

## <sup>1</sup>PRACTICA N° 4

### VISCOSIDAD, CONSISTENCIA Y TEXTURA EN LOS ALIMENTOS.

I. **INTRODUCCIÓN:** Los alimentos pocas veces tienen propiedades reológicas simples. Además, la mayoría de sus medidas están referidas a las condiciones arbitrarias impuestas por un instrumento específico. Lo que se mide, generalmente, no es un parámetro reológico puro sino la manera en la cual varían las propiedades bajo algunos sistemas estandarizados de fuerzas aplicadas.

**Viscosidad ( $\eta$ ):** Es la resistencia de un líquido a fluir. La unidad de viscosidad es el poise (g /cm s); más comúnmente, se usa un submúltiplo de ella, el centipoise. Es importante considerar la relación definida que existe entre la viscosidad y la temperatura, razón por la cual ésta debe mantenerse constante al hacer las mediciones para obtener resultados comparables. Casi nunca se reporta en términos de viscosidad absoluta, sino como viscosidad relativa, o sea la viscosidad de la sustancia comparada con la viscosidad de un líquido en referencia, generalmente el agua. La viscosidad se mide por medio de viscosímetros los cuales están basados principalmente en principios tales como: flujo a través de un tubo capilar (viscosímetro de Ostwald); flujo a través de un orificio (viscosímetro de Saybolt); rotación de un cilindro o aguja en el material de prueba (viscosímetro de Stormer y Brookfield). En ocasiones, especialmente con líquidos plásticos, pseudo plásticos o dilatantes, deben hacerse lecturas cambiando la fuerza de corte, bien sea cambiando la aguja, o la velocidad de ambas. En este caso, deben trazarse curvas de  $\eta$  en centipoises contra fuerza. El punto de cruce de estas curvas (o el más cercano) dará la  $\eta$  aparente del producto, y la forma de la curva indicará a que tipo reológico pertenece.

---

<sup>1</sup> Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Departamento de Tecnología de Alimentos. Asignatura Análisis de Alimentos. Actualizado por Prof<sup>a</sup>. Elevína Pérez.

<sup>2</sup>Hay productos que sin tener las características físicas de un sólido presentan una deformación más lenta que la de un líquido. Para caracterizar este tipo de producto se mide consistencia.

**Textura:** Esta característica permite apreciar la firmeza, suavidad, succulencia, resistencia a la masticación, fibrosidad, etc., de los productos comestibles.

La medición objetiva de la textura no sólo determina la resistencia del producto a la fuerza aplicada sino que ayuda a seleccionar: tiempo y temperatura de lavado y cocción; tipo adecuado de embalaje y maquinaria adecuada para pelado y cortado. Así como a determinar el grado de madurez y a predecir fecha aproximada de óptima recolección.

Para la medición objetiva de la textura, se han ideado un número considerable de aparatos mecánicos, tales como tenderómetros, textuómetro, penetrómetros, etc.

El textuómetro Instron consta de dos secciones: un registrador y el aparato de penetración, éste a su vez consta de mordazas y aditamentos adecuados de acuerdo al producto a ser analizado.

## II. DETERMINACIONES DE VISCOSIDAD Y CONSISTENCIA:

### A. Viscosímetro de Ostwald:

1. **Fundamento:** Se utiliza para líquidos newtonianos. La determinación de la viscosidad está basada en el tiempo que tarda determinado volumen del líquido en fluir a través de un orificio. Tiene la limitación de que para cada intervalo pequeño de viscosidad se necesita un aparato con un diámetro diferente en el orificio de salida, por lo que hay que trabajar con una serie de estos.

Conociendo todas las medidas del viscosímetro se puede calcular la viscosidad absoluta aplicando la fórmula de Hagenbach Poiseville.

---

<sup>2</sup> Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Departamento de Tecnología de Alimentos. Asignatura Análisis de Alimentos. Actualizado por Prof<sup>a</sup>. Elevína Pérez.

