

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial

TRABAJO DE TITULACIÓN

**“EFECTO DEL TIPO DE SONDA Y VELOCIDAD DE LA PRUEBA
DE PENETRACIÓN SOBRE LOS PARÁMETROS DE TEXTURA
INSTRUMENTAL DEL QUESO CREMA”**

AUTOR:

Alex Vinicio González Castillo

TUTOR:

PhD. Davinia Sánchez Macías

Riobamba - Ecuador

Año 2019

REVISIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del tribunal de graduación del proyecto de investigación de título: “efecto del tipo de sonda y velocidad de la prueba de penetración sobre los parámetros de textura instrumental del queso crema” presentado por Alex Vinicio González Castillo y dirigida por la Dra. Davinia Sánchez Macías.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

PhD. Darío Baño
Presidente del tribunal



Firma

Dra. PhD. Davinia Sánchez
Directora del proyecto de Investigación



Firma

MsC. Sebastián Guerrero
Miembro del Tribunal



Firma

MsC. Julio Palmay
Miembro del Tribunal



Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

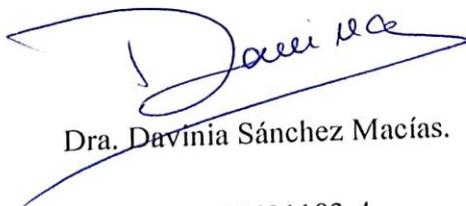
La responsabilidad del contenido de este proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a Alex Vinicio González Castillo y a la Directora del Proyecto Dra. Davinia Sánchez Macías, incluyendo todas las tablas y figuras que se encuentran en este trabajo, excepto las que contienen su propia fuente, y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



Alex Vinicio González Castillo.

C.I. 060473346-9

Autor del proyecto.



Dra. Davinia Sánchez Macías.

C.I. 175421193-4

Directora del Proyecto de Investigación

DEDICATORIA

Dedico este trabajo al grupo de investigación de Producción Animal e Industrialización PROANIN por ayudarme en mi formación académica, a la Sra. Patricia Castro por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria, a mis compañeros de trabajo y a todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

Alex Vinicio González Castillo

AGRADECIMIENTO

De manera especial al Ing. MsC. Julio Palmay y a la Dra. Davinia Sánchez por el tiempo dedicado y el apoyo ofrecido en este trabajo de investigación, por la motivación para la culminación de mis estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis.

A los docentes y estudiantes miembros del grupo de investigación de Producción Animal e Industrialización PROANIN de la Universidad Nacional de Chimborazo; al Ing. MsC. Byron Herrera por su tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional; a mis amigos que han contribuido con su apoyo para la realización de este trabajo de investigación y a todos los que me han brindado su amistad.

Alex Vinicio González Castillo.

ÍNDICE

REVISIÓN DEL TRIBUNAL.....	II
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE.....	VI
RESUMEN	X
ABSTRACT.....	XI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo General.....	4
2.2. Objetivos Específicos	4
3. ESTADO DEL ARTE RELACIONADO AL TEMA DE INVESTIGACIÓN	5
3.1. Queso crema	5
3.2. Análisis Sensorial	5
3.3. Textura sensorial de los quesos	6
3.4. Texturómetro	6
3.5. Prueba de penetración con un texturómetro	7
4. METODOLOGÍA.....	9
4.1. Tipo de estudio.....	9
4.2. Población y muestra.....	10

4.3. Procedimientos.....	11
4.4. Evaluación Sensorial.....	11
4.5. Textura instrumental.....	12
4.6. Preparación de las muestras.....	12
4.7. Análisis de textura.....	13
4.8. Análisis estadístico.....	14
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
5.1. RESULTADOS.....	15
5.1.1. Características de textura sensorial del queso crema.....	15
a. Valores medios de la textura sensorial.....	15
b. Análisis de Conglomerados.....	15
5.1.2. Características de textura instrumental de queso crema.....	16
a. Valores medios de la textura instrumental.....	16
b. PCA y Análisis de Conglomerado.....	18
5.1.3. Correlación entre textura sensorial e instrumental.....	20
5.1.4. Análisis de componentes principales.....	23
5.2. DISCUSIÓN.....	25
5.2.1. Relación entre sondas y resultados de textura instrumental.....	25
5.2.2. Efecto de la velocidad sobre la textura instrumental del queso crema.....	26
5.2.3. Asociatividad entre textura sensorial e instrumental.....	27

