



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ingeniería Química

Licenciatura en Ingeniería en Alimentos

TESIS:

“CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PROTOTIPO PARA DETERMINAR LA CONSISTENCIA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS”

PRESENTA:

Torres Tobías Dolores

PARA OBTENER EL GRADO DE:

Ingeniero en Alimentos

ASESOR DE TESIS

Dra. Claudia Santacruz Vázquez

COASESOR DE TESIS

Dra. Verónica Santacruz Vázquez

Junio, 2023

AGRADECIMIENTOS

A Dios por regalarme paciencia, perseverancia y sabiduría para llevar a cabo este proyecto para culminar la carrera.

A mi padre por el apoyo incondicional que siempre me ha brindado.

A mi madre, pero no solo por el apoyo, sino por nunca dejar de creer en que podía lograrlo, en siempre encontrar las palabras correctas en los momentos difíciles y toda la ayuda que me brindo para terminar este proyecto.

A las doctoras Claudia Santacruz y Verónica Santacruz por su gran ayuda y colaboración en cada momento de consulta y soporte del trabajo realizado.

A mi hermana, porque la distancia nunca ha sido un impedimento para brindarme el apoyo y motivación que solo un hermano puede dar.

A mi novio, Adrián que siempre me motivo y apoyo en cada paso para terminar el presente trabajo.

DEDICATORIAS

Con gran satisfacción dedico esta tesis a mis padres María de Jesús Tobías y Miguel Torres, porque ellos siempre me han motivado para poder culminar la carrera y ahora la tesis.

CONTENIDO

Planteamiento del problema	1
Justificación	1
Hipótesis.....	3
Objetivos	3
<i>Objetivo General:</i>	3
<i>Objetivos Específicos:</i>	3
Antecedentes	4
Reología alimentaria	4
Viscosidad.....	6
Fluidos Newtonianos	6
Fluidos no Newtonianos	7
Viscosidad dinámica y cinemática.....	8
Consistencia	9
Relación de viscosidad y consistencia	9
Instrumentos para medir propiedades reológicas.....	10
Viscosímetros	10
Tipos de viscosímetros	11
Viscosímetro de tipo capilar	11
Viscosímetro rotacional	12
Viscosímetro de caída de cuerpos	12
Viscosímetro de cono-placa	13
Viscosímetros de cilindros concéntricos rotacionales.	14
Consistómetro de Bostwick	15
Alimentos evaluados por el consistómetro de Bostwick	19
Crema	19
Leche condensada.....	19
Yogurt.....	20
Miel	20
Miel de Maple	20
Miel de agave o jarabe de agave.....	21
Jarabes.....	21
Puré de tomate	22

Salsa de tomate tipo Cátsup	22
Harina para hot cakes instantáneos.....	22
Harina para hot cakes.....	23
Mole	23
Pipián.....	24
Claras de huevo líquidas pasteurizadas	24
Construcción del consistómetro de Bostwick	25
Metodología	34
Resultados	35
Discusión de Resultados.....	38
Referencias.....	65

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La determinación reológica de los alimentos es un proceso que requiere mediciones cuantitativas mediante el uso de equipos e instrumentación no disponible en algunas ocasiones por parte del consumidor o procesador de alimentos, siendo complejos los métodos para su determinación reológica. Razón por la que el uso de dispositivos prácticos (tales como el consistómetro de Bostwick) y mediciones empíricas.

Mediante el uso de este consistómetro permitirá determinar las características reológicas de alimentos de diferentes grupos (lácteos, edulcorantes, productos de origen vegetal procesados, productos de panificación, productos caseros y claras de huevo pasteurizadas).

JUSTIFICACIÓN

El análisis y cuantificación del comportamiento reológico de los alimentos radica en la importancia de determinar los efectos del transporte y de su manipulación para mantener su integridad y características físicas y sensoriales, tanto de alimentos frescos como de alimentos procesados. Su comportamiento durante sus procesos de elaboración, la calidad de la textura del producto, dependen en gran medida de su respuesta, frente a la aplicación de fuerzas externas. Es por ello que siempre es necesario utilizar métodos de medida mecánicos para determinar las características reológicas de un alimento como el consistómetro de Bostwick, sin recurrir a sofisticados equipos de medición como los viscosímetros comerciales como el de Ostwald, Brookfield, Saybolt, rotacional, Stokes, Stormer entre otros. Razón por la que el objetivo del presente trabajo es construir un

prototipo de medición de consistencia de alimentos y así, poder hacer la determinación de consistencia de algunos grupos de alimentos.

El consistómetro tiene un costo elevado en el mercado, tal lo muestra el portal PCE Ibérica S.L. Instrumentación, el costo aproximado del consistómetro de Bostwick es de \$21,760 pesos aproximadamente y por este motivo es viable construir un prototipo, el cual tiene un costo más accesible.

Para el prototipo se debe considerar el material a emplear, de manera que se puede usar, aluminio y acero grado alimenticio; además, se examina el costo beneficio. El acero grado alimenticio tiene costo elevado, pero brinda grandes beneficios cuando se considera para lo que será empleado, algunos beneficios son: elevado aguante a la corrosión, resistencia a temperaturas, excelente capacidad de limpieza (las bacterias no se acumulan) y resistencia a la oxidación.

El aluminio presenta una excelente opción, debido a que resiste a la corrosión al igual que el acero grado alimenticio y presenta un costo más accesible, a pesar de ello presenta mayor deterioro a nivel estético lo cual afectaría el canal de flujo si con el tiempo presenta rayaduras o marcas. En consecuencia, el acero de grado alimenticio es la mejor opción para las mediciones antes mencionadas.

HIPÓTESIS

Es posible determinar las características reológicas de un alimento, mediante el uso de equipos prototipo y mediante determinaciones empíricas.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Determinar la viscosidad con un consistómetro de Bostwick de alimentos de diferentes grupos (lácteos, edulcorantes, productos de origen vegetal procesados, productos de panificación, productos caseros y huevo líquido).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Desarrollar un prototipo de consistómetro de Bostwick para determinar de manera cualitativa la medida de la consistencia de diversos tipos y marcas de alimentos
2. Realizar mediciones de consistencia de diversas marcas y tipos de alimentos existentes en el mercado.
3. Construir gráficas y tablas de las mediciones de consistencia de los alimentos antes mencionados.

ANTECEDENTES

En 1687 Isaac Newton publica una hipótesis relacionada al estado de cizalladura o corte y planteada sobre la base de que la resistencia al deslizamiento de las partes de un líquido es proporcional a la velocidad con que se separan unas de otras dentro de un líquido. Por lo tanto, esta resistencia por falta de deslizamiento es lo que ahora se denomina viscosidad (Ramírez, 2006).

La reología (del griego reos, fluir y logos, estudio) es la ciencia del flujo y la deformación de la materia, describe la interrelación entre fuerzas, deformaciones y tiempo. La reología es aplicable a todos los materiales, desde los gases hasta los sólidos. La ciencia de la reología tiene apenas 80 años, fue fundada por dos científicos en los años veinte quienes tuvieron la necesidad común de describir las propiedades de flujo de fluidos. Estos pioneros fueron los profesores Marcus Reiner y Eugene Bingham.

La reología es entonces la rama de la física que estudia el comportamiento de los fluidos sometidos a diferentes tipos de esfuerzos. El campo de la reología se extiende desde la mecánica de los fluidos Newtonianos por una parte, hasta la elasticidad de Hooke (Avendaño, 2012).

REOLOGÍA ALIMENTARIA

Los fluidos constituyen la mayor parte de los alimentos que ingiere el hombre; los adultos consumen más productos líquidos y pastosos que alimentos sólidos por la facilidad de ingestión y digestión; en los niños y recién nacidos la importancia de los alimentos fluidos y particularmente líquidos es fundamental. (Alvarado, 1996).

La reología alimentaria está despertando un progresivo interés, tanto desde el punto de vista académico como industrial, ya que sus aplicaciones son numerosas en el control de calidad, textura, ingeniería de procesos, desarrollo de productos y optimización de formulaciones (Ocampo, 2018).

El conocimiento adecuado de las propiedades reológicas de los alimentos es muy importante por numerosas razones, entre las que destacan las aplicaciones que se detallan a continuación:

- Diseño de procesos y equipos en ingeniería: el conocimiento de las propiedades de comportamiento al flujo y de deformación de los alimentos son imprescindibles en el diseño y dimensionado de equipos tales como cintas transportadoras, tuberías, tanques de almacenamiento, pulverizadores o bombas para el manejo de alimentos. Además, la viscosidad se utiliza para la estimación y cálculo de los fenómenos de transporte de cantidad de movimiento, calor y energía.
- Evaluación sensorial: los datos reológicos pueden ser muy interesantes para modificar el proceso de elaboración o la formulación de un producto final de forma que los parámetros de textura del alimento se encuentren dentro del rango considerado deseable por los consumidores.
- Obtener información sobre la estructura del alimento: los estudios reológicos pueden aportarnos información que facilite una mejor comprensión de la estructura o de la distribución de los componentes moleculares de los alimentos, especialmente de los componentes macromoleculares, así como para predecir los cambios estructurales durante los procesos de acondicionamiento y elaboración a los que son sometidos.
- Control de calidad: las medidas de la viscosidad en continuo son cada vez más importantes en muchas industrias alimentarias con objeto de controlar el buen funcionamiento del proceso productivo, así como la calidad de las materias primas, productos intermedios y acabados.

VISCOSIDAD

La viscosidad es la propiedad termofísica de los fluidos ocasionada por sus fuerzas de cohesión molecular y resulta en la oposición que oponen a escurrir, por lo que requieren la aplicación de un esfuerzo o presión. Todos los fluidos conocidos presentan algo de viscosidad, siendo el modelo de viscosidad nula una aproximación bastante buena para ciertas aplicaciones. Un fluido que no tiene viscosidad se llama fluido ideal.

Se define la viscosidad como la propiedad que tienen los fluidos de ofrecer resistencia al movimiento relativo de sus moléculas. También se suele definir la viscosidad como una propiedad de los fluidos que causa fricción, esto da origen a la pérdida de energía en el flujo fluido. La importancia de la fricción en las situaciones físicas depende del tipo de fluido y de la configuración física o patrón (Marcadones, 2014)

La viscosidad es una propiedad física muy importante que caracteriza la resistencia. Para ciertos líquidos, la viscosidad es constante y solo depende de la temperatura y presión. Este grupo se denominan líquidos Newtonianos. Los líquidos que no siguen esta relación proporcional son denominados fluidos no-Newtonianos (Avendaño, 2012).

FLUIDOS NEWTONIANOS

Recordemos que cuando la viscosidad es constante, para cualquier valor de τ , el fluido recibe el nombre de Newtoniano (o fluido viscoso lineal), (Avendaño, 2012).

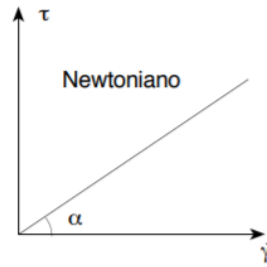


Figura 1. Fluido Newtoniano. Recuperado de <https://es.slideshare.net/kilterry/316261011-fundamentos-de-reologa-rojasbriceoavendao>.

FLUIDOS NO NEWTONIANOS

Son los que no cumplen con la Ley de Newton. Pueden clasificarse en tres grandes grupos:

a) La ecuación que relaciona τ vs $\dot{\gamma}$ no es lineal (fluido viscoso no lineal).

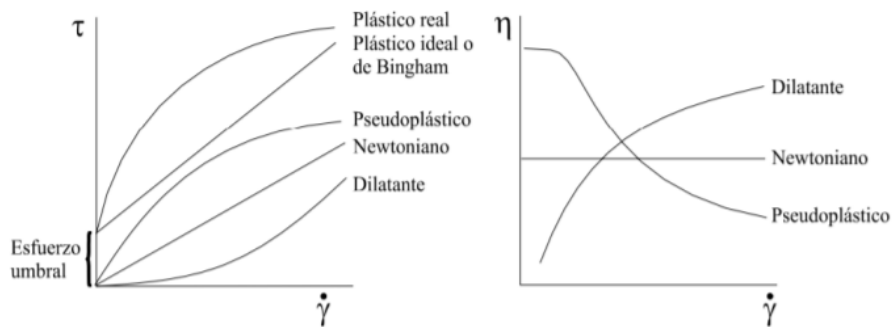


Figura 2. Curvas del comportamiento reológico de diferentes tipos de fluidos. Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/12139/TESIS.pdf?sequence=1>

Dependiendo de cómo varía la viscosidad aparente con la tasa de deformación el comportamiento se puede caracterizar por:

- Fluido reofluidizante: la viscosidad aparente disminuye con la velocidad de corte o deformación.
- Fluido reoespesante: la viscosidad aparente aumenta con la velocidad de corte o deformación.
- Fluido plástico (viscoplástico): exhibe el llamado esfuerzo umbral o esfuerzo de cedencia, se debe aplicar cierto esfuerzo para que ocurra el flujo (Avendaño, 2012).

Los fluidos más comunes, como el agua y el petróleo, son newtonianos. Su viscosidad permanece constante, sin importar cuán rápido se vean forzados a fluir a través de una tubería o canal. Por lo tanto, el único factor que afecta su viscosidad es la temperatura. Pero la viscosidad de algunos fluidos se ve afectada por factores distintos a la temperatura. Estos fluidos se denominan fluidos no newtonianos. La viscosidad de un fluido no newtoniano cambiará debido a la agitación o la presión, conocida técnicamente como tensión cortante. Una tensión cortante no afectará la viscosidad de un fluido newtoniano. Los fluidos no newtonianos son polímeros. Un polímero está compuesto de cadenas largas de unidades repetidas conocidas como monómeros que se encadenan para producir macromoléculas gigantes. Los polímeros sintéticos más comunes son el plástico, el caucho, y los tejidos, como el poliéster y "Spandex". Los polímeros naturales incluyen ADN, proteínas y almidón.

VISCOSIDAD DINÁMICA Y CINEMÁTICA

- La viscosidad dinámica es la propiedad de los fluidos que se caracteriza por su resistencia a fluir, debida al rozamiento entre sus moléculas. En el Sistema Internacional se mide en Pascales segundo, pero la unidad más utilizada es el centipoise (cps), equivalente a $1\text{mPa}\cdot\text{s}$.

- La viscosidad cinemática es el cociente entre viscosidad dinámica y densidad, y se mide en centistokes (Marcadones, 2014).

CONSISTENCIA

La consistencia es el grado de deformación que presentan los fluidos cuando se le somete a un esfuerzo cortante. El término representa, esencialmente, la viscosidad de suspensiones de partículas insolubles en un líquido y es una característica de fluidez de este.

A instancias de la física, de la ingeniería y de la mecánica de medios continuos, hablaremos de consistencia material, que es aquella propiedad material vinculada especialmente a la rigidez de los cuerpos, es decir, la cohesión que exista entre las partículas de una masa.

De este modo la consistencia puede implicar la resistencia que ofrece un elemento sólido y duro y también la fluidez que destaca a un líquido dado. Los materiales disponen de diversos tipos de consistencia que harán que por esto actúen de modo diverso al entrar en contacto con otros. Así es que los líquidos adoptan la forma del recipiente que los contiene (Ucha, 2010).

RELACIÓN DE VISCOSIDAD Y CONSISTENCIA

La viscosidad y la consistencia son términos que se aplican a los fluidos y que representan la resistencia que ofrece al flujo, o a la deformación, cuando están sometidos a un esfuerzo cortante. La consistencia se mide en la industria como la medida de la distancia que recorre el fluido sobre una regla graduada y en tiempo determinado.

INSTRUMENTOS PARA MEDIR PROPIEDADES REOLÓGICAS

Las propiedades reológicas fundamentales, deben ser independientes del instrumento de medición, es decir que si se usan instrumentos diferentes se debería tener resultados similares; este concepto sería ideal porque instrumentos diferentes, raramente, dan resultados idénticos (Steffe, 1996).

Hoy en día se encuentran diferentes tipos de viscosímetros en muchas aplicaciones, que cumplen con diferentes propósitos de medición. Existen varios modelos de viscosímetro que se utilizan para mediciones sencillas de un punto. Se trata de medidores portátiles que no solo sirven para mediciones estacionarias, sino que también permiten mediciones en cualquier lugar. Los diferentes tipos de viscosímetro estacionarios mencionados anteriormente también constituyen un amplio segmento.

Se trata por lo general de sistemas de medición reológicos complejos y grandes que permiten un examen detallado de muestras de líquidos. Normalmente se asocia el término viscosidad con la viscosidad en cizallamiento. Pero también existe la posibilidad de medir la viscosidad en extensión con ayuda de un viscosímetro. Entonces se hace referencia al término viscosidad de extensión (Barranza, 2018).

VISCOSÍMETROS

Los viscosímetros son aparatos que detectan la dureza, también llamada viscosidad, de diferentes fluidos. Un viscosímetro se utiliza sobre todo en laboratorios, pero también es necesario en procesos de control para ayudar en el control de dichos procesos. Existen diferentes tipos de viscosímetro para determinar la viscosidad. Se diferencian en los principios de funcionamiento (Barranza, 2018).

TIPOS DE VISCOSÍMETROS

Existen diversos instrumentos o viscosímetros que permiten medir las propiedades reológicas de los fluidos. Su objetivo es la creación de una situación controlada de flujo donde sea posible medir el esfuerzo cortante y la velocidad de cizalla, que permitan el cálculo de la viscosidad.