<sup>3</sup>Desde el punto de vista práctico, en lugar del viscosímetro de Ostwald, se puede determinar la viscosidad relativa por medio de una bureta, midiendo el tiempo que tarda en fluir un volumen determinado del líquido problema y comparándolo con el tiempo que tarda en fluir el mismo volumen de agua o de un líquido de referencia. En este caso se deben conocer las densidades del problema y del agua o del líquido en referencia a la temperatura de operación.

Como los líquidos newtonianos no necesitan más fuerzas que de la gravedad para comenzar a fluir, en el caso de usar una bureta, deben dejarse caer ambos líquidos desde una misma marca; por ejemplo, desde cero, hasta el volumen deseado.

## 2. Procedimiento:

1. Colocar agua en la bureta y enrasar a cero.
2. Abrir la llave y con un cronometro medir el tiempo que tardan en caer los 25 ml.
3. Vaciar la bureta, curar con el líquido problema llenar con éste hasta la marca cero.
4. Medir el tiempo que tardan en caer los 25 ml.

## 3. Cálculos:

Usar para los cálculos la formula siguiente:

$$nr = \frac{d_1 \cdot t_1}{d_2 \cdot t_2}$$

donde:

nr = viscosidad relativa del problema.

$d_1$  = densidad del líquido problema a la temperatura de la determinación.

$t_1$  = tiempo que tarda en fluir el volumen dado del líquido problema.

$d_2$  = densidad del agua o del líquido de referencia a la temperatura de la determinación.

---

<sup>3</sup> Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Departamento de Tecnología de Alimentos. Asignatura Análisis de Alimentos. Actualizado por Prof<sup>a</sup>. Elevína Pérez.

<sup>4</sup>t<sub>2</sub> = tiempo que tarda en fluir el volumen dado del agua o del líquido de referencia.

## **B. Viscosímetro Synchroelectric de Brookfield:**

- 1. Fundamento:** Su funcionamiento se basa en la rotación de una aguja o cilindro dentro del material de prueba. El dial del instrumento está graduado de manera tal que la lectura, multiplicada por un factor, da directamente la viscosidad en centipoises.

El aparato está accionado por un motor sincrónico de baja velocidad y alto torque. El mecanismo del tren de engranaje permite diferentes aumentos de cizalla con lo que podemos medir un amplio intervalo de viscosidad con el mismo instrumento. Materiales no newtonianos (Tixotrópicos, dilatantes, plástico) pueden ser medidos a diferentes valores de cizalla, fácil y rápidamente, cambiando la aguja, o la velocidad, o ambos.

Existen en el comercio diferentes tipos de viscosímetros Brookfield equipados con diferentes agujas y que trabajan a varias velocidades. Los modelos LV vienen con 4 agujas y de 4 a 8 velocidades. Las agujas se atornillan en el pivote del cabezal, operación que debe hacerse con mucho cuidado para no dañar el mecanismo. El dial está graduado en divisiones simétricas de 0 a 100 y posee un apuntador. La lectura en el dial, multiplicada por el factor indicado en las tablas provistas con el aparato, da la lectura directamente en centipoise (cps).

- 2. Objetivos:** Determinar la viscosidad del material de prueba y concluir sobre el flujo reológico del mismo.
- 3. Procedimiento:**
  1. Nivelar el aparato, ayudándose de la burbuja. El apuntador debe estar en 0. Si al introducir la aguja en el material de prueba, la

---

<sup>4</sup> Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Departamento de Tecnología de Alimentos. Asignatura Análisis de Alimentos. Actualizado por Prof<sup>a</sup>. Elevation Pérez.

<sup>5</sup>aguja esta por encima de 0, no tome esto en cuenta y continúe trabajando.