5.2.4. PCA de los parámetros instrumentales y sensoriales del queso crema y protocolos de análisis.....	27
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	28
6.1. CONCLUSIONES	28
6.2. RECOMENDACIONES.....	29
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen de diferentes protocolos de análisis instrumental de textura de queso crema o quesos blandos encontrados en la literatura científica.	3
Tabla 2 Clasificación de muestras de queso tipo crema	11
Tabla 3 Definiciones de los parámetros de textura sensorial del queso crema utilizado para el entrenamiento para establecer el perfil sensorial cuantitativo.	12
Tabla 4 Definiciones de los parámetros de textura obtenidos con el equipo TexturePro CT Brookfield.	14
Tabla 5 Valores medios en la evaluación sensorial en muestras de queso crema.	15
Tabla 6 Valores medios de los parámetros de textura instrumental en la prueba de penetración en muestras de queso crema.	17
Tabla 7 Coeficientes de correlación entre los parámetros de textura sensorial y los parámetros del análisis de textura instrumental del queso crema, medido a una velocidad de 0,3 mm/s.....	21
Tabla 8 Coeficientes de correlación entre los parámetros de textura sensorial y los parámetros del análisis de textura instrumental del queso crema, medido a una velocidad de 0,7 mm/s.....	22

Tabla 9 Coeficientes de correlación entre los parámetros de textura sensorial y los parámetros del análisis de textura instrumental del queso crema, medido a una velocidad de 1 mm/s.....	23
---	----

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

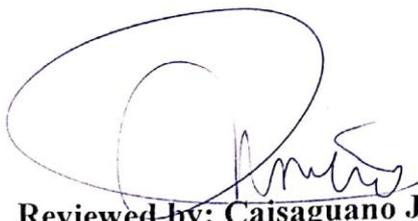
Figura 1 Gráfica general de la prueba de penetración	8
Figura 2 Ejemplo de escala de referencia de entrenamiento con productos de referencia	11
Figura 3 Muestra de queso crema un vaso de diámetro superior: 3,8 cm y altura: 4,5 cm.	13
Figura 4 Muestra de queso crema en envase original.....	13
Figura 5 TexturePro CT V1.6 Build 26 marca Brookfield USA.....	14
Figura 6 Diagrama de distancias euclidianas en parámetros de textura sensorial del queso crema.....	16
Figura 7. Representación gráfica del análisis de componente principales de los datos de textura instrumental del queso crema, medidos con las diferentes sondas, según se observa por el color.	18
Figura 8 Diagrama de distancias euclidianas de los protocolos empleados en la prueba de penetración del queso crema.....	19
Figura 9 Diagrama de distancias euclidianas de los parámetros de textura instrumental del queso crema.	20
Figura 10 Análisis de componentes principales por protocolos de prueba	24

RESUMEN

El queso crema es un tipo de queso blando ampliamente utilizado como ingrediente en varios tipos de platos. Es frecuente emplear análisis sensorial como medio para determinar la calidad de un alimento, cuyo objetivo es obtener información sobre cómo se percibe un producto cuando se consume. En esta investigación se comparó y correlacionó el análisis de textura sensorial del queso crema con parámetros de textura instrumental obtenido a través de la aplicación de diferentes protocolos de análisis. Se realizó un análisis sensorial con un panel de 20 evaluadores sensoriales. Para en análisis instrumental el mismo queso crema se analizó con cinco tipos de sondas y tres niveles de velocidad (0,3 mm/s; 0,7 mm/s o 1mm/s), con una penetración constante de 20 mm. Cada prueba se repitió 20 veces en un equipo texturómetro (CT3 Brookfield). En este estudio se encontró que el tipo de sonda y la velocidad de la prueba utilizada en el equipo son factores que afectan a los resultados de los parámetros de textura instrumental. Como conclusiones más relevantes se sugiere utilizar la sonda en forma de cono con ángulo de 30°, ya que esta sonda es más sensitiva con respecto de las demás sondas en la prueba de penetración en queso crema, por lo cual los demás protocolos se ven excluidos. Por otro lado, las velocidades elegibles serian 0,7 y 1 mm/s, con una distancia penetración constante de 20 mm, pues ofrecen resultados similares entre ellas y se prefiere por su rapidez en la prueba.

ABSTRACT

Cream cheese is a type of soft cheese widely used as an ingredient in several types of dishes. It is common to use a sensory analysis to determine the quality of the food in order to obtain information on how a product is perceived after been consumed. A comparison and a correlation analysis about a cheese sensory texture have been done during this investigation. Therefore, some instrumental texture parameters and different analysis protocol applications were employed to analyze cream cheese sensorially. A sensory analysis was performed with a panel of 20 sensory evaluators. For instrumental analysis the same cream cheese was analyzed under five types of probes and three speed levels (0.3 mm / s, 0.7 mm / s or 1 mm / s), with a constant penetration of 20 mm. Each test was repeated 20 times in a texturometer equipment (CT3 Brookfield). In this study, it was found that the probe types and speed tests used in the equipment are factors that affect the results of the instrumental texture parameters. As the most relevant conclusions, it is suggested using the probe in the form of a cone with an angle of 30°, since this probe is more sensitive with respect to the other probes in the cream cheese penetration test; then, other protocols should be omitted. On the other hand, the desirable speed rates would be from 0.7 to 1 mm / s, with 20 mm as a constant penetration distance because they offer similar results among them, and they have a rapid speed on the test.



