Manual Texture Expert”, version 1, Editorial Godalming, YL, United Kingdom.
- Steffe, J., 1996, “Rheological Methods in Food Process Engineering”, Freeman Press editorial, Michigan, USA, pp. 2, 94-96.
- Tripaldi P., Velín T., Chialvo L. y Rojas C., 2007, “Propuesta de una practica de Reología de alimentos”, en Universidad Técnica de Ambato, “Memorias Alimentos Ciencia e Ingeniería”, Editorial Luis Amoroso Mora, Ambato, Ecuador, pp. 347-349
- Wikipedia, 2008, “Fluido Newtoniano”. (en línea). Consultado, 15 de Mayo 2009. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Fluido_newtoniano