2. Seleccionar la aguja adecuada según la viscosidad del material de prueba y atornillarla en el pivote.
3. Colocar el líquido de prueba en un cilindro de tamaño adecuado.
4. Bajar cuidadosamente el cabezal hasta que el material de prueba llegue a la muesca que se encuentra en la aguja.
5. Colocar el botón selector de velocidades en las rpm deseadas. Si va hacer varias pruebas, comience con la velocidad más baja. Busque en las tablas el factor.
6. Accionar el interruptor para que comience a girar la aguja. Dejar que gire varias veces y que apuntador se estabilice antes de hacer la lectura.
7. Parar el motor accionado a la vez el embrague para hacer la lectura (siga las instrucciones del profesor).
8. Leer la lectura señalada por el apuntador y anotarla.
9. Esperar unos cinco minutos; cambiar la velocidad y repetir los mismos pasos f, g y h.
10. Seguir cinco minutos antes de volver a accionar el aparato.
11. Cambiar ahora por la siguiente aguja y repetir los mismos pasos de f a j (puede hacer lecturas, si lo desea, con todas las agujas).

**NOTA:** Si al colocar una aguja, la lectura es de 0, la viscosidad es menor que la mínima obtenida con dicha aguja. Cambiarla por otra que dé menos fuerzas. Si la lectura es de 100 o el apuntador sale del dial, cambiar por la aguja siguiente.

**PRECAUCIONES:**

Nunca acueste el cabezal con una aguja cubierta de material de prueba insertada: el producto puede correr hacia el pivote y dañar el sistema.

<sup>6</sup>No use el viscosímetro con materiales que desprendan vapores ya que estos pueden penetrar por la cavidad del pivote oxidándolo.

No permita movimientos bruscos al subir o bajar el cabezal.

**4. Cálculos:** Multiplicar la lectura del dial por el factor correspondiente y anotar la viscosidad ( $n$ ) en centipoise (cps).

**5. Reporte de los resultados:** En un papel milimetrado graficar, para cada aguja usada, la fuerza aplicada velocidad en revoluciones por minuto (rpm) contra viscosidad en cps.

Observar el tipo de curvas obtenidas y determinar el tipo de flujo reológico de su muestra problema: newtoniano, dilatante, plástico, etc.

Determinar la  $n$  aparente del producto. Si el material es no newtoniano, esto lo logra observando el punto donde se cruzan las diferentes curvas, o el punto más cercano entre ellas si se cortan.

### **C. Consistómetro Bosjtwick (método oficial para la determinación de consistencia en catsup):**

#### **Procedimiento:**

1. Colocar el consistómetro sobre una superficie plana y nivelar con ayuda de la burbuja.
2. Bajar la placa de separación y mantenerla en posición
3. Colocar la muestra de catsup llenando completamente el recipiente.
4. Dejar reposar cinco minutos
5. Liberar la placa de separación y dejar correr el producto treinta segundos.
6. Leer en el centro y a los costados el recorrido del catsup y la separación del agua (si la hay)
7. Promediar las lecturas y reportar la consistencia como recorrido en centímetro (cm) en el tiempo dado (30 segundos).
8. Compara los valores obtenidos por usted con los establecidos por las diferentes clases (A o B) de catsup.

### III. <sup>7</sup> DETERMINACIÓN DE TEXTURA:

**A. Equipos:** Texturómetro Instron Universal. Mod 1101 (Fig 1)

**B. Instrucciones para el manejo del texturómetro Instron. (Fig 1):**

1. Encender las dos unidades, penetrómetro y registrador. (Interruptores N° 1 y N° 2).
2. Dejar calentar un mínimo de 5 minutos.
3. Encender la plumilla (interruptor N° 3 “PEN”).
4. Llevar la plumilla a la posición 10 de escala con los botones de la sección “ZERO”. Para ello girar el anillo negro que está sobre el botón gris hacia la izquierda, esto es para liberar el botón. A continuación apretar el botón N° 4 con la mano derecha y girar el botón gris (N° 5) con la mano izquierda.

Cuando la plumilla esté en la posición 10 de la escala, dejar de apretar el botón negro (N° 4) y colocar el segundo “LOCK” al botón gris (N° 5) girando el anillo negro que esta sobre el botón negro a mano derecha. (No se preocupe si la plumilla al final de esta operación se sale de la posición 10 de la escala).