Reviewed by: Caisaguano Janneth



Language English Teacher

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día el queso es parte de la dieta diaria que se consumen en muchos países, ya que es un alimento con un gran valor nutricional que contiene de forma concentrada la mayoría de los nutrientes de la leche. Aporta con proteínas de alta calidad con un elevado contenido de aminoácidos esenciales, minerales como el calcio, el fósforo y el magnesio, vitaminas A, B12, riboflavina y niacina (InLac, 2016). Existe una gran variedad de quesos proliferado en todo el mundo. Se estima que existen más de 2000 variedades entre maduros, semi maduros y frescos, y la lista aún puede estar creciendo (Olson, 1995).

El queso crema es un tipo de queso blando, que ha sido muy popular y ha encajado satisfactoriamente en muchos hogares, gracias a su sabor ácido. Es ampliamente utilizado como ingrediente en varios tipos de postres, tartas de queso, aperitivos y salsas, además de su uso generalizado en panecillos.

La aceptación sensorial de los alimentos por los consumidores, está relacionada con la percepción sensorial de los mismos (Gastelum y col., 2013). Es frecuente emplear análisis sensorial como medio para determinar la calidad de producción de un alimento (Gastelum y col., 2013). El análisis sensorial es un método experimental de análisis de alimentos que hace uso de los sentidos humanos como instrumentos. En este marco, los aspectos relacionados con el tacto, el sabor, color y el olor, proporcionan información única sobre el grado de aceptación de un alimento y también se utilizan ampliamente para la determinación de la calidad general.

La evaluación sensorial de alimentos se lleva a cabo por medio de diferentes pruebas, dependiendo del tipo de información que se busque obtener. Existen tres tipos principales de pruebas: pruebas hedónicas, de discriminación y descriptivas. Las pruebas hedónicas afectivas son aquellas que buscan establecer el grado de aceptación de un producto a partir de la reacción del evaluador. Por otro lado, las pruebas de discriminación son aquellas en las que se desea establecer si dos muestras son lo suficientemente diferentes para ser catalogadas como tal. Finalmente, las pruebas descriptivas intentan definir las propiedades de un alimento y medirlas de la manera más objetiva posible (Morales, 1994).

La textura de los alimentos se ha reconocido durante mucho tiempo como un parámetro de calidad sensorial multidimensional (Szczesniak, 1987) que se manifiesta de muchas maneras. La textura es muy importante para la percepción de los consumidores sobre la calidad del queso (Wium y col., 1997). Los métodos de control de calidad, diseñados para evaluar la calidad de la textura en quesos, a menudo son difíciles de implementar debido a los desafíos asociados con la correlación de las mediciones reológicas instrumentales con los atributos sensoriales percibidos o la aceptabilidad (Kapsalis y Moskowitz, 1978). Como resultado, las pruebas instrumentales deberían ser capaces de predecir múltiples características sensoriales para ser utilizadas con éxito como una herramienta de control de calidad.

Dentro de los análisis instrumentales de textura para queso crema existe la prueba de penetración, la cual que representa una de las más viejas técnicas de medición de textura. Se basa en la medida de la resistencia que opone un alimento a que una pieza determinada penetre en él, es decir mide la distancia o fuerza de penetración en un alimento, en un intervalo de tiempo y ha sido ampliamente utilizada en la caracterización textural para frutas, vegetales, geles, mayonesas, grasas, quesos blandos y en la cuantificación de la ternura de carnes.

Existe una gran cantidad de información bibliográfica acerca de la prueba de penetración en quesos tipo crema, tal como se observa en la tabla 1. Sin embargo, no existe un protocolo específico respecto al análisis en el equipo, ya que existen diferentes tipos de sondas, velocidad de prueba y distancias de penetración que se pueden aplicar durante el análisis.

En pruebas preliminares realizadas en el grupo de investigación PROANIN (Producción animal e industrialización de la Universidad Nacional de Chimborazo) para determinar el protocolo ideal para analizar el perfil de textura de queso fresco, se evidenció en primera instancia que el protocolo, así como la forma y tamaño de la muestra de queso fresco y la velocidad de la prueba son factores que afectan a los resultados de los parámetros de análisis de perfil de textura instrumental (Nogales, 2018).

Por tal motivo, el objetivo de la presente investigación es comparar y correlacionar el análisis de textura sensorial del queso crema con parámetros de textura instrumental obtenido a partir del uso de diferentes sondas y velocidad de prueba.

Tabla 1 Resumen de diferentes protocolos de análisis instrumental de textura de queso crema o quesos blandos encontrados en la literatura científica.