VISCOSÍMETRO DE TIPO CAPILAR

El viscosímetro capilar es quizá el instrumento para la determinación de viscosidad más empleado, y también el más antiguo. En este tipo de viscosímetros un fluido es obligado a fluir debido a una diferencia de presión (habitualmente por gravedad) a través de un tubo capilar. Dado que la diferencia de presión varía a medida que el fluido pasa de un brazo del viscosímetro al otro, la viscosidad del líquido problema se determina generalmente con respecto a un fluido de referencia (Hernández, 2016).



Figura 3. Distintos tipos de viscosímetros capilares. Recuperado de <https://www.directindustry.es>

VISCOSÍMETRO ROTACIONAL

Los sistemas rotacionales son generalmente usados para investigar el comportamiento de los fluidos dependientes del tiempo, en el viscosímetro rotacional, el líquido a medir es cizallado entre las dos partes de cuerpo de medición compuesto por cilindros coaxiales rotatorios, un cono y una placa o dos placas paralelas. Una ventaja es que, para la geometría de medición bien conocida, la deformación en cizalla y la velocidad de deformación son aproximadamente uniformes en la pieza de ensayo (Quesada, 2008).



Figura 4. Viscosímetro rotacional. Recuperado de <https://www.equiposylaboratorio.com>

VISCOSÍMETRO DE CAÍDA DE CUERPOS

En los viscosímetros de cuerpo móvil la movilidad de una esfera, burbuja, disco en el fluido da medida de la viscosidad del fluido. Los viscosímetros más conocidos son los de caída de esferas, los cuales se basan en la ley de Stokes, que relaciona la viscosidad de un fluido con la velocidad de caída. Si una esfera cae en el interior de un fluido libremente se acelera hasta que la fuerza de la gravedad se iguala a la fuerza de rozamiento que ejerce el fluido sobre ella (Hernández, 2016).



Figura 5. Viscosímetro de caída de cuerpos. Recuperado de <https://www.directindustry.es>

VISCOSÍMETRO DE CONO-PLACA

Viscosímetro de cono-placa. Su funcionamiento de él se basa en la cizalla presente que se genera por movimiento sobre un líquido situado en el espacio comprendido entre un cono y una placa, siendo el ángulo (α) entre ambos muy pequeño (inferior a 4° , ya que, para ángulos mayores, los cálculos se complicarían excesivamente). Todos los instrumentos de cono-placa permiten extraer el cono para un cambio de la muestra, lo que facilita en muchos casos la limpieza de este, siendo ésta, junto con la pequeña cantidad de muestra necesaria las principales ventajas que presenta este tipo de equipo.

En la mayoría de los viscosímetros rotacionales la velocidad de cizalla cambia con la distancia al centro de rotación. Sin embargo, en el viscosímetro de cono-placa la velocidad de cizalla a lo largo del espaciado del cono es constante, ya que el espaciado entre el cono y el plato aumenta al aumentar la distancia al centro. Para fluidos no -Newtonianos no es necesario llevar a cabo correcciones, siendo posible aplicar las ecuaciones para fluidos newtonianos (Hernández, 2016).

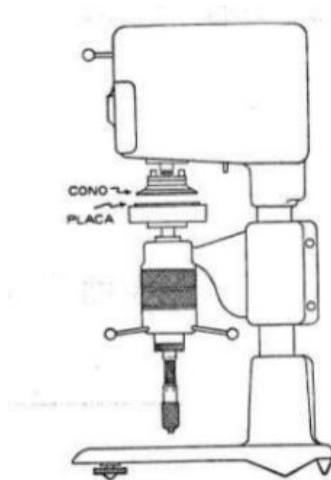


Figura 6. Viscosímetro de cono-placa. Recuperado de <https://es.slideshare.net/ingripaolahurtadocoronado9/ejemplos-de-viscosimetros>

VISCOSÍMETROS DE CILINDROS CONCÉNTRICOS ROTACIONALES.

Los viscosímetros rotacionales constan básicamente de dos partes que se encuentran separadas por el fluido a estudiar. Dichas partes pueden ser dos cilindros, dos superficies paralelas, una superficie y un cono de pequeño ángulo, un rotor en el interior de un cilindro. El movimiento de una de estas partes provoca la aparición de un gradiente de velocidades a lo largo del fluido. Para determinar la viscosidad del fluido se mide el esfuerzo necesario para producir una determinada velocidad angular.

Este tipo de viscosímetros son mucho más versátiles que los mencionados anteriormente y pueden ser utilizados para fluidos no Newtonianos; sin embargo, su principal inconveniente es el precio. En los años 90 este tipo de viscosímetros han sufrido una importante transformación al ser conectados a ordenadores lo cual ha hecho más sencillo su uso (Hernández, 2016).

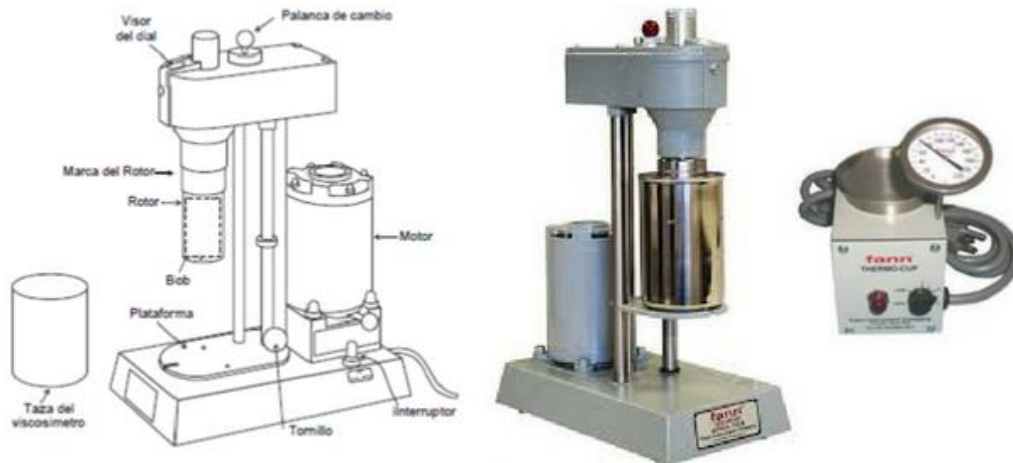


Figura 6. Viscosímetro de cilindros concéntricos rotacionales. Recuperado de <https://perforador20.wordpress.com/2017/11/30/viscosimetro-rotatorio/>

CONSISTÓMETRO DE BOSTWICK

Es muy utilizado en la medida de la consistencia de alimentos semisólidos como purés de tomate y salsas de tomate tipo “Cátsup”, purés de frutas, mermeladas y todo tipo de alimento que sea excesivamente viscoso para ser medido en un viscosímetro. El instrumento consiste en una bandeja alargada de acero inoxidable con una base de 29 cm de longitud y 5 cm de ancho. La altura de la pared es de 3.8 cm, la cubeta donde se deposita la muestra es de 5 cm de longitud y está separada del resto por una plancha de guillotina. El resto del fondo de la bandeja es de 24 cm de longitud, tiene una escala graduada formada por líneas transversales y separación entre líneas de 0.5 cm (Steffe, 1996).



Figura 7. Consistómetro de Bostwick. Recuperado de <https://www.akralab.es/producto/consistometro-viscosidad-cole-parmer/>

El Bostwick es un invento y patente del químico farmacéutico E.P. Bostwick trabajador del USDA (Oficina Central de Illinois-Chicago). Bostwick quien era especialista en Marketing se desempeñó en el área de clasificación de enlatados de frutas y hortalizas. E.P. Bostwick natural de Oak Park, Illinois, solicita su patente el 12 de diciembre de 1941 y se le otorga la misma el 15 de septiembre de 1942 (con el número 422706) para libre uso en los Estados Unidos.

La patente otorgada por la Oficina de Patentes a Elmer P. Bostwick aplica en virtud de la Ley del 3 de marzo de 1883, modificada por la Ley del 30 de abril de 1928, y la invención descrita y reclamada, patentada, puede ser fabricada y utilizada por o para los Estados Unidos con fines gubernamentales sin el pago de los derechos respectivos. Esta invención se refiere a un dispositivo (consistómetro) para determinar la consistencia de materiales y para hacer determinaciones rápidas de consistencia, de los diversos materiales semisólidos de frutas y verduras procesadas, y productos similares (Bostwick, E.P. (1942). Consistometer. U.S. patent 2,295,710).

La industria alimentaria utiliza muchos instrumentos empíricos para medir el comportamiento del flujo de productos alimenticios. Estos dispositivos se utilizan para

medir características reológicas empíricas, pero las respuestas encontradas tienen diferentes usos como monitorear la calidad, correlacionar características sensoriales, o incluso servir como patrones oficiales para identificar materiales (Steffe, 1996).

El primer compartimento o espacio es cuando se baja la puerta. Esta sección se carga con el fluido al comienzo de la prueba que se inicia pulsando un disparador que libera la puerta. El fluido baja porque la gravedad lo permite. El otro espacio que está inclinado. El piso de la cubeta se gradúa cada medio centímetro y el movimiento hacia abajo del canal refleja las propiedades del fluido.

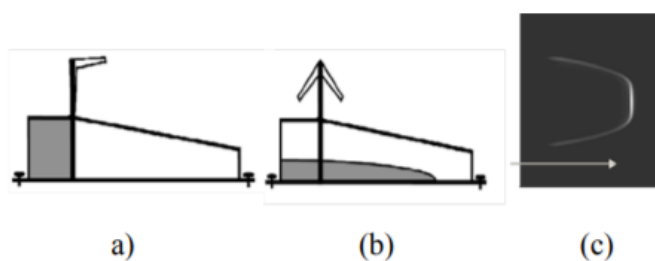


Figura 8. Esquema de consistómetro de Bostwick: (a) antes de abrir la compuerta y (b) después de abrir la compuerta e (c) imagen del perfil de velocidad de una muestra de concentrado de tomate. Recuperado de Sacama (2012).

Las medidas se toman después de un tiempo determinado (normalmente de 5 a 30 s) y reportados como centímetros de recorrido desde la puerta de salida. Si el recorrido del material logra una superficie no parabólica, se informa de la distancia de desplazamiento del borde delantero (Figura 8 inciso c).

Los autores Miranda, Sánchez y Sánchez, brindan ciertas recomendaciones con el propósito de evitar errores y fallas en la determinación de viscosidad de semisólidos, al emplear el consistómetro de Bostwick, que son:

1. Es importante que el instrumento cuente con una correcta limpieza del canal de flujo, de manera que no haya materiales extraños en la zona donde se desliza el alimento y así evitar que pueda influir en el aumento o reducción de su desplazamiento.
2. Limpiar y secar el instrumento de canal de flujo cada vez que sea utilizado, para cada una de las pruebas con el alimento, para que la bandeja no contenga agua adherida a esta. Ya que esto podría traer errores y variaciones en la medición por el agua incluida en la muestra.
3. La limpieza del instrumento de canal de flujo debe hacerse con agua fría, no con agua atemperada, debido a que cuando el canal de flujo va a ser utilizado de manera inmediata, debido a que cambiaría la temperatura para la prueba.
4. El reservorio del instrumento de canal de flujo debe siempre ser llenado con el alimento al ras, manteniendo la puerta cerrada, para lograr esto se aconseja usar una espátula.
5. La puerta de la cámara del consistómetro de canal de flujo debe soltarse súbitamente, a la vez que se empieza a tomar el tiempo.
6. La mesa donde ha sido colado el instrumento de canal de flujo debe estar completamente estática, ya que esto influye en la medición.
7. Al momento de levantar la puerta de metal del instrumento de canal de flujo, se debe hacer con cuidado; ya que el movimiento brusco puede hacer que se genere una variación en la determinación de la viscosidad de la muestra.
8. La fuerza que se usa para levantar la puerta de acero debe ser la misma, sin variaciones en la velocidad y tiempo, evitando así márgenes de error.

ALIMENTOS EVALUADOS POR EL CONSISTÓMETRO DE BOSTWICK

CREMA

Producto terminado en el que se ha reunido una fracción determinada de grasa y sólidos no grasos de la leche, ya sea por reposo, por centrifugación o reconstitución sometida a pasteurización y cualquier otro tratamiento térmico que asegure su inocuidad (NORMA Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010).

Es el producto lácteo fluido comparativamente rico en grasas, en forma de una emulsión de grasa en leche desnatada (descremada), que es obtenida por la separación física de la leche (NORMA PARA LAS NATAS (CREMAS) Y LAS NATAS (CREMAS) PREPARADAS CXS 288-1976).

LECHE CONDENSADA

Leche condensada azucarada, la que ha sido obtenida mediante la evaporación del agua de la leche a través de presión reducida, a la que se le ha agregado sacarosa y/o dextrosa u otro edulcorante natural, hasta alcanzar una determinada concentración de grasa butírica y sólidos totales (NORMA Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010).

YOGURT

Yogurt es el producto obtenido de la fermentación de leche, estandarizada o no, por medio de la acción de microorganismos *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* subespecie *bulgaricus*, y teniendo como resultado la reducción del pH (NORMA Oficial Mexicana NOM-181-SCFI-2010).

MIEL

Es la sustancia dulce natural producida por abejas a partir del néctar de las flores o de secreciones de partes vivas de plantas o de excreciones de insectos succionadores de plantas que quedan sobre partes vivas de las mismas y que las abejas recogen, transforman y combinan con sustancias específicas propias, y depositan, deshidratan, almacenan y dejan en el panal para que madure o pueda añejarse (NORMA Oficial Mexicana NOM-004-SAG/GAN-2018).

Las flores necesitan que las abejas las visiten para que las plantas sean polinizadas. Como incentivo producen su néctar. El néctar es una solución de azúcares y otros elementos menores que las abejas recogen para fabricar un compuesto que se convierte en miel. Los diferentes tipos de miel contienen diferentes azúcares que cambian según el origen del néctar y de otras sustancias en cantidades mínimas, como las sales minerales, las vitaminas, las proteínas y los aminoácidos.

La miel es una fuente de antioxidantes, ácidos naturales, también es conocida por ser útil como antiséptico, fortificante, calmante, laxante, diurético y bactericida (Innata, 2016).

MIEL DE MAPLE

La miel de maple es originaria de Canadá y del norte de Estados Unidos, la provincia de Quebec es el mayor productor de miel de maple o jarabe de arce, la hoja de maple en

Canadá es un emblema gracias a que tiene mucho peso económico en este país y la podemos ver en su bandera. Esta deliciosa miel se fabrica a partir de la savia, ésta se hierve y reduce, Quebec produce el 72% de miel de arce del mundo.

La composición del jarabe de maple es diferente en cuanto a otros azúcares ya que contienen polifenoles, los cuales contienen una cantidad importante de antioxidantes.

Una porción de jarabe de maple nos aporta manganeso, riboflavina, zinc, magnesio y potasio. Esto confiere al jarabe de maple mucha ventaja sobre los azúcares comunes, como la azúcar blanca, la morena y la miel de maíz. Además de antioxidantes, el jarabe puro de maple contiene calcio, potasio, zinc, y manganeso, así como vitaminas esenciales. Por otro lado, el jarabe contiene menos calorías que otros azúcares (Puluc, 2013).

MIEL DE AGAVE O JARABE DE AGAVE

Jarabe de agave, es el Jarabe producido por hidrólisis a partir de los fructanos provenientes del agave (NORMA Oficial Mexicana NOM-003-SAGARPA-2016).

Es una especie de melaza obtenida a partir del Agave Azul. La miel de agave es un endulzante orgánico que se crea a partir de la savia líquida que se obtiene del interior de la penca del agave azul, del cual se obtiene también el tequila, que se somete a bajas temperaturas, a menos de 40°C para conservar sus propiedades (Reyes, 2011).

JARABES

Es una solución acuosa, de consistencia viscosa, con alta concentración de carbohidratos y purificada; se caracteriza por tener un sabor dulce.

Se entiende por Jarabe, al producto de consistencia viscosa obtenido por disolución en agua potable de edulcorantes, adicionados o no de frutas y/o sabores, colorantes artificiales acidulantes e ingredientes opcionales. Se utilizan ampliamente en las industrias que elaboran jaleas, néctares y mermeladas (Alvarado, 1996).

PURÉ DE TOMATE

Puré de tomate, es el concentrado de tomate que contiene por lo menos el 7%, pero no más del 24% de sólidos solubles naturales totales (NORMA PARA EL CONCENTRADO DE TOMATE ELABORADO CODEX STAN 57-1981).

SALSA DE TOMATE TIPO CÁTSUP

La salsa de tomate Cátsup es el alimento preparado con el jugo y pulpa de tomates, concentrado y sazonado para emplearse en el aderezado de comestibles.

La Norma (NOM-F-346-S-1980), además de establecer que los elementos sólidos provenientes del tomate sean no menores al 12%, dicta que el que se ostente como “cátsup” no contenga colorantes, conservadores o espesantes.

HARINA PARA HOT CAKES INSTANTÁNEOS

La harina de trigo puede ser obtenida de la molienda del grano de trigo maduro, entero, quebrado, sano y seco del género *Triticum*, L.; de las especies de *T. vulgare*, *T. compactum* y *T. durum* o mezclas de éstas, limpio, sano en el que se elimina gran parte del salvado y germen, hasta obtener una harina de finura adecuada (NORMA Oficial Mexicana NOM-187-SSA1/SCFI-2002).