5. Con el botón “FINE” (N° 6) de la sección “BALANCE” llevar la plumilla a la posición 10. Observar que este botón también está dotado de un anillo negro de seguridad “LOCK” el cual hay que girar a la izquierda para liberarlo y ala derecha para trancar el movimiento de botón.
6. Calibración: Con el botón de “FULL SCALE LOAD” (N° 7) en la posición adecuada. Colgar una pesa de 1 Kg por medio de una cuerda de la sección de penetración N° 8 (Ver Fig. 1).
7. Llevar la plumilla a la posición cero (0) de escala con el botón (N° 9) “CALIBRATION” (observar el anillo de seguridad).
8. <sup>8</sup>Al quitar la pesa, la plumilla debe regresar a la posición 10. De no ser así debe comenzar de nuevo la calibración desde el punto 4.

9. Llevar la plumilla a la posición (0) de la escala, con el botón gris N° 5 de la sección “ZERO”.
10. Colocar (Fig. 2) las mordazas (6B CAPO-1,2 9372) y el aditamento adecuado para la determinación y la muestra, en la unidad de penetración N° 8.
11. Llevar la plumilla a la posición cero (0) de la escala con el botón (N° 6) “FINE” de la sección de “BALANCE”.
12. Calibración de la altura y desplazamiento de acuerdo a la muestra.
13. Colocar la placa correspondiente en el portaplacas (N° 16). Ver Fig.
14. Colocar el switch N° 10 en la posición de “STOP”.
15. Soltar los tornillos N° 11 (que queden libres sobre la varilla).
16. Apretar el botón N° 12 “DOWN”. Cuando la aguja del penetrómetro llegue a la altura deseada apretar el botón N° 13 “STOP”.
17. Subir el tornillo inferior N° 11 y apretarlo en la varilla.
18. Apretar el botón N° 14 “UP”. Cuando el penetrómetro esté a la altura deseada que permita colocar la muestra, apretar el botón N° 13 “STOP”.
19. Apretar el tornillo superior N° 11 en la varilla.
20. Colocar el switch N° 10 en la posición “RETURN”.
21. Colocar la muestra sobre la placa.
22. Colocar un recipiente debajo de la placa para recoger los desperdicios.
23. Apretar el botón N° 12 “DOWN” y seguidamente prender el switch N° 15 “CHART” (luz prendida), para que funcione el registrador.
24. Desconectar el switch (N° 15) “CHART” cuando el penetrómetro haya subido y esté fuera de la muestra.
25. <sup>9</sup>**NOTA:** Si la plumilla se sale de la escala, pase el botón (N° 7) “FULL”



<sup>10</sup>SCALE LOAD” a la posición 2. (FULL SACLE LOAD, es un botón multiplicador que tiene los valores de 1, 2, 5, 10, 20 y 50).

Ej. Si se calibra el aparato con la pesa de 1 Kg con el botón de FSL en la posición 1, la escala de cero (0) a 10 equivale a 1 Kg. Si a continuación se pasa el botón de FSL a la posición 2, la misma escala anterior equivale a 2 kg.

**C. Procedimiento:** Realizar determinaciones de textura en pan y en frutas verdes, maduras y sobre maduras. En estas medir la textura con o sin concha. Para el manejo del equipo leer las instrucciones.

#### **IV. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS EN HARINAS POR MEDIO DEL VISCOAMILOGRAFO DE BRABENDER. EFECTO DE LA ALFA-AMILASA.**

##### **A. Reactivos, materiales y equipos:**

1. Solución buffer pH  $\pm$  4,5: disolver 14,8 g de fosfato dibásico de sodio anhidro (NaHPO<sub>4</sub>) y 10 g de ácido cítrico monohidratado. Llevar a 1 litro. Guardarlo en refrigeración y renovarlo cada mes.
2. Harina panificable, harina repostera y semolina (o harina).
3. Malta de cerveza o alfa-amilasa.
4. Viscoamilógrafo de Brabender:
  - a. Descripción del aparato: es un viscosímetro con registrador que puede ser usado para determinar la temperatura de gelatinización de los almidones y harinas así como el efecto de la alfa-amilasa sobre la viscosidad del gel de almidón. La alta viscosidad de los geles de almidón es contrarrestada por la acción de la alfa-amilasa, la cual licua los gránulos de almidón durante el calentamiento.