Tipo de queso	Tipo de instrumento utilizado	Sonda	Velocidad de prueba	Penetración	Referencia
Quesos de crema fabricados con diferentes contenidos de grasa	Texture Analyzer TA-XTplus, Micro Stable System Co., UK.	Una sonda acrílica en forma de cono (ángulo 45°, 30 mm de diámetro)	1 mm/s	20 mm	Ningtyas y col. (2017)
Organogeles vegetales en queso crema	TA-XT2 texture analyzer machine	Cono de Perspex de 30°	1 mm/s	40 mm	Bemer y col. (2015)
Queso crema con diferentes contenidos de grasa	TA.XT2 Texture Analyzer (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY).	Conos Perspex 45°	1 mm/s	15 mm	Bayarri y col. (2012)
Viscoelasticidad y textura de los quesos para untar	TA.XT2 Texture Analyzer equipped with a Texture Technologies Corporation	Conos Perspex 45°	1,0 mm/s	2 mm	Brighenti y col. (2008)
Queso de masa blanda	Analizador de Textura	Varilla de acero inoxidable de 5 mm	10 mm/min	10 mm	D. Hennequin & J. Hardy. 1993)
Queso crema	Analizador de Textura (TAXni, Texture Technologies, Scarsdale, NY)	Aguja de aluminio de 2 mm y cono de 30° de acero inoxidable	1 mm/s	10 mm	Breuil, p y Meullenet, J (2001)
Camembert, Coulommier, Munster	TA-XT2 texture analyzer machine	Sonda cilíndrica	10 mm/min	10 mm	Hennequin y Hardy (1993)
Queso crema	Analizador de textura TA.XT2 (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY)	Sonda cilíndrica de aluminio de 50 mm	1 mm/s	40 mm	M. Brighenti y col (2018)
Queso crema con diferentes contenidos de grasa	Analizador de textura TA.XT2 (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY)	Sonda de acero inoxidable cónica de 45 °	1 mm/s	15 mm	M. Brighenti y col (2008)
Queso doble crema	Máquina de prueba Instron Universal modelo 1140 (Instron Corp., Canton, MA, EUA)	sonda tronconica (diámetro de la base en contacto con queso: 25 mm; altura: 10 mm)	50 mm/min	50mm	C. Sanchez y col (1994)

Fuente: González. D, Sánchez. D (2018)

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Comparar y correlacionar el análisis de textura sensorial del queso crema con parámetros de textura instrumental.

2.2. Objetivos Específicos

- Definir un protocolo a seguir y determinar la textura sensorial en muestras de queso crema mediante un panel de jueces semi-entrenados.
- Analizar las muestras de queso tipo crema aplicando la prueba de penetración por medio de un texturómetro variando las velocidades y utilizando distintos tipos de sondas.
- Evaluar estadísticamente el efecto de las velocidades y tipos de sondas sobre los parámetros individuales de la prueba de penetración.
- Correlacionar estadísticamente datos de textura sensorial e instrumental seguido de un análisis de Conglomerados, Componentes principales y Correlación de Pearson.

3. ESTADO DEL ARTE RELACIONADO AL TEMA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Queso crema

Según el Codex Alimentarius Stan 275-1973, el queso crema (queso de nata) es un queso blando, untable, no madurado y sin corteza. El queso presenta una coloración que va de casi blanco a amarillo claro. Su textura es suave o ligeramente escamosa y sin agujeros, el queso se puede mezclar fácilmente con otros alimentos (Codex, 1973).

De acuerdo a esta norma, este producto debe tener un contenido mínimo de grasa láctea en extracto seco del 25%, un nivel de humedad mínimo del producto desgrasado 67% y extracto seco del 22%.

3.2. Análisis Sensorial

El objetivo del análisis sensorial es obtener información sobre cómo se percibe un producto alimenticio cuando se consume (O'Callaghan y Guinee, 2004). La percepción de la textura se realiza principalmente mediante el tacto, aunque la vista y la audición también están involucradas (Bourne, 2002). Existen tres clases principales de metodologías de evaluación sensorial: 1) pruebas hedónicas / afectivas, 2) pruebas de discriminación / diferencia, y 3) pruebas descriptivas. El primer tipo de pruebas determina si los consumidores aceptan un producto, mientras que los dos últimos tipos de pruebas son analíticas y utilizan sujetos humanos como instrumentos para medir las propiedades de los alimentos.

En pruebas descriptivas buscan detectar y describir los atributos sensoriales cualitativos y cuantitativos de un producto por un panel capacitado (Meilgaard y col., 1999). Se han desarrollado muchos métodos diferentes de análisis descriptivo, y cada uno de estos métodos implica los siguientes pasos para su implementación: 1) selección de un panel, 2) determinación de un conjunto de atributos que describen el perfil sensorial del producto en estudio, y 3) cuantificación de los atributos seleccionados. (Delahunty y Drake, 2004).

3.3. Textura sensorial de los quesos

La textura es un factor muy importante en el proceso de aceptación de un alimento y por tanto un parámetro de calidad. La textura y la estructura de los alimentos están vinculados, la composición estructural de los alimentos determina la percepción sensorial (McKenna, 2003).

Los atributos mecánicos están relacionados con la reacción del producto al estrés. Están divididas en cinco características primarias: dureza, cohesividad, viscosidad, elasticidad y adhesividad. Los atributos geométricos son los relacionados con el tamaño, forma y arreglo de partículas en un producto. Los atributos superficiales son los relacionados con las sensaciones producidas por humedad o contenido de grasa. En la boca también están relacionados con la forma en que se liberan estos constituyentes (Bourne, 2002).