A diferencia de las harinas comerciales para preparar hot cakes, esta harina fue fortificada con niacina, hierro, zinc, tiamina, riboflavina y ácido fólico, se añadió albúmina de huevo y fue adicionada con vitaminas y minerales. Para que sean hot cakes instantáneos, ya que solo es necesario agregar leche para poder prepararlos

HARINA PARA HOT CAKES

La harina preparada para Hot Cakes es una mezcla de harina de trigo, con polvos leudantes entre otros ingredientes, añadidos en las cantidades necesarias para que quede una harina lista para usar (Despensa mexicana).

Pequeña crepa estadounidense, algo gruesa, que se come untada con mantequilla y cubierta con mermelada o miel de maple, o rellena de arándanos, plátano o fresas. A veces se prepara con harina de maíz. En Argentina, y en Latinoamérica en general, se refiere a una torta similar a una crepa, pero más gruesa, que se cubre con dulce de leche, miel, mermelada o chocolate. También se utiliza para preparaciones saladas (Larousse cocina).

MOLE

Del náhuatl mulli, salsa o guiso. Término que designa una infinidad de guisos complejos, por lo regular elaborados con una salsa espesa. El más conocido es un mole oscuro que en todo el país se conoce como mole poblano, aunque es importante aclarar que en el país se elaboran moles de colores, sabores y texturas diferentes, que son tan auténticos como el de la angélica ciudad. También define a sopas sustanciosas, como el mole de panza en Tlaxcala, el mole de olla o el michmole. Es sabido que en la época prehispánica se preparaban diversas salsas molidas y complejas, que al paso de los años y siglos se fueron modificando, refinando y adaptando a los nuevos ingredientes y técnicas culinarias (Muñoz, 2012).

PIPIÁN

Guiso de carne con una salsa hecha a base de pepitas de calabaza tostadas y molidas. Por lo general se utiliza carne de ave, aunque a veces se acompaña con carne de cerdo, res o conejo. Su consumo es tal, que al igual que el mole también se vende en polvo o en pasta para añadirle caldo y preparar el guiso. De acuerdo con la región del país se puede encontrar pipián verde, blanco y rojo. Es una salsa espesa y en algunas regiones tiene consistencia de sopa espesa. Se acostumbra desde la época prehispánica.

Los mexicas usaban salsas de pepitas de calabaza y chile para comer pescados o animales de caza. En los conventos virreinales, las monjas enriquecieron las salsas con hierbas aromáticas, especias, cerdo y pollo, para obtener el guiso que hoy conocemos (Muñoz, 2012).

CLARAS DE HUEVO LÍQUIDAS PASTEURIZADAS

Clara (albúmina de huevo), es la solución viscosa (coloidal) que rodea a la yema y se encuentra contenida entre la membrana del cascarón y la yema.

Productos de huevo líquidos, a aquellos que mantienen su actividad acuosa y fluidez natural hasta su venta al consumidor. Productos de huevo sometidos a otros procesos, a los que han sido sometidos a cualquier proceso químico o físico, no señalado en esta Norma (NOM-159-SSA1- 2016), para favorecer su conservación.

En este caso las claras de huevo son pasteurizadas, tratamiento térmico al que se someten los productos, consistente en una relación de temperatura y tiempo que garantice la destrucción de organismos patógenos y la inactivación de algunas enzimas de los alimentos (NORMA Oficial Mexicana NOM-159-SSA1- 2016).

CONSTRUCCIÓN DEL CONSISTÓMETRO DE BOSTWICK

Materiales:

- Placa de acero inoxidable grado alimenticio de 40 x 45 cm
- 2 resortes
- 2 elevadores
- 1 burbuja niveladora

Procedimiento:

Se trazó el molde del consistómetro para cortar la placa de acero inoxidable grado alimenticio.

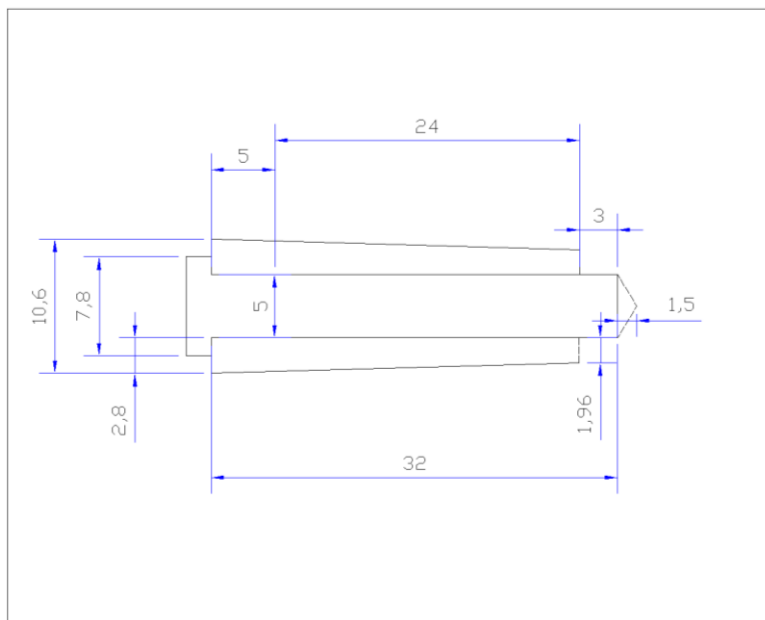


Figura 9. Trazo del molde para el consistómetro de Bostwick. Autoría propia.

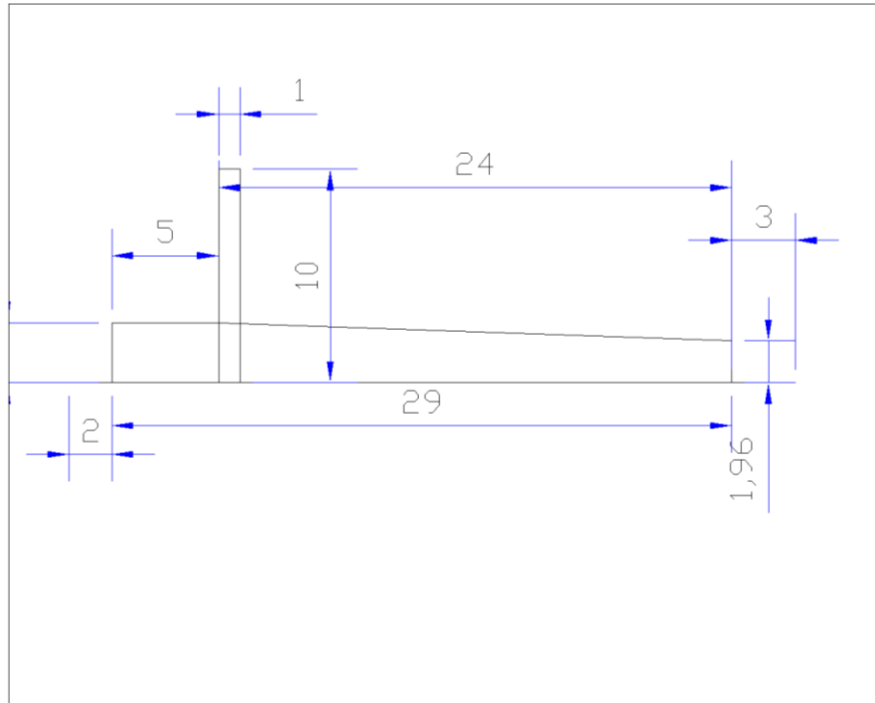


Figura 10. Trazo del molde para el consistómetro de Bostwick. Autoría propia

Se trazó en la placa de acero inoxidable grado alimenticio, la base del consistómetro para después ser cortada y doblada en un ángulo de 90 grados, para que tome la forma apropiada.



Imagen 1. Trazo del consistómetro en la placa de acero inoxidable, grado alimenticio. Foto del autor.



Imagen 2. Corte con Mini pulidor del molde del consistómetro. Foto del autor.



Imagen 3. Dobles a 90° de la placa del consistómetro. Foto del autor.

Se trazaron, cortaron y soldaron todas las partes faltantes del consistómetro de Bostwick.

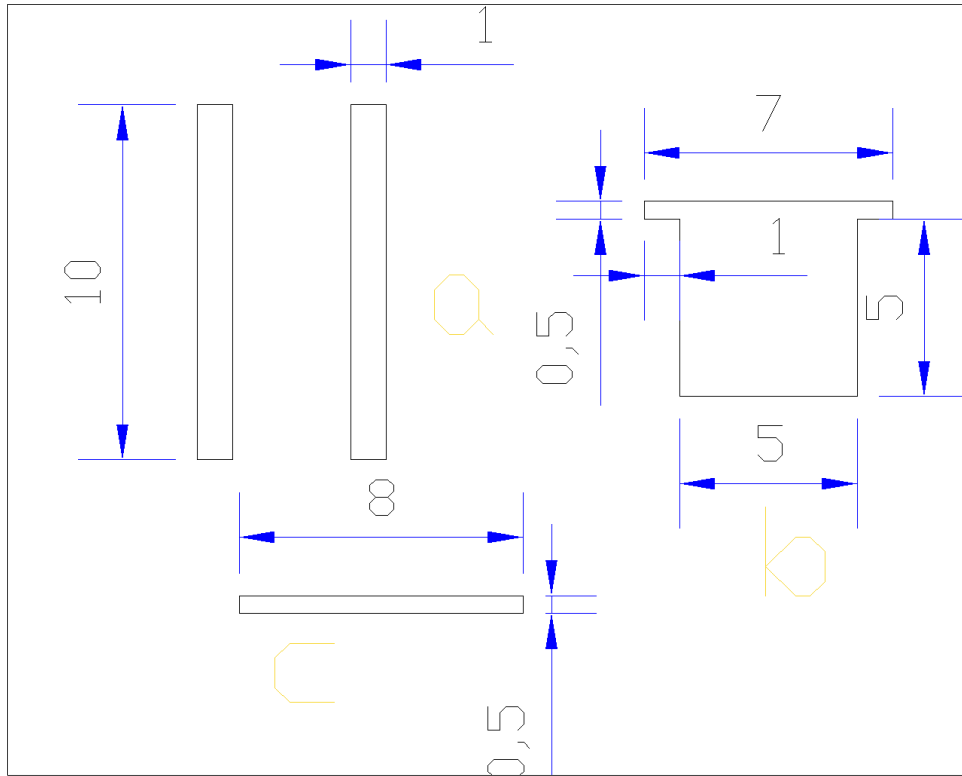


Figura 11. Trazo de postes (a), guillotina (b) y soporte de guillotina (c). Autoría propia



Imagen 4. Postes para la guillotina del consistómetro. Foto del autor.



Imagen 5. Guillotina y soporte de la misma. Foto del autor.



Imagen 6. Palanca de desplazamiento para la guillotina. Foto del autor.

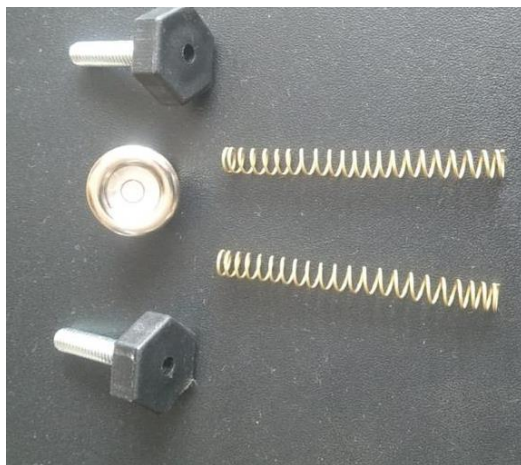


Imagen 7. Resortes, elevadores y burbuja niveladora. Foto del autor.

Se soldaron los postes a la base del consistómetro y se graduó con láser la base del consistómetro de Bostwick.



Imagen 8. Soldadura de los postes a la base del consistómetro. Foto del autor.



Imagen 9. Graduación marcada con láser. Foto del autor.

Se dieron los acabados finales y se montó el consistómetro.



Imagen 10. Aplicación de pasivante y limpiador de acero inoxidable. Foto del autor.



Imagen 11. Armado final. Foto del autor.



Imagen 12. Consistómetro de Bostwick terminado. Foto del autor.

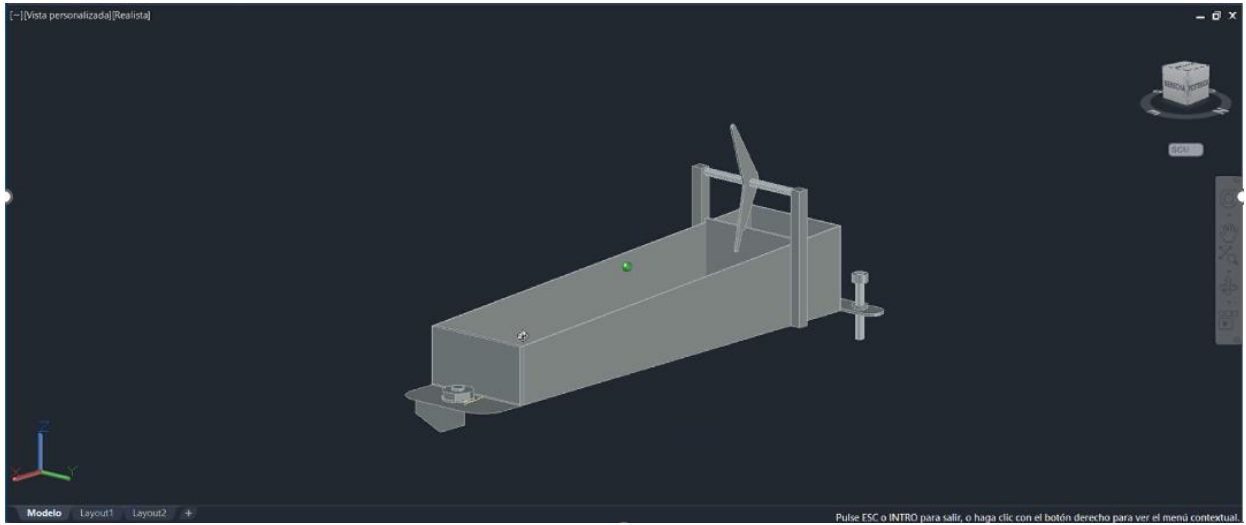


Imagen 13. Diseño del Consistómetro de Bostwick en AUTOCAD en 3D. Foto del autor

METODOLOGÍA

Se realizarán medidas de consistencia de los siguientes alimentos: miel, miel de maple, jarabes de agave, crema, leche condensada, yogur, puré de tomate, salsa de tomate tipo cátsup, harina para hot cakes convencional e instantánea, productos caseros como mole y pipián; y claras de huevo pasteurizadas.

Todas las mediciones se llevarán a cabo llenando la cámara pequeña que está separada por la guillotina, dejando correr la muestra por un lapso de 30 segundos y/o 60 segundos, todas las mediciones se realizarán por triplicado y de ser necesario algunas se harán por cuatriplicado.



Imagen 14. Alimentos empleados en las pruebas de consistencia. Foto del autor.

RESULTADOS

Tabla 1. Mediciones de la consistencia de las muestras de productos lácteos: crema y yogurt (de diferentes marcas).

TABLA DE RESULTADOS Y PROMEDIOS EN CENTIMETROS.						
PRODUCTO	MARCA	MUESTRA 1		MUESTRA 2		PROMEDIO cm/60 s
		1	2	3	4	
	TIEMPO	cm/60 s	cm/60 s	cm/60 s	cm/60 s	
CREMA	LALA	0.4	0.4	0.4	0.5	0.43
	ALPURA	7.3	7.6	7.5	7.8	7.55
	STA CLARA	0.1	0.1	0.1	0.1	0.10
YOGURT	YOPLAIT	3.9	3.9	3.9	3.9	3.90
	ALPURA	6.5	6.5	6.5	6.7	6.55
	STA CLARA	6.2	6.5	6.4	6.5	6.40

Tabla 2. Mediciones de la consistencia de las muestras de catsup y pures de tomate.

TABLA DE RESULTADOS Y PROMEDIOS EN CENTIMETROS.						
PRODUCTO	MARCA	MUESTRA 1		MUESTRA 2		PROMEDIO cm/60 s
		1	2	3	4	
	TIEMPO	cm/60 s	cm/60 s	cm/60 s	cm/60 s	
CATSUP	DEL MONTE	2.8	2.9	3.1	3.2	3.00
	CLEMENTE	4.0	3.9	3.5	4.5	3.98
	COSTEÑA	2.9	2.8	2.9	3.2	2.95
PURE	DEL FUERTE	5.9	5.8	5.9	5.9	5.88
	COSTEÑA	5.5	5.4	5.5	5.6	5.50
	KNOR	12.2	12.5	12.8	13.0	12.63

Tabla 3. Mediciones de la consistencia de las muestras de miel, miel de maple, leche condensada y jarabe de agave.