El aparato consta de un espiral que permite un aumento o disminución de 1,5 °C por minuto, no importa la cantidad de calor

<sup>11</sup>que se requiera. Durante este periodo, la viscosidad es continuamente medida por medio de unas barras dentro del tazón, que ejercen una fuerza de fricción; es registrada en el papel grafico que se mueve a una velocidad constante. Este diagrama se llama “amilograma” e indica, en una forma sencilla, el proceso de gelatinización del almidón y la acción de las amilasas en condiciones estándares.

b. Ajuste del instrumento:

1. Colocar la plumilla en cero sobre el papel del grafico, con el tazón vacío, pero con las agujas en la posición y en movimiento. Las agujas tanto del tazón como del cabezal deben estar bien alineadas para evitar roces.
2. Con la palanca superior colocada al frente del instrumento (en posición N) mover la palanca colocada a la izquierda para llevar el marcador del termostato a la temperatura inicial del experimento (generalmente 30 °C).
3. Colocar la muestra a la concentración deseada en buffer pH 4,5 en el tazón del instrumento. Bajar el cabezal y con el aparato en neutro (posición N), encenderlo después de poner el reloj en el tiempo necesario para que la temperatura final llegue a 95 °C.
4. Una vez que la luz roja se apaga, señal de que se han alcanzado los 30 °C marcados en el termostato, pasar la palanca a U y dejar correr el tiempo.
5. Una vez que la temperatura de la suspensión almidón-buffer alcance los 95 °C, colocar nuevamente la palanca en N y dejar en esta posición durante 20 a 90 minutos (opcional).
6. Transcurrido el tiempo, colocar la palanca en D para que la temperatura baje a la misma velocidad de 1,5 °C/min hasta

<sup>12</sup>50 °C. Al alcanzar esta temperatura , poner nuevamente la palanca en N por un tiempo opcional.

7. Apagar el aparato, dejarlo enfriar y lavarlo cuidadosamente procurando no golpear o forzar las barras.

#### **B. Preparación de la muestra:**

1. Pesar alrededor de 50 g de harina base 14% de humedad.
2. Agregar poco a poco agitando suavemente con un agitador 450 ml del buffer fosfato (si se desea determinar la actividad del alfa-amilasa) o agua. Si se usa almidón, la cantidad debe estar entre 5 y 10 g (debe determinarse la humedad).
3. En caso de que las harinas no contengan 14% de humedad hay que ajustar el peso.

Ej. si la harina tiene menos de 14% de humedad, 12% de humedad por ejemplo; pesar 48,5 g de harina y agregar 1,5 ml de agua + 450 ml de buffer (o agua). Si la harina tiene 15% de humedad, pesar 50,6 g de harina y agregar 449,4 ml de buffer o agua.

#### **C. Lectura e interpretación de los amilogramas:** Correr y leer en los amilogramas:

1. Temperatura de gelatinización.
2. Máxima n.
3. Temperatura a la que se logró la máxima n.
4. n a 95 °C.
5. n después del tiempo que permaneció a 95 °C.
6. n después de enfriar a 50 °C.
7. n después del tiempo que permaneció a 50 °C.

#### **D. Reporte de los resultados:** Interpretar, comparando los amilogramas de:

1. Harina de trigo.
2. Harina de trigo más 0,1% de malta.
3. Harina de trigo más 0,05% de malta.

---

<sup>12</sup> Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Departamento de Tecnología de Alimentos. Asignatura Análisis de Alimentos. Actualizado por Prof<sup>a</sup>. Elevelina Pérez.