Las otras características son calidades de "boca-sensación", descritas subjetivamente por términos tales como duro, suave, firme, elástico, desmenuzable, adhesivo, húmedo o seco. Se cree que estos términos tienen importancia en relación de apelación y satisfacción de los consumidores (Szczesniak, 1986).

3.4. Texturómetro

El analizador de textura ha cobrado gran auge entre los especialistas de textura, así como en diversas empresas productoras de alimentos y materias primas para la industria de alimentaria (Delgado, 2013).

Hoy en día, el equipo más usado para determinar los parámetros requeridos de textura es el texturómetro, los cuales simulan la evaluación sensorial de la textura durante el consumo (corte, mordisco y/o masticación de los dientes, incisivos y molares) midiendo las fuerzas involucradas cuando se somete una muestra a una compresión. Estos equipos recopilan la mayoría de pruebas que pueden ejecutarse en un solo aparato, de las cuales podemos encontrar:

- 1) Prueba normal: un solo ciclo de compresión, penetración
- 2) Prueba de tiempo de espera: comprimir y mantener

- 3) Prueba de recuento de ciclos: comprimir varias veces
- 4) Prueba de floración: prueba de resistencia a la floración de gelatina
- 5) Prueba de TPA: análisis de perfil de textura
- 6) Prueba de tensión: pruebas de tracción
- 7) Prueba Surimi: fuerza del gel
- 8) Prueba de carga estática: verificación de calibración

Con estos tipos de pruebas se pueden cuantificar las propiedades físicas de cualquier producto alimenticio o no alimenticio, ya sea porque se busca crear un producto innovador, la reformulación de uno ya existente o comparar la textura de nuestro producto con el de nuestros competidores. Se puede analizar desde productos muy blandos como geles, pectinas, hidrocoloides o cremas, hasta productos de extremada resistencia como caramelos duros, almendras, piensos, etc.

3.5. Prueba de penetración con un texturómetro

La prueba de penetración es uno de los métodos más utilizados para evaluar la textura de los alimentos. En estas pruebas la penetración en el alimento se lleva hasta una profundidad tal que cause un aplastamiento irreversible. Por lo general se mide la “fuerza máxima de penetración”, que puede ser relacionada directamente con la dureza del material, también puede ser una medida de firmeza o consistencia del producto, pero a partir de las curvas de fuerza vs distancia, pueden calcularse otros parámetros: elasticidad, adherencia, etc.

El producto a analizar se apoya sobre una base sólida que permita el libre paso de la sonda a través del producto como tal obteniendo una perforación o penetración central. Las pruebas de penetración se realizan:

- 1) Midiendo la fuerza requerida para insertar una sonda cónica o cilíndrica a una distancia fija en una muestra.
- 2) Permitiendo que la sonda se hunda en la muestra y midiendo la profundidad de penetración después de un tiempo dado (O 'Callaghan y Guinee, 2004).

En ambos tipos de pruebas, la introducción de la sonda en la muestra hace que el material ceda y en algunos casos, se fracture. La penetración de la sonda se retrasa por

la firmeza del material y la cantidad de muestra que se adhiere a la superficie de la sonda (O'Callaghan y Guinee, 2004).

A partir de la curva fuerza en función del tiempo obtenida (Figura 1) se determinan diferentes parámetros texturales para queso crema en la prueba de penetración, tal como se muestra en la figura 1: A1 = capacidad de expansión (trabajo dureza terminado) F1 = firmeza (dureza), F2 = adherencia (fuerza de adhesividad), A2 = adhesividad.

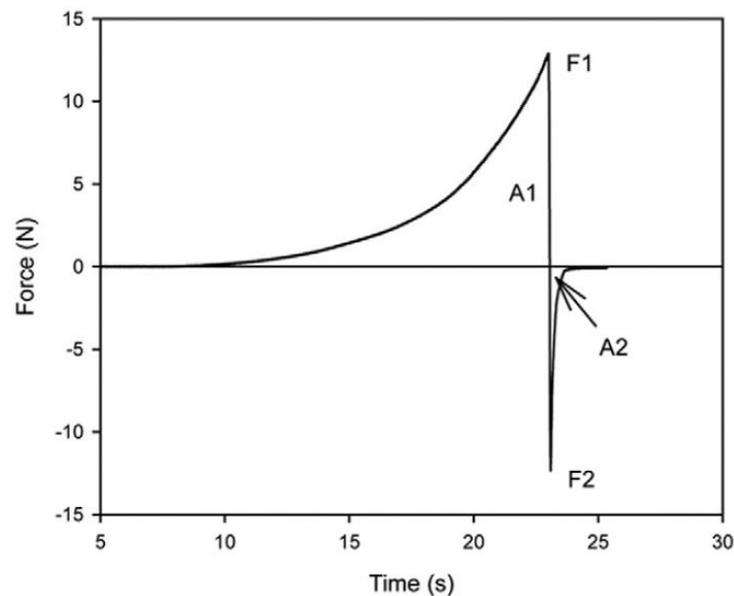


Figura 1 Gráfica general de la prueba de penetración

Fuente: Bayarri y col. (2012)