TABLA DE RESULTADOS Y PROMEDIOS EN CENTIMETROS.											
PRODUCTO	MARCA	MUESTRA 1				MUESTRA 2				PROMEDIO 30 seg	PROMEDIO 60 seg
		1		2		3		4			
		30 seg	60 seg	30 seg	60 seg	30 seg	60 seg	30 seg	60 seg		
MIEL	ARTESANAL	14.3	16.6	14.1	16.9	13.5	16	-	-	13.97	16.50
	CARO	13	15.5	12.6	15	13.2	15.5	-	-	12.93	15.33
	CARO-HOT	14	16.6	14.2	16.7	13.9	16.4	-	-	14.03	16.57
AGAVE	TIA	20.5	-	20.6	-	20.5	-	-	-	20.53	-
	OM	21	-	21.5	-	21.5	-	-	-	21.33	-
MAPLE	GREAT	17	20	16.3	19	16.5	19.6	-	-	16.60	19.53
	D'GARI	21.6	-	22	-	21.8	-	-	-	21.80	-
LECHE CONDENSAD	NESTLE	13.1	15.6	12.9	15.2	13.2	15.3	13.7	16.3	13.07	15.37
	PRONTO	6.1	7	6.6	7.4	6.3	7.2	7.9	9	6.33	7.20
A	AURRERA	10.3	12.2	10.1	12	10.3	12.1	-	-	10.23	12.10

Tabla 3.1 Medición de la consistencia de la muestra de miel de maple original

TABLA DE RESULTADOS Y PROMEDIOS EN CENTIMETROS.						
PRODUCTO	MARCA	MUESTRA 1		MUESTRA 2		PROMEDIO 20 seg
		1	2	3	4	
		20 seg	20 seg	20 seg	20 seg	
MAPLE	ORIGINAL	24	24	24	24	24

Tabla 4. Mediciones de la consistencia de las muestras de hot cakes instantáneos y de hot cakes de elaboración tradicional.

TABLA DE RESULTADOS Y PROMEDIOS EN CENTIMETROS.									
PRODUCTO	MARCA	MUESTRA 1						PROMEDIO cm/30 s	PROMEDIO cm/60 s
		1		2		3			
		cm/30 s	cm/60 s	cm/30 s	cm/60 s	cm/30 s	cm/60 s		
HOT CAKES INSTANTAN EOS	3 ESTRELLAS	10.1	11.8	9.8	10.6	10.1	10.8	10.00	11.07
	GREAT VALUE	8	8.9	8.4	9.5	9.3	10.9	8.57	9.77
	PRONTO	9.2	10	8	9.4	8.6	9.8	8.60	9.73
HOT CAKES	3 ESTRELLAS	11.6	12.8	10.9	11.9	11.4	12.6	11.30	12.43
	GREAT VALUE	13.9	15.5	13.9	15.7	13.9	15.6	13.90	15.60
	PRONTO	9.8	10.9	9.5	10.9	9.6	10.7	9.63	10.83

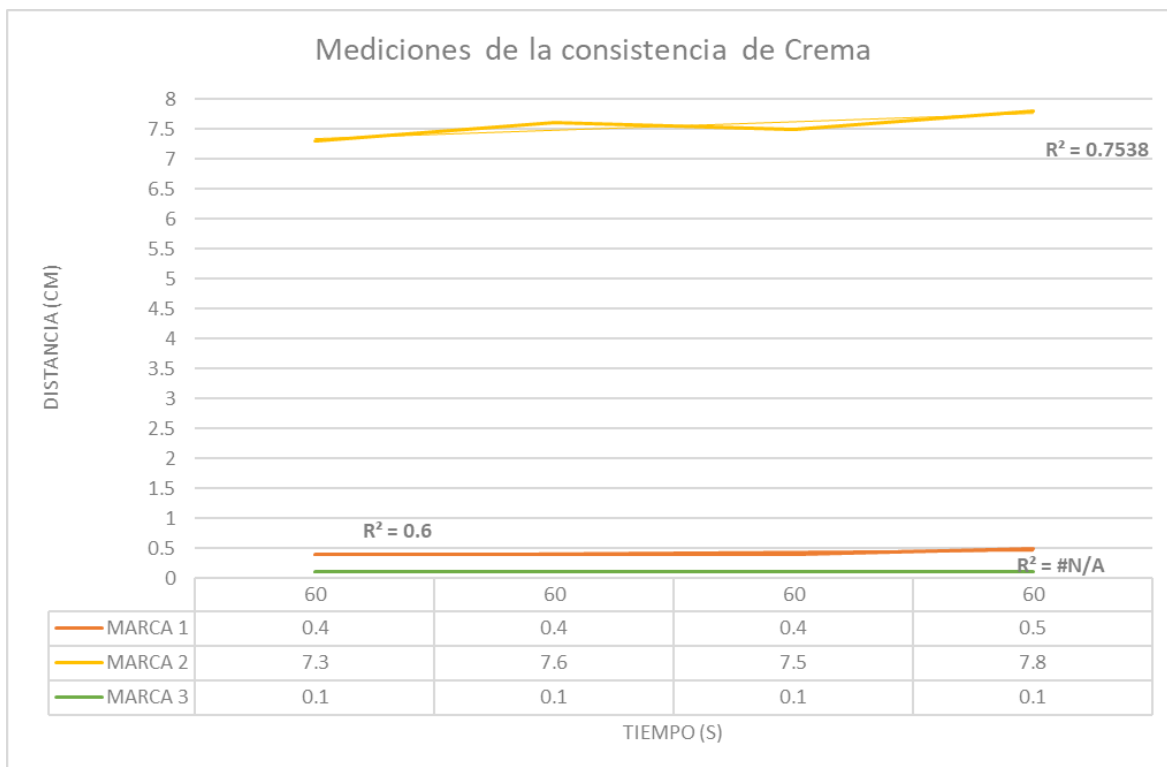
Tabla 5. Mediciones de la consistencia de la muestra de claras de huevo pasteurizadas.

TABLA DE RESULTADOS Y PROMEDIOS EN CENTIMETROS.						
PRODUCTO	MARCA	MUESTRA 1				PROMEDIO cm/1 s
		1	2	3	4	
	TIEMPO	cm/1 s	cm/1 s	cm/1 s	cm/1 s	
CLARAS DE HUEVO	SAN JUAN	24	24	24	24	24

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la Tabla 1, de las mediciones de la consistencia de los productos lácteos (crema y yogurt) los cuales fueron realizados con un tiempo de prueba de 60 segundos por cuadruplicado, debido a que a los 30 segundos la muestra no era representativa y después de emplear una muestra para dos pruebas la tercera, variaba más de 1 cm. Debido a esta variación se emplearon dos muestras, haciéndose duplicado de cada una. La interpretación gráfica de los resultados de la tabla 1, son los siguientes:

Gráfico 1. Mediciones de la consistencia en cremas



Las marcas que representa el grafico anterior se refiere a LALA® como marca 1, ALPURA® como marca 2 y STA CLARA® como marca 3. La marca 1 y 2 presentan un coeficiente de determinación (R^2) de 0.6 y 0.75 respectivamente que equivale al 60% y al 75%, lo que

indica una variabilidad media lo cual está ligado a los ingredientes de la crema, ya que su calidad y sus características están estrechamente ligado al contenido de grasa. Mientras que la marca 3 su coeficiente de determinación no aplica debido a que no hay variabilidad de los datos, debido a que las mediciones tienen nula capacidad predictiva porque no sufre cambios durante el tiempo que se dejó fluir la muestra. La manipulación de la muestra se refleja en que la crema de la marca 3 no sufre cambios aparentes debido a su consistencia homogénea y a su contenido de grasa, que respecto a las otras dos marcas es mayor, como se puede observar en la tabla 6.

Tabla 6. Contenido e ingredientes de las marcas de cremas empleadas

PRODUCTO	MARCA	PORCION (g)	PROTEINAS		GRASAS		GRASA DE		INGREDIENTES
			(g)	(g)	TOTALES (g)	AZUCARES (g)	LECHE		
CREMA	LALA®	30	0.7		7.5	1	25%	Almidón, gnetina y gomas	
	ALPURA®	30	0.7		7.46	1.06	25%	Maltodextrina y gomas	
	STA CLARA®	30	1.02		9.3	2.01		Caseína y gomas	

El contenido de grasa en la marca STA CLARA® es mayor respecto a las dos más restantes, contando como ingrediente a la caseína la cual es una proteína propia de la leche la cual brinda mayor consistencia a los productos lácteos ya que ayuda a la formación de coágulos junto con la grasa y reduce la separación del suero, por este motivo la crema STA CLARA® presenta mayor homogeneidad y no presentó fluidez durante las muestras realizadas.

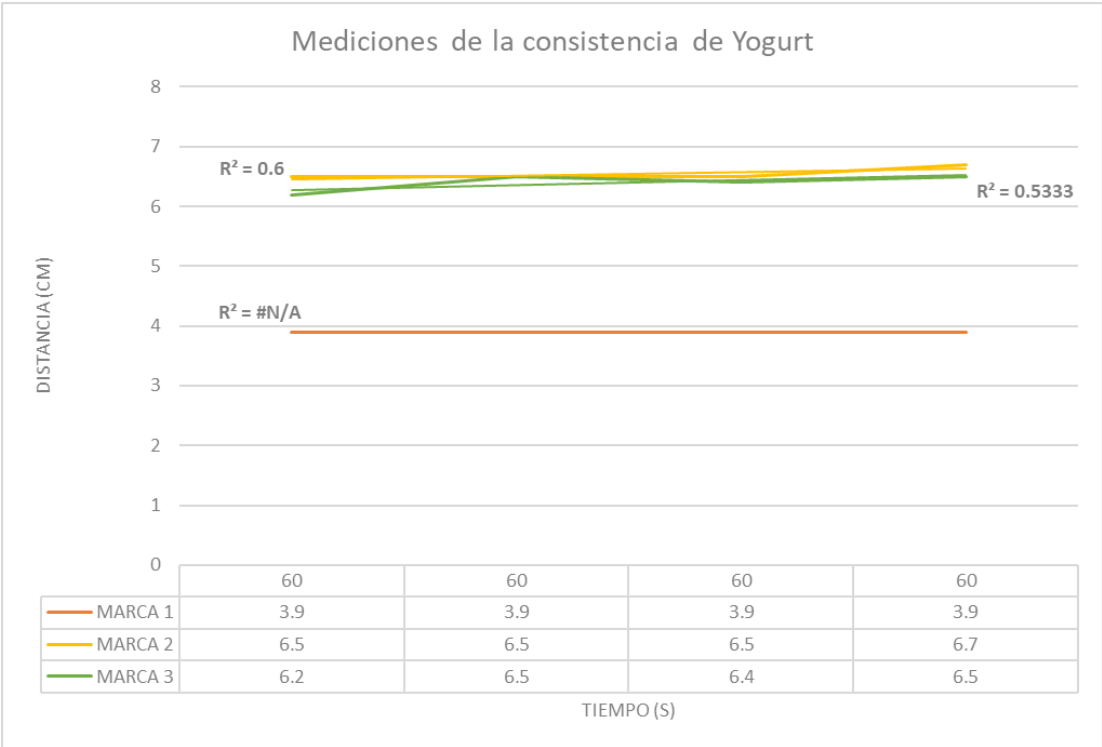
Para la marca LALA® el contenido el almidón es un ingrediente que las otras marcas no contienen, el cual es empleado para espesar en la industria alimentaria desde cremas y cremas pasteleras, debido a su capacidad para retener agua.

El almidón le da una consistencia agradable, presentando un inconveniente al momento de la manipulación, debido a que esta provoca que la muestra pierda el agua ligada por el almidón perdiendo homogeneidad y la consistencia deseada. Mientras que la marca

ALPURA® es mucho más líquida comparada con las otras dos marcas empleadas y no presenta deformaciones o pérdida de homogeneidad en las pruebas realizadas.

Para las pruebas realizadas en yogurt se emplearon tres marcas representativas, las pruebas fueron realizadas por cuatriplicado a consecuencia de las variaciones observadas durante la parte experimental, estos resultados se expresan en el gráfico 2, las cuales fueron realizadas por cuatriplicado, dejando fluir cada muestra por un tiempo de 60 segundos.

Gráfico 2. Mediciones de la consistencia de Yogurt



Las marcas que representa el grafico anterior hace referencia a YOPLAIT® como marca 1, ALPURA® como marca 2 y STA CLARA® como marca 3. Las marcas 2 y 3 presenta un coeficiente de determinación de 0.6 y 0.53 que equivalen a 60% y 53% respectivamente; indicando una variabilidad media de los datos, lo cual significa que los datos tienen una

capacidad media predictiva; mientras que la marca 1 no presenta un coeficiente de determinación debido a que las pruebas realizadas tienen nula capacidad predictiva, por este motivo no podría emplearse para hacer determinar la distancia recorrida en un tiempo determinado.

El contenido total de materia seca, especialmente de la proporción de caseína y proteínas del suero, da lugar a un yogur de más consistencia, reduciéndose la tendencia a la separación del suero (Bylund, 1996).

Tabla 7. Contenido e ingredientes de las marcas de yogurt empleados

PRODUCTO	MARCA	PORCION (g)	PROTEINAS	GRASAS	AZUCARES (g)	SODIO (mg)	INGREDIENTES
			(g)	TOTALES (g)			
YOGURT	YOPLAIT®	100	3.5	2.2	11.6	58	Almidón y BAL
	ALPURA®	100	4	4	4.6	61	Grenetina, gomas y BAL
	STA CLARA®	100	4.224	1.96	6.76	52.8	Almidón, grenetina, gomas y BAL

BAL: Bacterias de ácido láctico

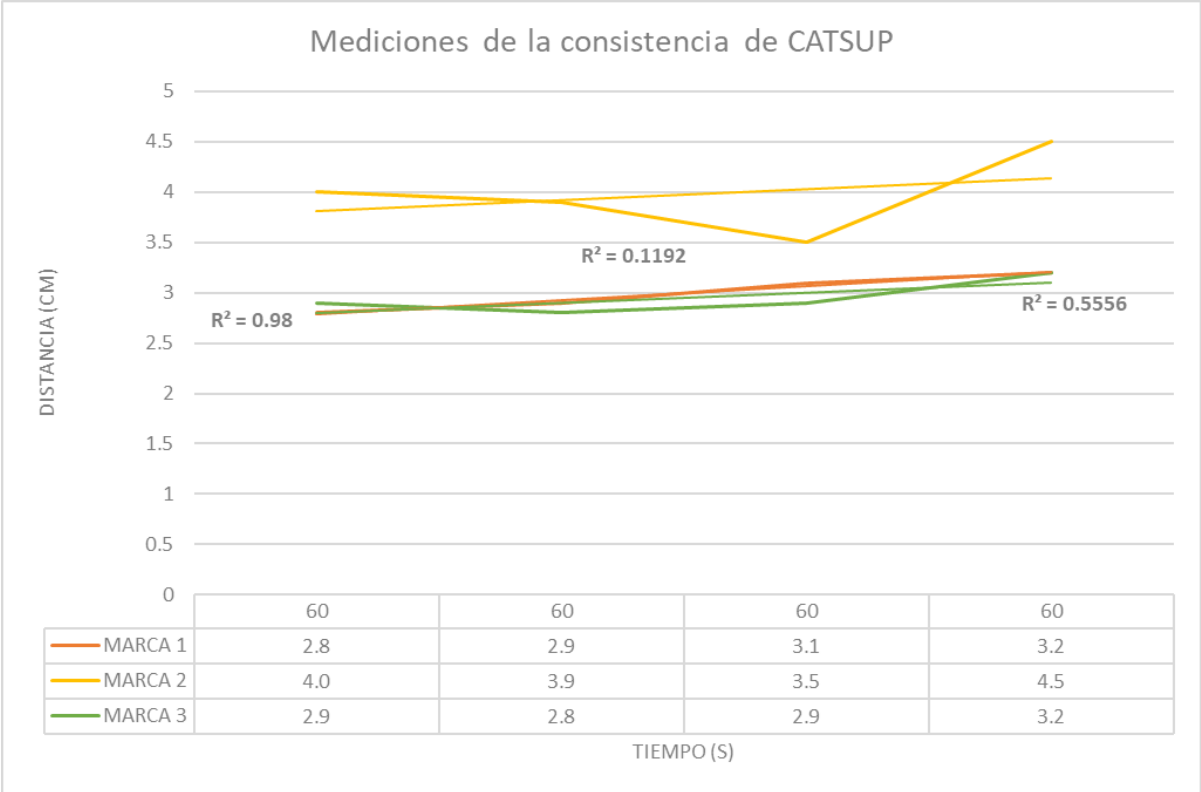
En la tabla 7 se observan los ingredientes más representativos de los productos empleados, demostrando que las proteínas que contiene el suero le brindan una mejor consistencia al yogurt ya que tanto la marca ALPURA® y STA CLARA® contienen 4g de proteína y 4.224 g de proteína por cada 100g de producto respectivamente.

Para la marca el espesante empleado es el almidón, siendo un yogurt con menor consistencia comparado con los otros dos empleados, su punto positivo fue que durante todas las mediciones no perdió homogeneidad y fluyo la misma distancia.

En el gráfico 3 se representan los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en tres marcas diferentes de salsa cátsup y se hace una comparación de los contenidos de estas salsas y sus ingredientes más representativos, dichos ingredientes afectan de forma

directa su consistencia, dejando por 60 segundos fluir la muestra, repitiendo este procedimiento por cuatriplicado para cada marca.