El valor de fuerza máximo en la Figura 1 es una medida de la firmeza de la muestra a la profundidad especificada. El área bajo la curva positiva es una medida de la energía requerida para deformar la muestra a la distancia definida (trabajo de dureza terminado). A medida que la sonda vuelve a su posición inicial, la sonda produce la parte negativa del gráfico. Esto da una indicación de la cohesividad y resistencia de la muestra para separarse (fluir fuera) de la sonda. La fuerza negativa máxima en el gráfico indica la fuerza adhesiva de la muestra: cuanto más negativo sea el valor, más "adherente" será la muestra. El área debajo de la parte negativa del gráfico se conoce como la adhesividad (la energía requerida para romper el contacto de la muestra de la

sonda) y puede dar una indicación de las fuerzas cohesivas de las moléculas dentro de la muestra.

Muchos factores de procesamiento afectan la estructura y, por lo tanto, la textura y la reología del queso crema (Guinee y col., 1993). Un aumento en los niveles de sólidos totales (Becker y Puhan, 1989, Tamime y Robinson, 1999), proteínas formadoras de gel (Schulz y Senge, 2004) y grasa (Martens, 1972; Becker y Puhan, 1989; Lucey y col., 1998) dan como resultado geles de caseína inducidos por ácido con una mayor firmeza. La presión de homogeneización de la mezcla de queso crema original y temperatura de incubación (Phadungath, 2003), adición de cuajo (Schulz y Senge, 2004), adición de diferentes tipos de estabilizadores, presión de homogeneización de la cuajada (Sánchez y col, 1994a; Wendin y col., 2000), y la velocidad de enfriamiento (Sanchez y col., 1994b) afectan las propiedades texturales y reológicas del queso crema. Como resultado, se pueden obtener muestras de queso crema con atributos texturales, reológicos y sensoriales muy diferentes. Por esta razón, es importante conocer las propiedades texturales y reológicas específicas de un queso crema, con el objetivo de mantener siempre constante sus características en el mercado.

Sin embargo, si los datos obtenidos de un equipo para un mismo queso se ven afectados por factores extrínsecos al producto, podríamos incurrir en incertidumbre acerca de las características del producto. Por tanto, se hace necesario verificar hasta qué punto factores como la velocidad de la prueba o el tipo de sonda puede afectar a la información sobre las características texturales del queso.

4. METODOLOGÍA

4.1. Tipo de estudio

El presente trabajo reúne las condiciones metodológicas de una investigación cuantitativa descriptiva ya que se recogió datos, para posteriormente identificar, cuantificar y describir las características de los parámetros texturales del queso crema. Además, es correlacional ya que medimos el grado de asociación o relación que presentan los valores de los parámetros medidos con la evaluación sensorial e instrumental. También se realizó una investigación comparativa ya que comparamos

parámetros medidos con distintas sondas y tres niveles de velocidad aplicando una prueba instrumental para muestras de queso crema.

4.2. Población y muestra

Este estudio se realizó en la Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Chimborazo, Ecuador. Se seleccionó queso tipo crema, procedente de una casa comercial de Ecuador. Para la formulación del panel de evaluación sensorial, se inició con un reclutamiento de 65 personas, entre estos el personal docente y estudiantes de la Universidad Nacional de Chimborazo. Los posibles candidatos debían cumplir ciertos requisitos tales como: interés, motivación, actitud hacia los alimentos, comunicación, salud y en cuanto a la disponibilidad para asistir tanto a los entrenamientos y evaluaciones posteriores. Se seleccionó a 20 personas a los cuales se realizó pruebas con el propósito de determinar la aptitud de los candidatos a describir las percepciones sensoriales relativas a la textura, al cumplir con los requisitos mínimos se los podía continuar con la fase de entrenamiento.

El entrenamiento se basó en proporcionar a los candidatos los principios elementales de las técnicas utilizadas en el análisis de textura sensorial y desarrollar su aptitud para detectar, reconocer y describir los estímulos sensoriales. El objetivo del entrenamiento es que los jueces entrenados sean capaces de detectar y reconocer la textura sensorial sea en boca o en mano, deben conocer los conceptos de clasificación con ayuda de una escala y, por último, el uso de descriptores en que les permite desarrollar un vocabulario y así describir las características sensoriales.

Por otro lado, el análisis instrumental se realizó con ayuda de un texturómetro, se precisó dos formas diferentes de muestra (vaso de 1oz con altura: 4,5 cm, diámetro superior: 3,8 cm y en envase del queso crema). Para todas estas sondas se aplicó 3 velocidades de prueba. Por cada tipo de sonda se repitió 20 veces la prueba de penetración. Por tanto 5 sondas x 3 velocidades x 20 repeticiones, hacen un total de 300 muestras como se evidencia en la tabla 2.