Gráfico 3. Mediciones de la consistencia de Cátsup



Las marcas que representa el grafico anterior hace referencia a DEL MONTE® como marca 1, CLEMENTE® como marca 2 y LA COSTEÑA® como marca 3. El gráfico anterior permite analizar cada una de las marcas y las variaciones entre las pruebas realizadas, donde el coeficiente de determinación R² de la marca 1 es de 0.98 o 98% lo cual indica que los datos no presentan una alta variabilidad en comparación a la marca 2 cuyo coeficiente de determinación es de 0.11 o 11%, lo cual indica que los datos presentan una alta variabilidad.

La marca 1 tiene una alta capacidad predictiva, con la ecuación lineal que nos brinda el gráfico se podría calcular la distancia recorrida en un tiempo deseado.

El coeficiente de determinación para la marca 3 es de 0.55 o 55% dando como resultado una capacidad predictiva media, estas variaciones se deben a los ingredientes que cada marca emplea y a las cantidades de aditivos que añaden a sus recetas; pero también están relacionados con la manipulación de la muestra y el manejo del consistómetro.

Tabla 8. Contenido e ingredientes de las marcas de cátsup empleadas

PRODUCTO	MARCA	PORCION (g)	PROTEINAS	GRASAS	AZUCARES (g)	SODIO (mg)	INGREDIENTES
			(g)	TOTALES (g)			
CATSUP	DEL MONTE®	100	1	0	24	890	Pasta de tomate, vinagre y fibra de
	CLEMENTE®	100	0.7	0	20.4	991	Pasta de tomate y
	COSTEÑA®	100	2	0	24	1300	Pure de tomate,

El azúcar juega un papel importante en las salsas cátsup debido a que su contenido aumenta la consistencia del producto, las marcas DEL MONTE® y LA COSTEÑA® al tener un mayor contenido de este ingrediente tienen mejor consistencia en comparación del cátsup de la marca CLEMENTE®.

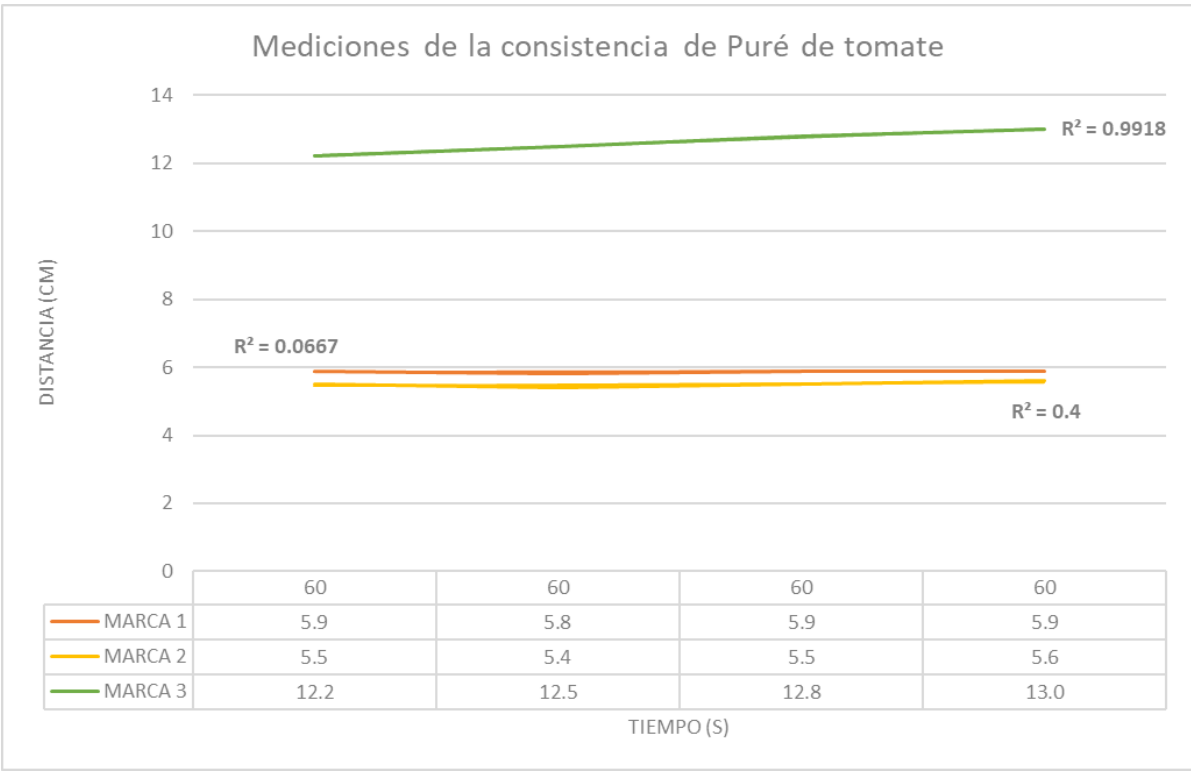
Para la elaboración de estas salsas pueden emplearse tomates maduros, que pueden encontrarse en cualquiera de sus formas: tomate natural, zumo de tomate, puré, pasta o concentrado de tomate, la elección de la forma en la que el tomate es empleado afecta la consistencia de la salsa debido a la concentración final del producto.

El uso de tomate concentrado puede contribuir a obtener una salsa con mayor consistencia e intensidad de color, sabor y aroma; esta debería ser la forma más habitual de emplear el tomate al momento de su elaboración, pero las etiquetas de estos productos mencionan pasta de tomate o puré de tomate.

El no conocer el porcentaje en que los pures o pastas son empleados en estos productos y las gomas que son empleadas para espesarlas explica porque las tres marcas presentan una consistencia tan distinta, esto quedo claro al realizar la parte experimental y comparar los resultados obtenidos.

En el gráfico 4 y tabla 9 se expresan los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en tres marcas distintas de puré de tomate y sus contenidos e ingredientes representativos, para la parte experimental se realizó por cuatuplicado y se dejó fluir la muestra por 60 segundos.

Gráfica 4. Mediciones de consistencia de puré de tomate.



Las marcas que representa el grafico anterior se refiere a DEL FUERTE® como marca 1, LA COSTEÑA® como marca 2 y KNOR® como marca 3. La marca 3 tiene un coeficiente de

determinación de 0.99 o 99% lo cual indica que los datos no presentan una alta variabilidad, mientras que la marca 2 presenta un coeficiente de determinación de 0.4 o 40 % pero la marca 1 presenta 0.06 o 6% siendo una variabilidad muy alta de este último y media para la marca 2.

Lo cual podría indicar que los ingredientes no están completamente homogéneos, la presencia de los solutos e incluso el manejo al momento de tomar la muestra y realizar las pruebas.

Tabla 9. Contenido e ingredientes de las marcas de puré de tomate empleados

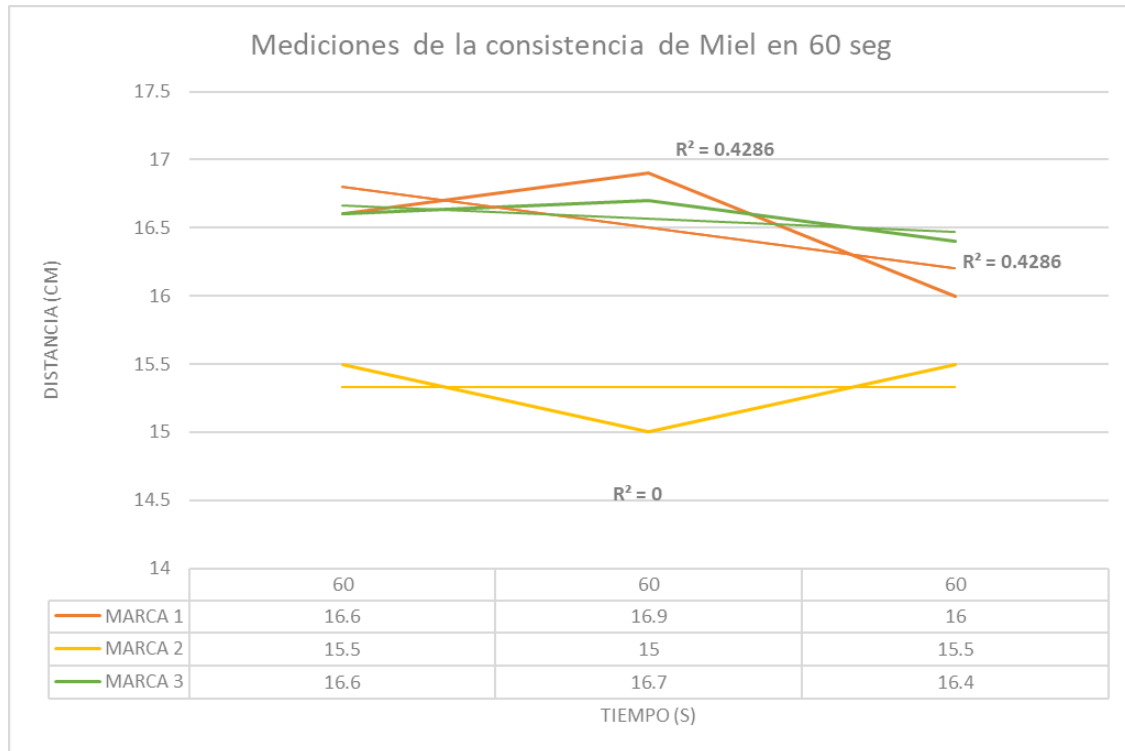
PRODUCTO	MARCA	PORCION (g)	PROTEINAS	GRASAS	AZUCARES (g)	SODIO (mg)	INGREDIENTES
			(g)	TOTALES (g)			
PURE	DEL FUERTE®	100	1.2	0	3.4	290	Puré de tomate y almidón
	COSTEÑA®	100	1	0	4	320	Puré de tomate y condimentos
	KNOR®	100	2.8	1.1	1.9	208	Pasta de tomate y condimentos

Para la marca DEL FUERTE® donde el contenido de azúcar es más alto brindando una mejor constancia en comparación con la marca KNOR®, siendo este último el que presento un mejor resultado en las pruebas realizadas. Este resultado podría estar relacionado al ingrediente que se usa con la finalidad de espesar el puré de tomate, ya que del mismo modo que en la crema pierde la capacidad de retener agua y comienza a perderla, provocando que el producto este menos consistente y deje de estar homogéneo durante su manipulación.

Para la marca LA COSTEÑA® presento cambios durante su manipulación y esto provoco que los resultados obtenidos fueran tan variables y no se adapten al 100%.

Las pruebas realizadas en miel fueron complicadas debido a que con cada cambio de muestra y el constante lavado del consistómetro presentaron variaciones importantes, esto está reflejado en el gráfico 5 y 5.1 donde se dejó fluir la muestra por 60 segundos y por 30 segundos respectivamente para así poder determinar cuál era el tiempo más fiable del flujo de la muestra.

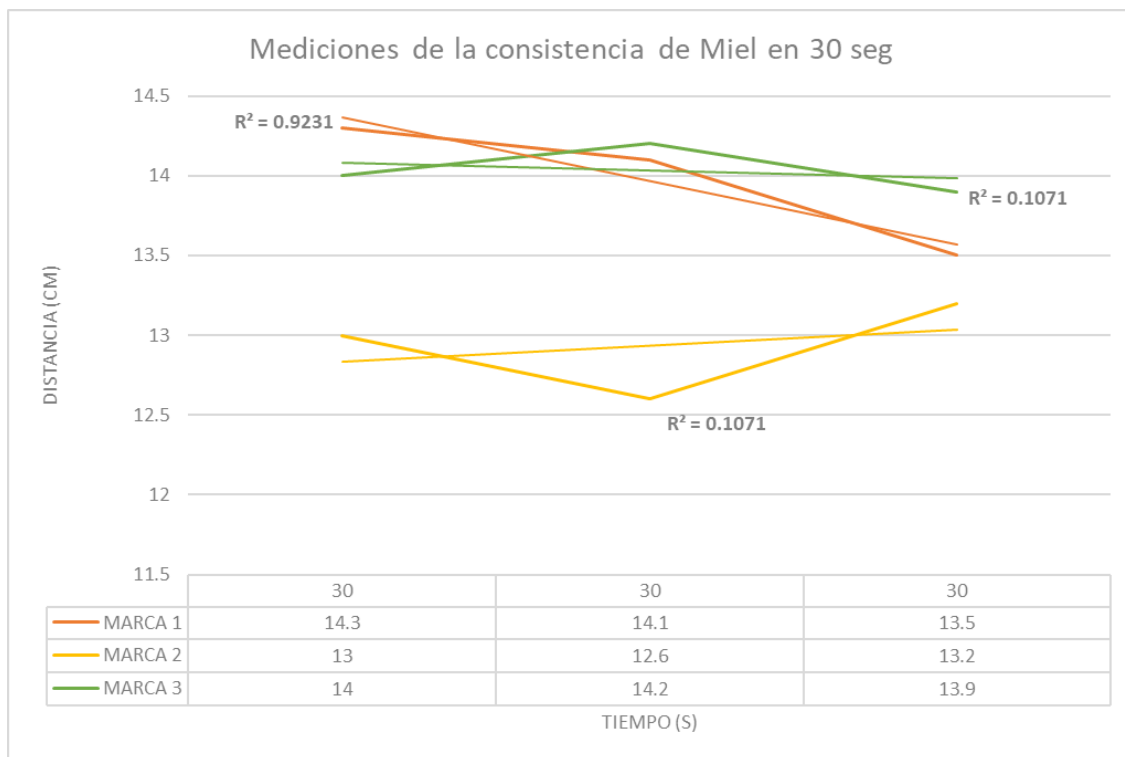
Gráfico 5. Mediciones de consistencia de miel a los 60 segundos.



Las siguientes graficas 5 y 5.1 hace referencia a las siguientes marcas donde la marca 1 es MIEL ARTESANAL, CARO® como marca 2 y CARO-HOT® como marca 3. En el gráfico 5, tanto la marca 1 como la marca 3 presentan el mismo coeficiente de determinación de 0.42 que equivale al 42% mostrando que los datos tienen una variabilidad media, es podría ser resultado que la miel al manipularse se va calentando y que el consistómetro de Bostwick entre cada prueba debe ser lavado y secado lo cual cambiaba la temperatura de este; lo cual causaba una variación en las mediciones realizadas.

Cuando el coeficiente de determinación es igual a 0 indica que no hay una relación entre los datos obtenidos como se demuestra con los resultados obtenidos en la marca 2, pero este modelo solo está considerando una variable que es la distancia, pero existen otras variables que afectan este resultado como lo son la temperatura ambiental y la del instrumento por poner un ejemplo; que afectan las mediciones.

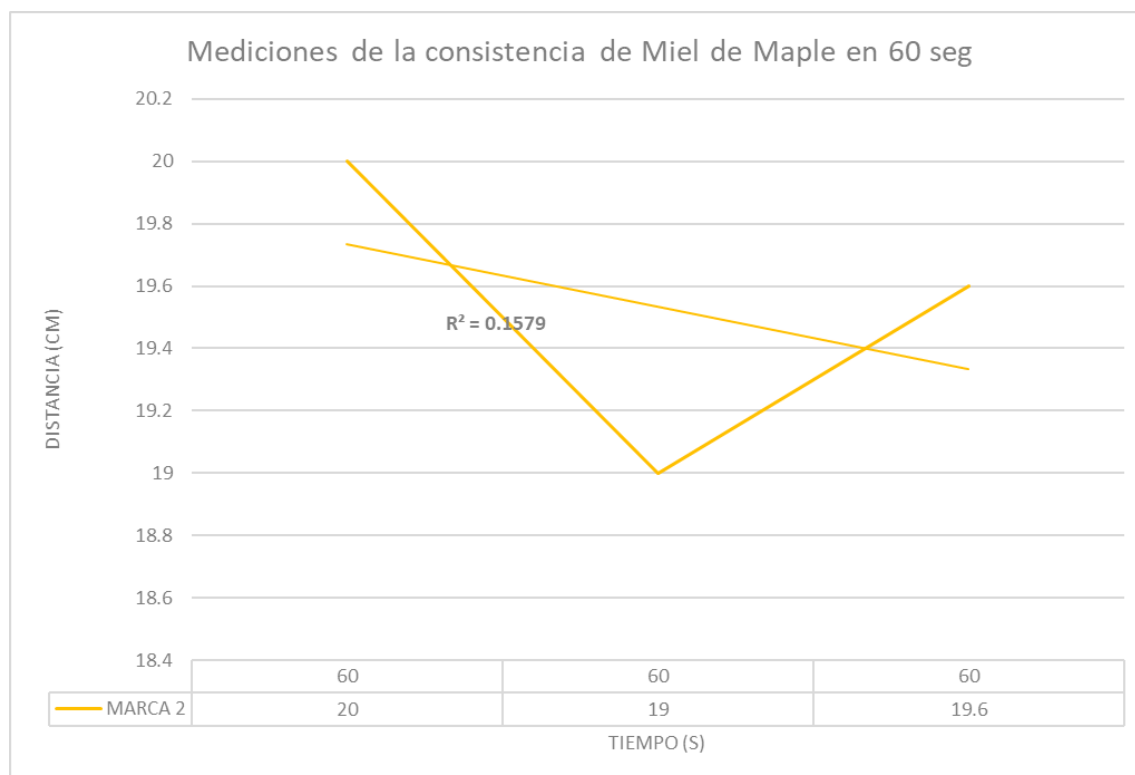
Gráfica 5.1. Mediciones de consistencia de miel a los 30 segundos.