Tabla 2 Clasificación de muestras de queso tipo crema

SONDAS DE LA MUESTRA						
Velocidad de la prueba	Filo de Cuchillo	Esfera	Cono 30°	Cono 45°	Cono 60°	Total
	Envase	1 oz	1 oz	1 oz	1 oz	
0,3 mm/s	20 repeticiones	20 repeticiones	20 repeticiones	20 repeticiones	20 repeticiones	100
0,7 mm/s	20 repeticiones	20 repeticiones	20 repeticiones	20 repeticiones	20 repeticiones	100
1,0 mm/s	20 repeticiones	20 repeticiones	20 repeticiones	20 repeticiones	20 repeticiones	100
Total	60	60	60	60	60	300

Fuente: González. A, Sánchez. D (2018)

4.3. Procedimientos

4.4. Evaluación Sensorial

Los panelistas fueron reclutados entre estudiantes, personal docente y administrativo de la Universidad Nacional de Chimborazo. Quince panelistas realizaron un análisis descriptivo de la textura siguiendo los procedimientos descritos en la Norma Española UNE-EN ISO 87025. Durante el entrenamiento, se pidió a los panelistas que identificaran y definieran los términos de texturas de boca y mano para el queso crema. A los panelistas se les presentó una variedad de quesos comerciales, para ayudar en el desarrollo de los términos. De acuerdo a un consenso, se seleccionaron los términos descriptivos que eran más importantes para caracterizar la textura. Los términos seleccionados para la evaluación en boca incluyeron: Adhesividad, Firmeza en boca. Los términos evaluados en mano incluyeron: Firmeza a la penetración, Untabilidad. Los panelistas marcaron las respuestas en escalas de referencia de referencia del 1 al 7 tal y como se observa de ejemplo en la figura 2.

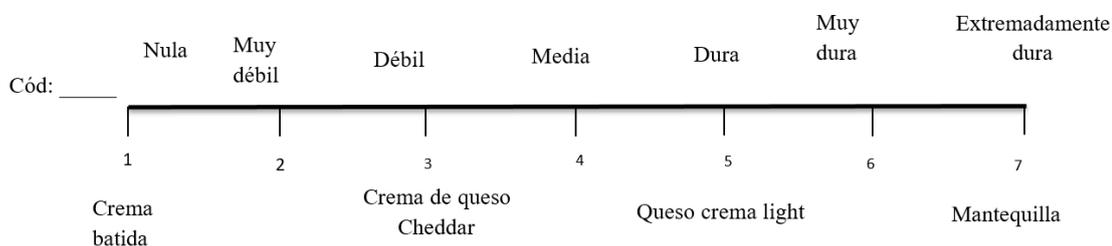


Figura 2 Ejemplo de escala de referencia de entrenamiento con productos de referencia

Se utilizó una escala con referencias específicas de otros productos para establecer valores cuantificables. Los panelistas recibieron aproximadamente 40 horas de capacitación durante las cuales desarrollaron y definieron descriptores, y redujeron la variación entre los panelistas.

Cada panelista tuvo acceso a dos muestras de queso por prueba en vasos de plásticos de 1 onza oz (altura: 4,5 cm, diámetro superior: 3,8 cm) a temperatura de 15°C en condiciones de luz normales durante la evaluación. Las muestras se codificaron con 3 dígitos, a los panelistas se les presentó galletas sin sal, y agua para limpiar el paladar entre las muestras. A los panelistas se les permitió tragar los quesos, si así lo deseaban. Se proporcionaron servilletas para limpiarse las manos entre las muestras.

Tabla 3 Definiciones de los parámetros de textura sensorial del queso crema utilizado para el entrenamiento para establecer el perfil sensorial cuantitativo.

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	Referencias
Firmeza a la penetración	Fuerza requerida para deformar el alimento o para hacer penetrar un objeto.	1 = Crema Batida 3 = Crema de queso cheddar 5 = Queso crema light 7 = Mantequilla
Untabilidad en superficie	Facilidad con la que un producto se puede extender en una capa fina y uniforme sobre una superficie	1 = Crema Batida 3 = Crema de queso cheddar 5 = Queso crema light 7 = Mantequilla
Adhesividad en boca	Esfuerzo requerido para separar la superficie del alimento de otra superficie.	1 = Crema Batida 3 = Crema de queso cheddar 5 = Queso crema light 7 = Mantequilla
Firmeza en boca	Fuerza requerida para comprimir la muestra en la mitad de lengua y el paladar, durante la compresión.	1 = Crema Batida 3 = Crema de queso cheddar 5 = Queso crema light 7 = Mantequilla

Fuente: González. A, Sánchez. D (2018)

4.5. Textura instrumental

4.6. Preparación de las muestras

Para la prueba de penetración cada una de estas muestras fueron obtenidas según los procedimientos establecidos por Bemer y col. (2015), pero con modificaciones según lo siguiente.