En comparación a las mediciones tomadas a los 30 segundos, las marcas 2 y 3 presentan el mismo coeficiente de determinación de 0.10 o 10% indicando que tienen una alta variabilidad de los datos, mientras que la marca 1 es de 0.92 o 92% indicando que no hay una alta variabilidad. En las mediciones hechas a los 30 segundos se obtuvieron mejores resultados en la marca 1; esto podría relacionarse con el hecho de que se empleó una miel 100% artesanal y que presentó una consistencia más homogénea.

Para las mediciones de miel de maple solo se logró realizar con una marca a los 60 segundos debido a que, en las otras, cubría por completo el consistómetro a los 30 segundos, por su consistencia líquida, siendo la marca Original la que cubrió por completo el canal de flujo a los 20 segundos.

Gráfico 6. Mediciones de consistencia de miel de maple en 60 segundos.



La marca que representa el grafico anterior se refiere a GREAT VALUE®, donde se obtuvo un coeficiente de determinación de 0.15 o 15%, indicando que tiene una alta variabilidad los datos obtenidos, de esta miel de maple se realizó una medición hasta los 60 segundos ya que presentó más resistencia a fluir y su consistencia fue más espesa.

Tabla 10. Contenido e ingredientes de las marcas de miel de maple empleadas

PRODUCTO	MARCA	PORCION (ml)	AZUCARES (g)	SODIO (mg)	INGREDIENTES
MAPLE	ORIGINAL®	100	0	0	Jarabe de maple puro
	GREAT®	100	75	40	Glucosa, azúcar y caramelo clase IV
	D'GARI®	100	92.3	114.3	Jarabe de maíz, caramelo clase IV y carboximetilcelulosa

Gráfico 6.1. Mediciones de consistencia de Miel de maple en 30 segundos.

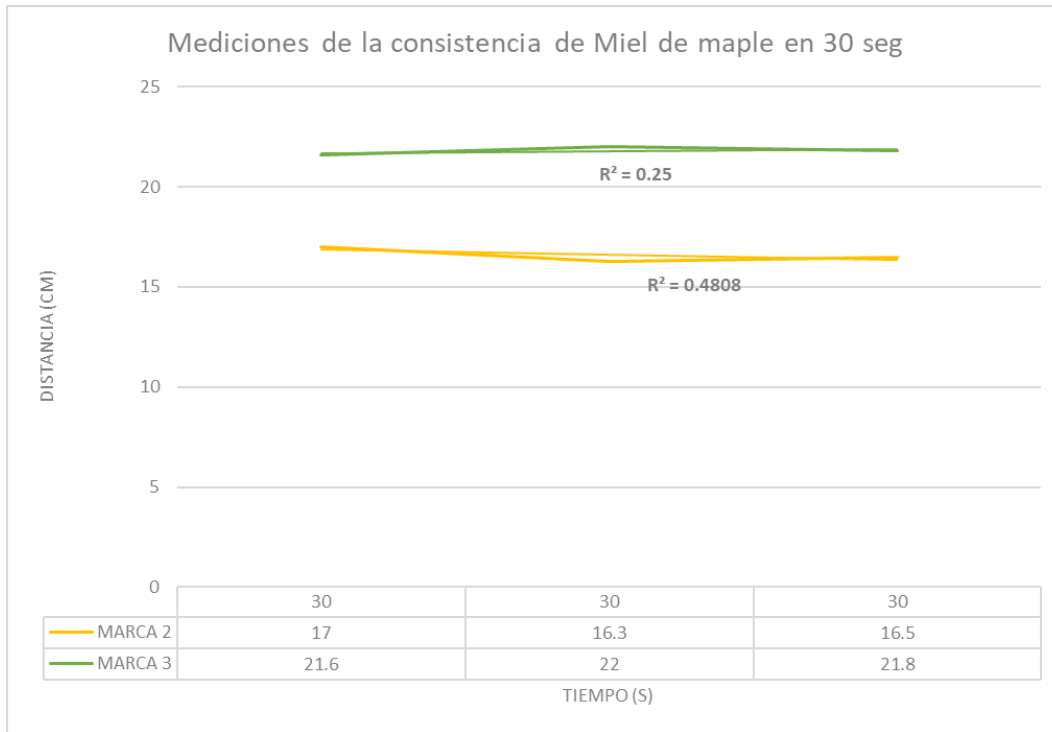
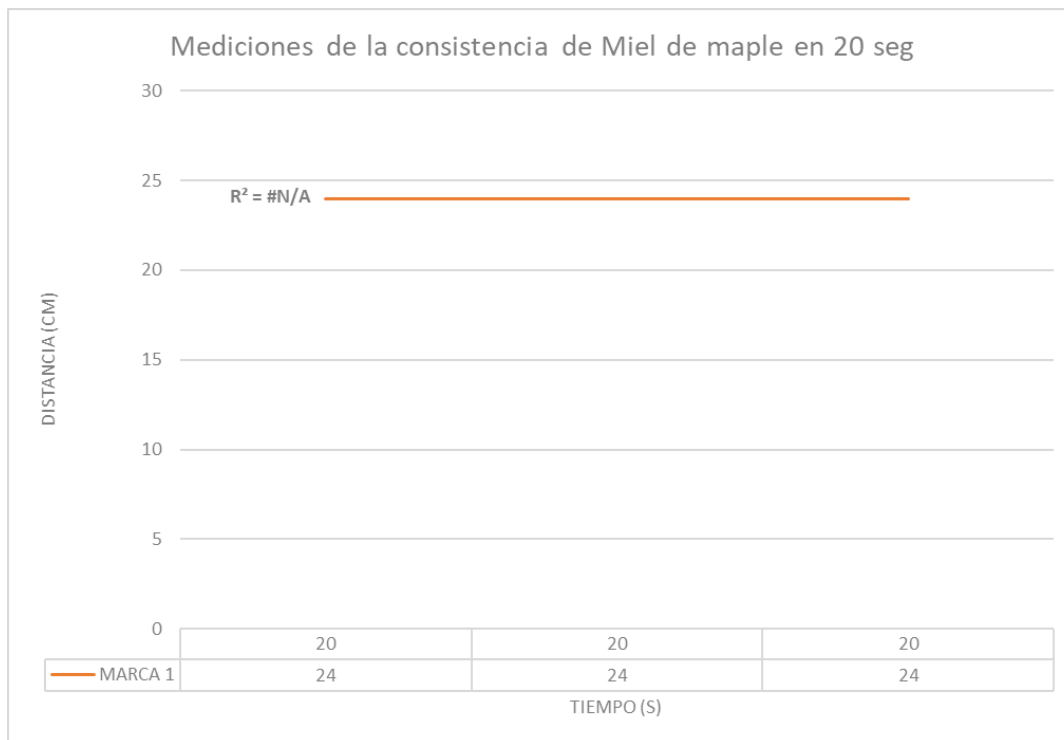


Gráfico 6.2 Medición de consistencia de miel de maple en 20 segundos.

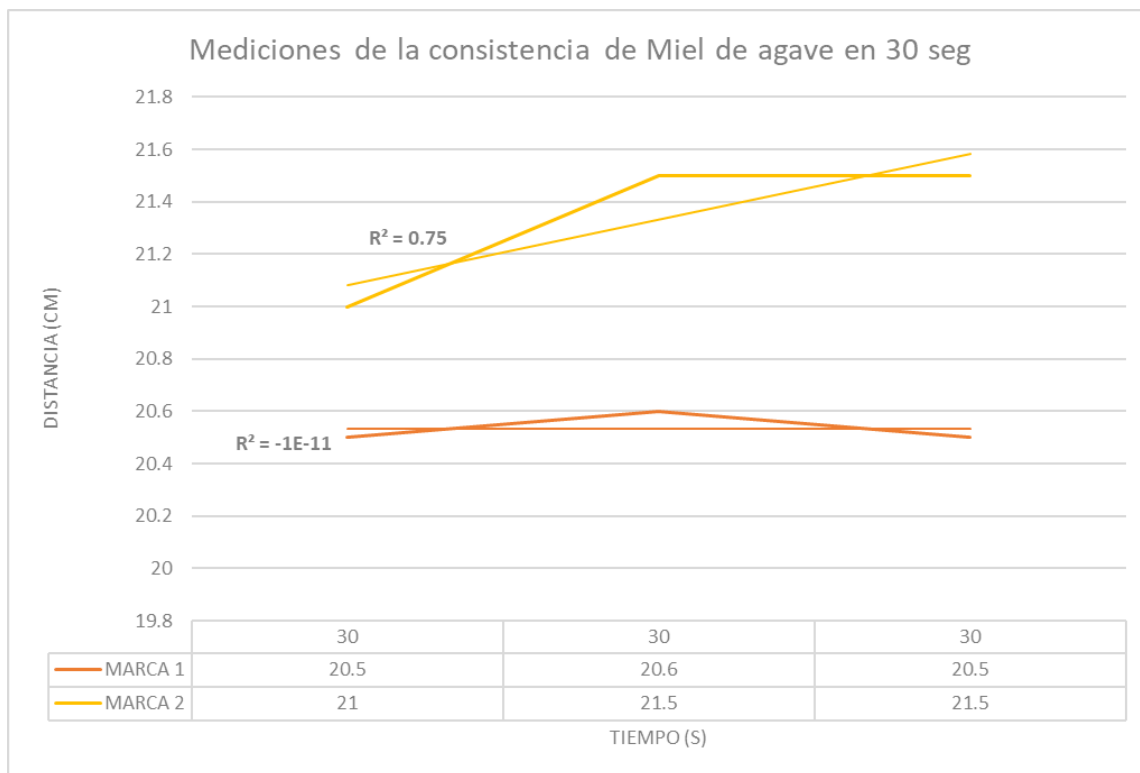


Las marcas que representan los gráficos 6.1 y 6.2 se refieren a GREAT VALUE® como marca 2 y D´GARI® como marca 3 y ORIGINAL® como marca 1, respectivamente. Para las mediciones de consistencia de las mieles de maple se empleó una miel que es 100% original, ya que es exportada de Canadá que es el país productor de miel de Maple, a diferencia de las otras mieles de maple esta resultó ser mucho más líquida comparada contra las que se comercializan en el mercado, siendo jarabes con sabor a maple. Por eso las pruebas realizadas en esta miel, la cual alcanzo el límite del consistómetro a los 20 segundos presentando un coeficiente de determinación que no se aplica, en el caso de marca 1.

Mientras que para las marcas restantes se encuentra en 0.48 y 0.25 siendo el 48% y 25 % para las marcas 2 y 3 respectivamente; presentando en la primera mencionada una variabilidad media, pero para la última es una variabilidad alta. Considerando que la concentración de azúcares, la manipulación, la temperatura ambiental y del consistómetro como factores que favorecen estas variaciones.

Las pruebas realizadas en mieles de agave solo se dejó fluir la muestra por treinta segundos, debido a que pasado el tiempo las muestras comenzaban a deformarse significativamente.

Gráfico 7. Mediciones de consistencia de miel de agave en 30 segundos.



Ambos jarabes son 100% puros de agave, el empaque no marca aditivos extras, pero al dejarlos fluir se observaron grandes diferencias entre las dos marcas empleadas para las pruebas de consistencia.

Las marcas que representa el grafico anterior se refiere a TIA® como marca 1 Y OM® como marca 2. Para las mediciones de jarabe de agave se emplearon solos dos marcas las cuales presentan un coeficiente de determinación para la marca 2 de 0.75 o del 75% lo cual indica que el porcentaje de variabilidad no es tan alto, pues explica en un 75% lo que pasa en las mediciones.

Mientras que la marca 1 presenta un coeficiente de determinación negativo, esto se presenta debido a que mientras una de las dos variables incrementa la otra disminuye dando como resultado que no existe una correlación con los datos obtenidos y tienen una capacidad predictiva nula.

Durante las pruebas realizadas en estos jarabes presentaron gran resistencia a fluir, además, se deformaban de manera significativa y dejaban de cumplir el borde cóncavo que la literatura marca para poder tomar los valores como reales y por esta misma razón solo se tomaron las mediciones a los 30 segundos pues pasado este tiempo la deformación comenzaba y los resultados eran erróneos.

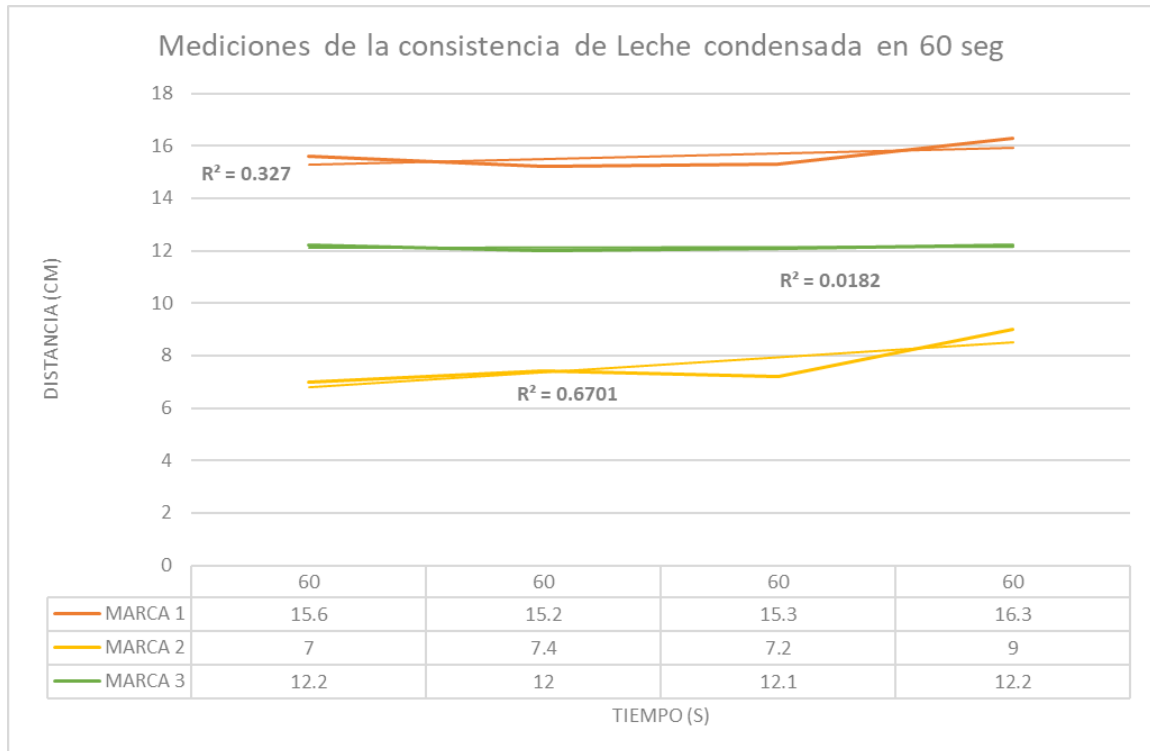
En la Tabla 11 se encuentra el contenido y los ingredientes más significativos de las leches condensadas empleadas para las pruebas, del mismo modo los resultados son expresados en los gráficos 8 y 8.1 donde se representa las pruebas tomadas a los sesenta y treinta segundos respectivamente.

Tabla 11. Contenido e ingredientes de las marcas de leche condensada empleadas

PRODUCTO	MARCA	PORCION (g)	PROTEINAS (g)	GRASAS TOTALES (g)	AZUCARES (g)	SODIO (g)	INGREDIENTES
LECHE CONDENSADA	NESTLE®	100	6.4	5	59	100	Grasa butírica y azúcares añadidos
	PRONTO®	100	3	4	62	199	Grasa vegetal, almidón, emulsificantes, espesantes.
	AURRERA®	100	2.6	10.2	55.7	72	Grasa vegetal, azúcares y espesantes

Las dos primeras marcas de la Tabla 11 emplean en su formulación leche descremada pasteurizada a comparación de la tercera marca, la cual emplea producto lácteo reconstituido y condensado.

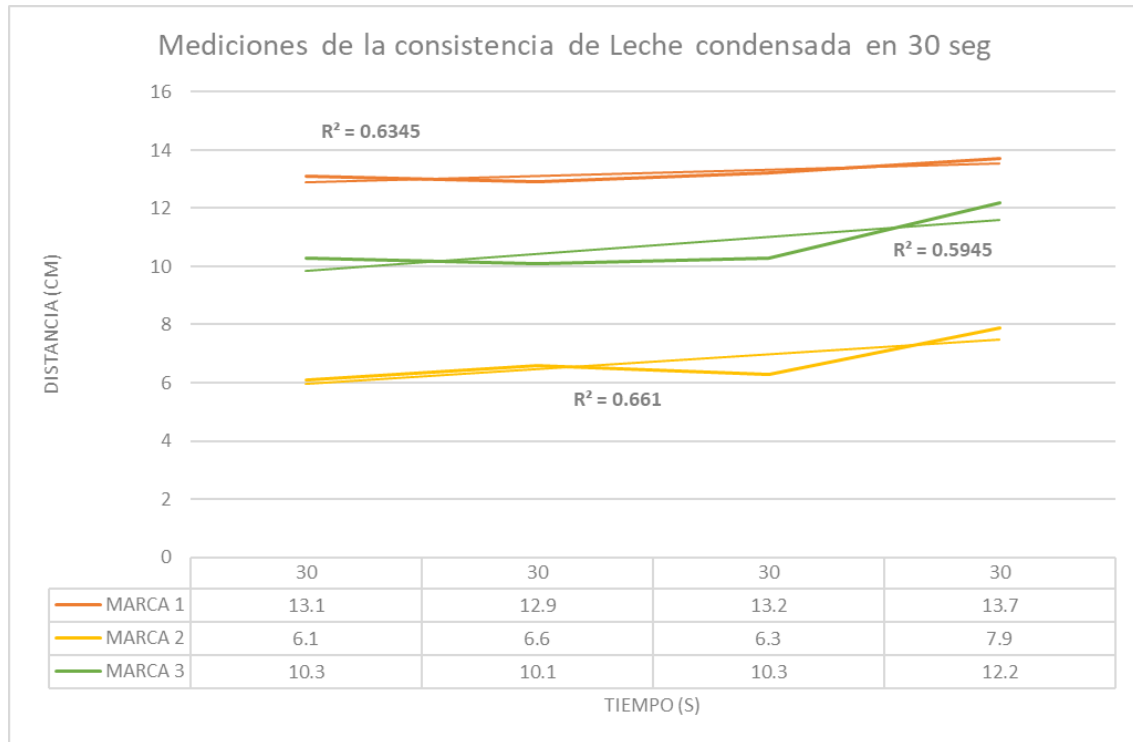
Gráfico 8. Mediciones de consistencia de leche condensada en 60 segundos.



Las marcas que representa los gráficos 8 y 8.1 se refiere a NESTLE® como marca 1, PRONTO® como marca 2 y AURRERA® como marca 3, mostrando una menor variabilidad de datos la marca 3 de 0.67 que representa el 67%.

Mientras que la marca 1 tiene el 32% de variabilidad ya que su coeficiente de determinación es de 0.32, pero la marca 3 presenta una alta variabilidad de datos debido a que su porcentaje no llega ni al 10% siendo este de 1%, con un coeficiente de determinación del 0.01. Esta inestabilidad de los datos está relacionada con la formulación de la leche condensada ya que la cantidad de azúcares añadidos le brindan mayor o menor consistencia, de la misma forma, el tiempo que se deja fluir la muestra afecta el resultado ya que la muestra se va deformando, esto se comprobó con las pruebas realizadas a los 30 segundos que presentan una menor variabilidad de los datos.

Gráfico 8.1. Mediciones de consistencia de Leche condensada en 30 segundos.

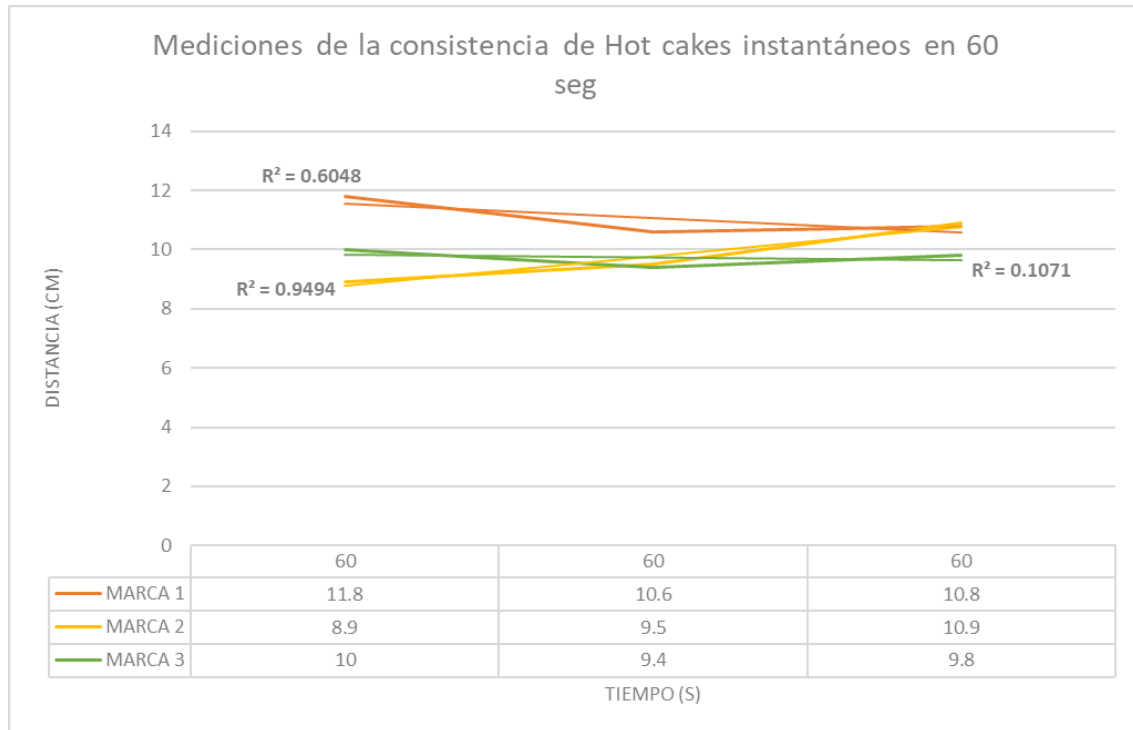


Como se mencionó en el gráfico 8, la muestra de la marca 2 tiene una menor variabilidad siendo esta del 66% siendo muy similar a la tomada a los 60 segundos por lo que se puede observar que su fluidez es constante y que no se deforma de manera significativa a lo largo del tiempo. Para las marcas 1 y 3 su variabilidad de los datos es menor superando el 50%, siendo de 63% y 59% respectivamente, con un coeficiente de determinación de 0.63 y 0.59.

Al analizar el contenido de la marca PRONTO® se puede observar que contiene más espesantes y emulsificantes comparado con las marcas restantes, estos le brindan una consistencia más homogénea y debido a esto la muestra fluye de manera uniforme y lo cual se comprueba ya que en las pruebas realizadas su coeficiente de determinación es el mismo, a los treinta y sesenta segundos.

En el presente trabajo se incluyeron las masas para hot cakes instantáneos debido a su preparación sencilla, solo se necesita incorporar leche al empaque, agitar vigorosamente y se tienen listo la masa. Los resultados se muestran en los gráficos 9 y 9.1.

Gráfico 9. Mediciones de consistencia de hot cakes instantáneos en 60 segundos.



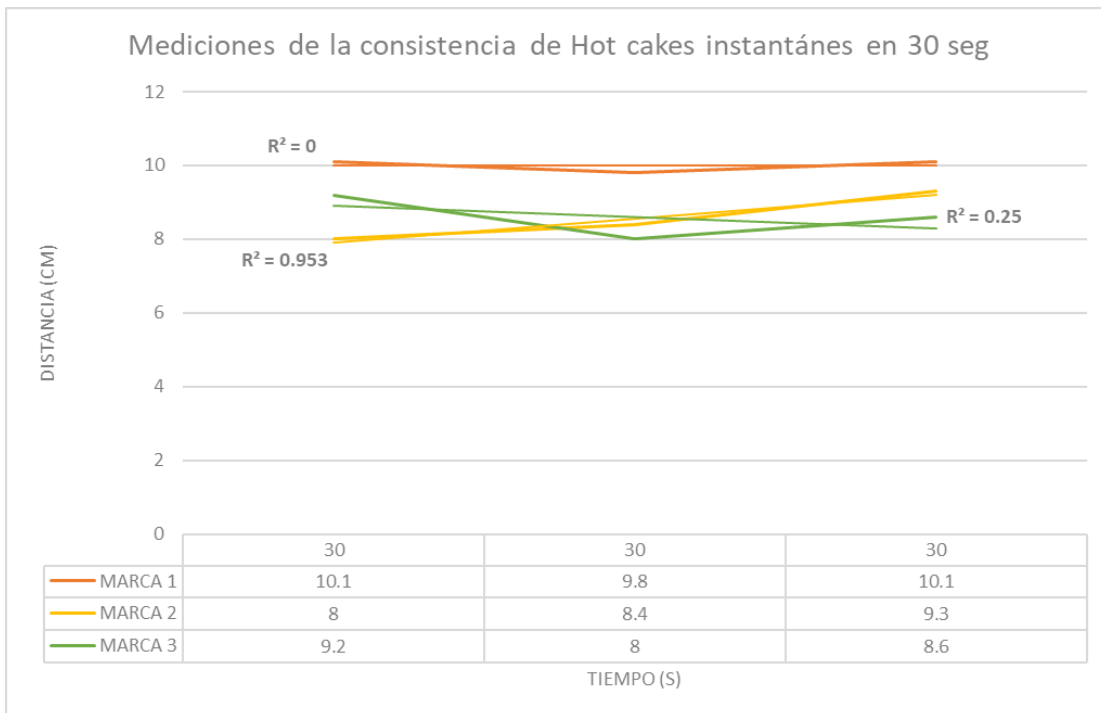
Las marcas que representa los gráficos 9 y 9.1 se refiere a 3 ESTRELLAS® como marca 1, GREAT VALUE® como marca 2 y PRONTO® como marca 3.

La marca 2 es la más acercada al 100%, lo cual nos indica una variabilidad de los datos muy pequeña con un coeficiente de determinación del 0.94, el cual representa el 94%; en estas pruebas se observó de manera general que el tiempo de agitación hacía muy cambiantes los datos obtenidos por lo que se homogenizo las tres mezclas de manera semejante para evitar las variaciones.

Las marcas 1 presento una variabilidad de los datos del 60% estando por encima de la media con un coeficiente de determinación de 0.60; mientras que la marca 3 presento un

porcentaje de variación alto del 10% ya que el coeficiente de determinación para esta prueba fue de 0.10.

Gráfico 9.1. Mediciones de consistencia de hot cakes instantáneos en 30 segundos.



Como se observa en el gráfico 9 y 9.1, la marca dos es la que presenta menor variabilidad de los datos con un coeficiente de determinación de 0.95 lo que representa el 95%, demostrando una capacidad predictiva alta, si se quisiera calcular la distancia recorrida en un tiempo determinado para la muestra analizada. El coeficiente de determinación fue de 0.25 en la muestra de la marca 3, mostrando una mejora del 10%, obteniendo una variabilidad de datos de 20%.

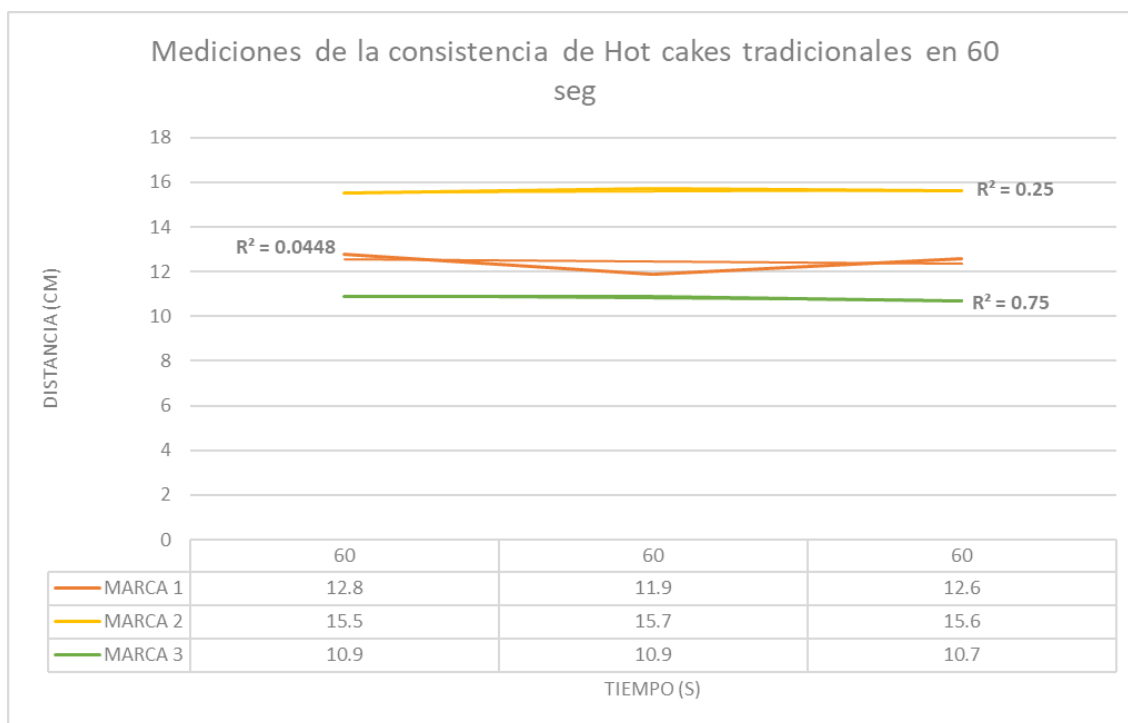
Para la marca 1 al ser el coeficiente de determinación 0, indica que presenta nula capacidad predictiva.

Tabla 12. Contenido e ingredientes de las marcas de hot cakes instantáneos empleados.

PRODUCTO	MARCA	PORCION (g)	PROTEINAS	GRASAS	AZUCARES (g)	SODIO (mg)	INGREDIENTES
			(g)	TOTALES (g)			
HOT CAKES INSTANTÁNEOS	3 ESTRELLAS®	100	6.6	1.01	13.91	483.86	Harina de trigo, huevo en polvo, dextrosa, leche descremada en polvo y goma xanohana
	GREAT VALUE	100	4.2	2.2	4.2	207.1	Harina de trigo, grasa vegetal, suero de leche, almidón de maíz y proteínas de leche.
	PRONTO®	100	5	1	9	414	Harina de trigo, polvo para hornear, harina de soya, goma xanohana y albúmina de huevo

En los gráficos 10 y 10.1 se empleó harina para hot cakes para preparación tradicional, con la finalidad de comparar cuales tienen una mejor consistencia, para lograr esto se usaron las mismas marcas.

Gráfico 10. Mediciones de consistencia de hot cakes tradicionales en 60 segundos.

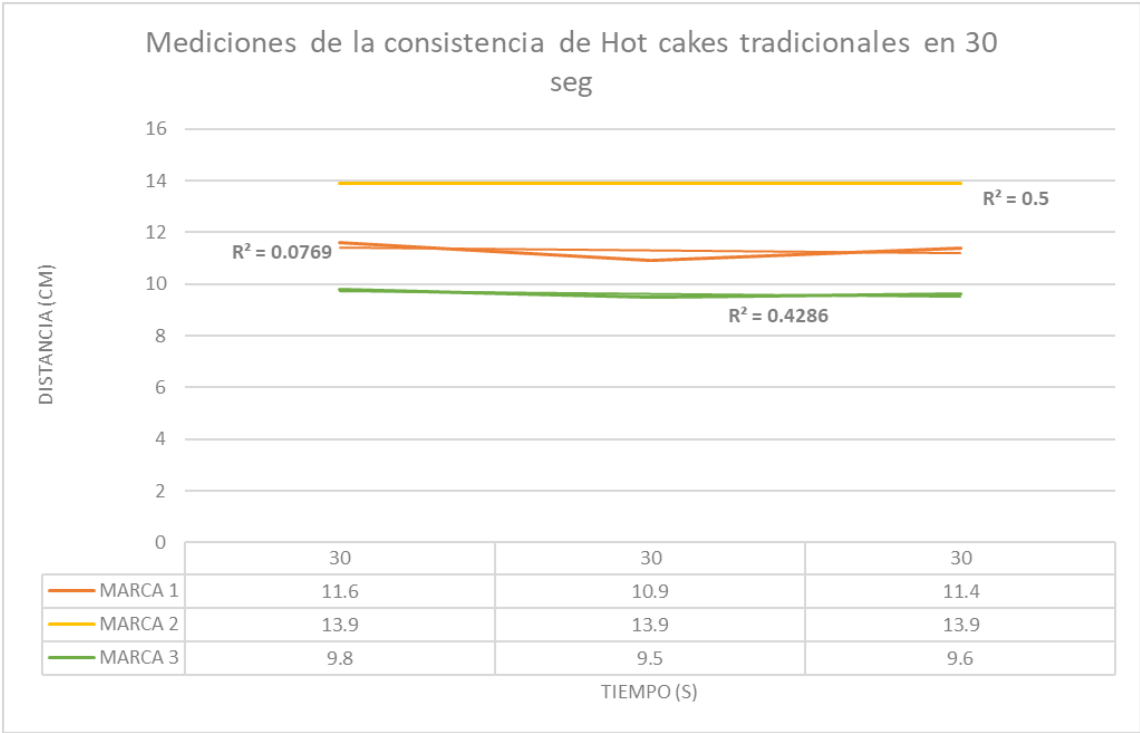


Las marcas que representa los gráficos 10 y 10.1 se refiere a 3 ESTRELLAS® como marca 1, GREAT VALUE® como marca 2 y PRONTO® como marca 3. La marca 3 presenta el coeficiente de determinación más alto siendo de 0.75 mientras que para la marca 1 y 2 es de 0.04 y 0.25 respectivamente, lo cual es igual al 75%, 4% y 25%.

Con los resultados que los datos obtenidos con la muestra de la marca 3 hay mejores resultados, teniendo una mejor capacidad predictiva, siendo muy baja para la marca 1.

Estas variaciones podrían deberse a que su preparación fue de manera tradicional, empleando tazas medidoras y huevos que tuvieran el mismo peso aproximadamente, mezclándose hasta obtener una masa homogénea.

Gráfico 10.1. Mediciones de hot cakes tradicionales en 30 segundos.



En las 3 mezclas realizadas se observó que la masa formaba demasiadas burbujas y al momento de fluir por el consistómetro muchas se rompían creando deformaciones en las muestras haciendo que los datos variaran demasiado, por este motivo las mezclas se

dejaron reposar, el inconveniente no fue resuelto de manera eficaz ya que todas las mezclas seguían con presencia de burbujas.

La muestra 1 mostro un coeficiente de determinación muy pequeño siendo apenas de 0.07 que representa el 7%, demostrando casi nula capacidad predictiva, para las muestras 2 y 3 el coeficiente de determinación fue de 0.5 y 0.42 los cuales refieren el 50% y 42% respectivamente, mostrando una capacidad predictiva media.

Tabla 13. Contenido e ingredientes de las marcas de hot cake empleadas

PRODUCTO	MARCA	PORCION (g)	PROTEINAS	GRASAS	AZUCARES (g)	SODIO (mg)	INGREDIENTES
			(g)	TOTALES (g)			
HOT CAKES	3 ESTRELLAS®	100	7.51	3.6	9.37	443	Gluten de trigo, harinas y gomas
	GREAT VALUE	100	7.61	4.63	12.55	532	Harina de trigo, almidón y fécula de maíz
	PRONTO®	100	4	1	8	408	Harina de trigo, polvo para hornear, harina de soya y goma xantana

Tabla 14. Comparación del coeficiente de determinación de hot cakes instantáneos y tradicionales a los 30 y 60 segundos.

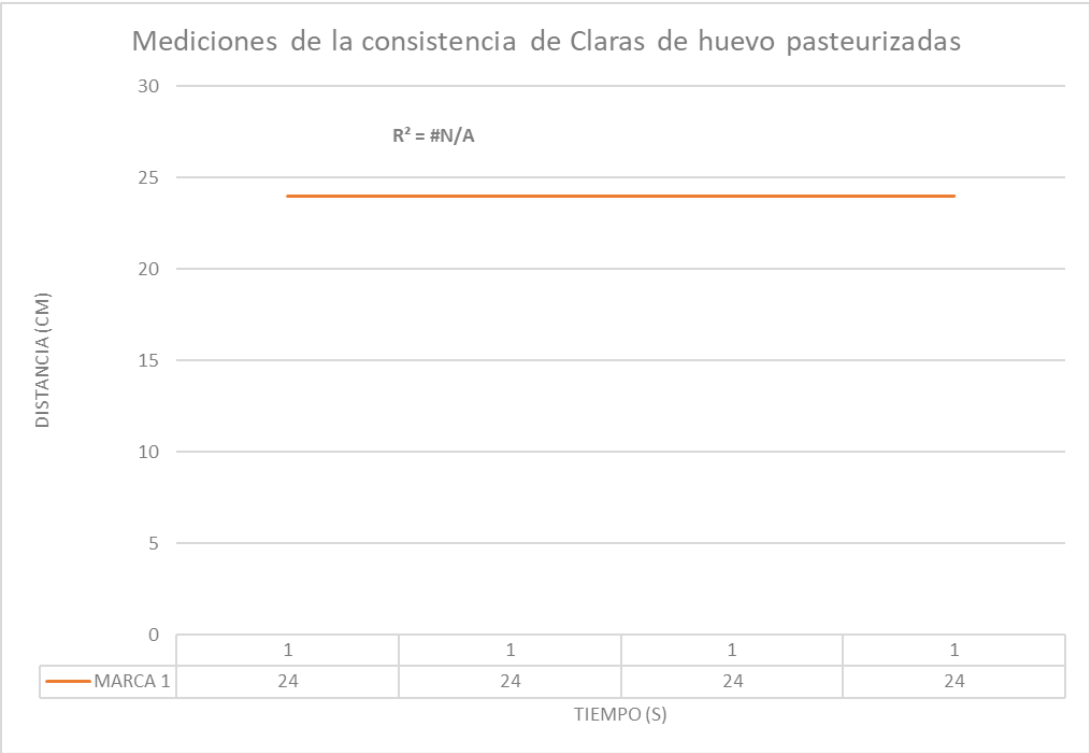
	Marcas	Tiempo		Coeficiente de determinación (%)
		30 s	60 s	
Hot cakes instantáneos	3 ESTRELLAS®	0	60	
	GREAT VALUE®	95	94	
	PRONTO®	25	10	
Hot cakes tradicionales	3 ESTRELLAS®	7	44	
	GREAT VALUE®	50	25	
	PRONTO®	42	75	

En la Tabla 14 se compara los coeficientes de determinación obtenidos en las pruebas realizadas en las harinas para hot cakes preparados de forma tradicional e instantánea, para las pruebas tomadas a los 30 y 60 segundos la mejor marca fue la GREAT VALUE con un 95% y 94% de capacidad predictiva, esto para la preparación instantánea. Estos resultados podrían relacionarse a su contenido de almidón de maíz y de proteínas de

leche, las cuales son espesantes y le dan mejor consistencia; comparando los contenidos de las 3 marcas, ya que las dos marcas restantes emplean goma xantana como espesante.

En las mediciones tomadas en las harinas para hot cakes preparación tradicional la marca con mejor coeficiente de determinación fue PRONTO, con 42% y 75% siendo el mejor tiempo a los 60 segundos, del mismo modo comparando los ingredientes la marca usa una combinación de goma xantana y polvo de hornear brindando una consistencia más homogénea y permitiendo que durante las pruebas no se deforme el fluido.

Gráfico 11. Medición de la consistencia de claras de huevo.



La marca que representa el gráfico anterior se refiere a SAN JUAN®, esta prueba se realizó por cuatrimplicado siendo siempre el mismo resultado en 1 segundo había corrido la superficie completa de 24 centímetros, su coeficiente de determinación no se aplica ya que no hay variación en los datos y no tiene capacidad predictiva.

La mayoría de los alimentos que fueron sometidos a pruebas de consistencia, empleando el consistómetro de Bostwick tienen aditivos semejantes como lo son las gomas y el almidón.

Una de las propiedades más interesantes del almidón es evitar o favorecer la absorción de agua, haciendo posible que un alimento espese cuando es calentado y agitado simultáneamente. Sin embargo, no todos los almidones se comportan igual ni tienen la misma capacidad espesante.

Este comportamiento se puede determinar a través de pruebas reológicas en donde se mide su viscosidad aparente en función de la temperatura y la cantidad de agua. Durante este proceso los gránulos de almidón absorben agua y se hinchan, para luego romperse y liberar las cadenas poliméricas y los cristales, lo que provoca el incremento en la viscosidad.

Posteriormente, debido a la agitación, estas moléculas se reordenan y la viscosidad disminuye aun cuando el calentamiento continúa. Durante el enfriamiento, la viscosidad vuelve y crece debido a la disminución de energía formando natillas. No obstante, algunos almidones no vuelven a espesar cuando se enfrían y en este caso forman geles.

De las gomas más empleadas son la xantana y guar, que les brindan mejor consistencia a los alimentos y pueden emplearse a diferentes temperaturas lo cual aumenta o disminuye su consistencia, con la capacidad de gelificar, texturizar y espesar desde helados, dulces, preparaciones sin gluten y con chocolate en polvo, aderezos, salsas y sopas.

CONCLUSIONES

Las pruebas realizadas en diferentes tipos de alimentos con consistencia espesa o viscosa, en los cuales son empleados diversos aditivos como gomas, almidones y otros espesantes tienen un papel importante en su consistencia y por lo tanto benefician o perjudican las mediciones realizadas con el consistómetro de Bostwick.

La combinación de gomas, almidones y otros espesantes empleados les brinda una mejor consistencia y se demostró en las pruebas realizadas donde obtuvieron un mejor coeficiente de determinación, los alimentos con más aditivos espesantes, se observó que estos alimentos tenían un mejor flujo, con menor deformación y resistencia.

Una desventaja es que la etiqueta no menciona las cantidades empleadas de cada aditivo espesante empleado, por lo que solo se realizan conjeturas de los valores obtenidos durante las pruebas realizadas a cada alimento.

Para todos los alimentos la manipulación resulto ser una desventaja, ya que la muestra se calentaba y comenzaba a existir variaciones importantes de hasta cinco centímetros por prueba, por este motivo muchas fueron realizadas por cuatriplicado para evitar un exceso de manipulación, donde una muestra se empleó para realizar dos mediciones, se desechó y con una nueva muestra se realizaron dos mediciones más, con esto se demostró que a menor manipulación del alimento, la variación también disminuye.

Para la miel, jarabe y leche condensada, el tiempo donde se obtuvo una mejor medición fue a los 30 segundos, ya que pasado este tiempo la muestra ya había llenado el canal de flujo y ya era más lento su recorrido, estos alimentos tienen en común su contenido elevado de azúcar y esto podría ser el factor por el cual la medición idónea es a los 30 segundos.

El equipo fue realizado de manera empírica, ya que durante este tiempo la pandemia no permitió el uso de los laboratorios donde se cuenta con este equipo y otros más

sofisticados, el material fue grado alimenticio y se buscó que fuera lo más semejante a los empleados en laboratorios e industrias.

El consistómetro de Bostwick dificultó las mediciones, debido a que con cada cambio de muestra y/o replicado de la misma, debía ser lavado y secado, aunque se intentó asegurar esto, la guillotina al tener los canales de corte no quedaba del todo seca, la muestra empleada adquiría agua y comenzaban las variaciones en cada medición.

Debido al inconveniente que presentó el consistómetro de Bostwick con las lavadas, se retrasó el trabajo, ya que con cada prueba se dejaba secar antes de emplearse de nuevo, volver a calibrar y comenzar con una nueva prueba.

La literatura menciona que no debe existir una variación mayor a 0.2 centímetros entre cada prueba del mismo alimento, en la práctica se notó que esto no se cumple; aun eliminando todas las posibles causas de variación como lo son: el incorrecto secado del consistómetro, el mal calibrado y/o el mal llenado del compartimento que separa la guillotina.

Este equipo puede emplearse en pequeñas industrias alimentarias o con poca infraestructura para poder estandarizar su proceso, o en pequeños productores de alimentos, como son las mieles, debido a que estas presentan diferentes características de acuerdo con la temporada del año en que se obtienen. En la actualidad es un equipo muy empleado en la industria alimentaria, en productos muy viscosos como las cajetas y salsas espesas.

Pero llevado a la práctica industrial, mencionan que no se puede imponer un parámetro tan pequeño como 0.2 centímetros de variación entre cada medida, debido a que son alimentos de origen animal como la cajeta donde la leche se obtiene de cabras, esta puede variar de acuerdo con la alimentación, edad y raza de estas; o la miel que cambia de acuerdo con la temporada del año en que se cosecha o recolecta. Por esto recomiendan que los parámetros sean más grandes y así lograr una mejor estandarización del proceso o del producto natural.

Se recomienda para futuros trabajos donde se emplee el consistómetro de Bostwick, usarlo en una superficie plana, evitar que resbale sobre la misma, entre cada prueba lavarlo y secarlo perfectamente para evitar las variaciones, dejando fluir la muestra por 30 segundos, haciéndolo por triplicado o cuatriplicado dependiendo de las variaciones observadas, recomendando repetirlo al menos cuatro veces.

Existen otros alimentos que pueden medirse con el consistómetro de Bostwick como son las cajetas, mermeladas, conservas, sopas y otros alimentos con consistencia viscosa.

REFERENCIAS

Alvarado, J. de D. "Principios de ingeniería aplicados a alimentos". Ed. Radio Comunicaciones, Quito, Ecuador. 1996

Alvis, A., Hernández, E., & García, C. (2016). Técnicas de análisis de viscosidad en cátsup, <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2017/10/709-HERNANDEZ-41-10.pdf>

Barraza, H. (2018). Mecánica de fluidos, de Course hero Sitio web: <https://www.coursehero.com/file/35852764/Medidores-viscosidaddocx/>

Bradbear, N. (2005). La apicultura y los medios de vida sostenibles, de FAO, <http://www.fao.org/3/y5110s/y5110s00.htm#Contents>

Briceño, R., Rojas, O., & Avendaño, J. "Fundamentos de reología", <http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S521C.pdf>.

Bostwick, E.P. (1942). Consistometer. U.S. patent 2,295,710.

Castillo, A., Martínez, H., Gómez, O., Posada, C., Londoño, S., & Rodríguez M. (2022). El don del almidón: la partícula espesante, de Ciencia UNAM Sitio web: <https://ciencia.unam.mx/leer/1262/el-don-del-almidon-la-particula-espesante>

Changoluisa, Y., & Rafael, E. (2014). Desarrollo de un nuevo ensayo instrumental de reología para evaluar la viscosidad en miel de panela y jarabes de azúcar a diferentes concentraciones, <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7498/1/CD-5617.pdf>

Bylund, G. 1996. Manual de Industrias Lácteas. Trad. A. López. Madrid, España. Ediciones Madrid Vicente. 436p.

Despensa mexicana. Harina para hot cakes, de despensa mexicana Sitio web: <https://www.despensamexicana.es/Harina-para-Hot-Cakes-a10050.html>

Hernández, D. (2018). Miel de agave como edulcorante en el bizcocho red velvet, <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/94616/DIANA%20HERNANDEZ%20IMPRESA%209%20MARZO.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Hernández, R. (2016). Rediseño de viscosímetro de flujo de couette, <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/12139/TE-SIS.pdf?sequence=1>

Innatia. (2016). “Propiedades de la miel de abeja”, <http://www.innatia.com/s/c-propiedades-de-la-miel/a-propiedades-miel-de-abeja.html>

Larousse cocina. (2014). El pequeño Larousse Gastronomique en español, de Larousse cocina. mx Sitio web: <https://laroussecocina.mx/palabra/hot-cake-o-pancake/>

Marcadones, L., & Juanto, S. (2014). Laboratorio: Medida de viscosidad, de UTN Sitio web: <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/iec/LABviscosidad.pdf>

Marinette. (2020). “La composición del jarabe de maple”, <https://www.jarabedemaple.com/la-composicion-del-jarabe-de-maple/>

Miranda, W., Sánchez, M., & Sánchez, J. (2020, abril 02). Instrumento de canal de flujo siguiendo el modelo del consistómetro Bostwick. UCV HACER, 9, pp.1-6.

Muñoz, R. (2012). Diccionario enciclopédico de la Gastronomía Mexicana, de Larousse cocina. mx Sitio web: <https://laroussecocina.mx/palabra/mole/>

Muñoz, R. (2012). Diccionario enciclopédico de la Gastronomía Mexicana, de Larousse cocina. mx Sitio web: <https://laroussecocina.mx/palabra/pipian-o-pepian/>

Ocampo, R. (2018) Reología aplicada a sistemas alimentarios, Editorial Grupo Compás, Guayaquil Ecuador, p.8.

Puluc, S. (2013). Desarrollo de una miel maple de mejores propiedades reológicas de mayor aceptación por los consumidores, de Biblioteca Sitio web: http://biblioteca.galileo.edu/tesario/bitstream/123456789/623/1/2013-T-lcta-009_puluc_patzan_sandra_susana.pdf

Quesada, J. (2008). Técnicas reométricas, de Rua Sitio web: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/3626/1/tema5RUA.pdf>

Ramírez, J. (2006). INTRODUCCIÓN A LA REOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS, de ResearchGate Sitio web: https://www.researchgate.net/publication/259620275_Introduccion_a_la_Reologia_de_Alimentos

Revista del consumidor. (agosto 25, 2011). Cátsup y salsas tipo cátsup. Revista del consumidor, p.32. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/119160/Estudios_Salsa_Catsup_30-31_Enero_2011.pdf

Rohrig, B. (2017). La maravilla para reducir impactos, de American Chemical Society Sitio web: <https://www.acs.org/content/dam/acsorg/education/resources/highschool/chemmatters/spanishtranslations/cm-feb2017-d3o-spanish-trans.pdf>

Steffe, J.1996. Rheological methods in food process engineering. Michigan: Freeman Press, 23 p

Ucha, F. (2010). Definición de consistencia, de Definición ABC Sitio web: <https://www.definicionabc.com/general/consistencia.php>

NORMA Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.

NORMA Oficial Mexicana NOM-181-SCFI-2010, Yogurt-Denominación, especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas, información comercial y métodos de prueba.

NORMA PARA LAS NATAS (CREMAS) Y LAS NATAS (CREMAS) PREPARADAS CXS 288-1976

NORMA Oficial Mexicana NOM-004-SAG/GAN-2018, Producción de miel y especificaciones.

NORMA Oficial Mexicana NOM-003-SAGARPA-2016, Relativa a las características de sanidad, calidad agroalimentaria, autenticidad, etiquetado y evaluación de la conformidad del jarabe de agave.

NORMA PARA EL CONCENTRADO DE TOMATE ELABORADO CODEX STAN 57-1981

Norma Oficial Mexicana NOM-F-346-S-1980, Salsa de Tomate Cátsup.

NORMA Oficial Mexicana NOM-187-SSA1/SCFI-2002, Productos y servicios. Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones sanitarias. Información comercial. Métodos de prueba.

NORMA Oficial Mexicana NOM-159-SSA1- 2016, Productos y servicios. Huevo y sus productos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Método de prueba.