Se elaboró doscientos cuarenta muestras en vasos plásticos de 1 oz (altura: 4,5 cm, diámetro superior: 3,8 cm), llenados completamente hasta sus bordes. Con ayuda de

una espátula de acero inoxidable se presionó el queso tipo crema para la liberar los espacios de aire en el vaso (figura 2). Sesenta muestras fueron tomadas para el análisis directo en el envase del queso tipo crema (figura 3). Todas las muestras se mantuvieron en un recipiente cerrado a 15°C. Para mantener la temperatura se usó bolsas de gel refrigerante.



Figura 3 Muestra de queso crema un vaso de diámetro superior: 3,8 cm y altura: 4,5 cm.



Figura 4 Muestra de queso crema en envase original.

4.7. Análisis de textura

Para la realización del análisis del perfil de textura se utilizó un texturometro de prueba universal (figura 4) (TexturePro CT3 V1.6 Build 26, marca Brookfield, USA.). Se empleó un porcentaje de penetración de 20 mm a tres velocidades diferentes: 0,3 mm/s (baja), 0,7 mm/s (media) y 1 mm/s (alta). Del TA GENERAL PROBE KIT, se utilizaron sondas denominadas:

- TA15/1000 Cono de 30 mm de diámetro y ángulo de 45°
- TA17 Cono de 24 mm de diámetro y ángulo de 30°
- TA2/1000 Cono de 30 mm de diámetro y ángulo de 60°
- TA18 Esfera de 12.7 mm de diámetro.
- TA7 Filo de Cuchillo de 60 mm de ancho



Figura 5 TexturePro CT V1.6 Build 26 marca Brookfield USA

En este trabajo de investigación la prueba de penetración realizada con el equipo TexturePro CT Brookfield nos ha dado información de los parámetros presentados en la tabla 4.

Tabla 4 Definiciones de los parámetros de textura obtenidos con el equipo TexturePro CT Brookfield.

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	UNIDAD
Dureza	Valor máximo de carga del ciclo de compresión.	Newton (N)
Trabajo dureza terminado	Área por debajo de la curva Carga vs Distancia desde el comienzo de ciclo hasta el valor objetivo (carga vs distancia).	Gramos x centímetros
Trabajo terminado	Resultado de la suma entre el trabajo dureza terminado + trabajo recuperable terminado.	Gramos x centímetros
Adhesividad	Área bajo de la curva Carga vs Distancia, tomada en el ciclo 1 de compresión.	Gramos x centímetros
Fuerza de adhesividad	Fuerza negativa máxima en el primer ciclo de compresión.	Newton (N)

4.8. Análisis estadístico

Tras la tabulación de los datos se realizó el análisis con el programa estadístico SAS versión 9.2 (SAS Institute, 2008). Se aplicó un procedimiento de ANOVA de medidas repetidas, el cual analizó el efecto velocidad y distintos tipos de sondas en muestras de queso crema sobre los diferentes parámetros la prueba de penetración. Los datos de la

evaluación sensorial e instrumental se estandarizaron y se sometieron a análisis de conglomerados, utilizando el software Statistica 8.0 (StatSoft, Inc.).

Además, los datos de la evaluación sensorial e instrumental fueron sometidos a Análisis de Componentes Principales (PCA), utilizando el software Statistica 8.0 (StatSoft, Inc.), donde se fijaron en columnas los parámetros de textura (variables), las muestras de queso crema en filas (casos), posteriormente se realizó una Correlación de Pearson sin ningún factor de rotación.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. RESULTADOS

5.1.1. Características de textura sensorial del queso crema

a. Valores medios de la textura sensorial

En la tabla 5 se presentan los valores medios de firmeza a la penetración, untabilidad en superficie, adhesividad en boca y firmeza en boca. Se observó un valor 5,20 para la firmeza a la penetración, untabilidad en superficie 4,28, adhesividad en boca 4,98 y firmeza en boca 5,02. El parámetro untabilidad en superficie que es el que mayor coeficiente de variación presenta, muy posiblemente debido a que cada individuo tiene diferentes formas de untar el queso crema.

Tabla 5 Valores medios en la evaluación sensorial en muestras de queso crema.

Variable	Media	D.E.	C.V.
Firmeza a la penetración	5,200	0,133	7,705
Untabilidad en superficie	4,280	0,333	23,352
Adhesividad en Boca	4,980	0,232	13,987
Firmeza en boca	5,020	0,184	10,994

D.E: Desviación estándar; C.V: Coeficiente de variación.

Fuente: González. A, Sánchez. D (2018)

b. Análisis de Conglomerados

En la figura 6 se presenta de forma gráfica el diagrama de distancias euclidianas de conglomerados obtenidos a partir de los datos de textura sensorial del queso crema.

Los grupos se forman en función de las distancias euclidianas, en este caso la distancia de vinculación se decide que este a 2 puntos. De esta manera, se observa claramente dos grupos de parámetros. Uno de ellos está formado por la adhesividad en boca, firmeza en boca y firmeza a la penetración. La firmeza en boca y la firmeza a la penetración son más próximos entre ellos, mientras que por otro lado el parámetro de untabilidad en superficie se presentó solo formando un grupo propio.

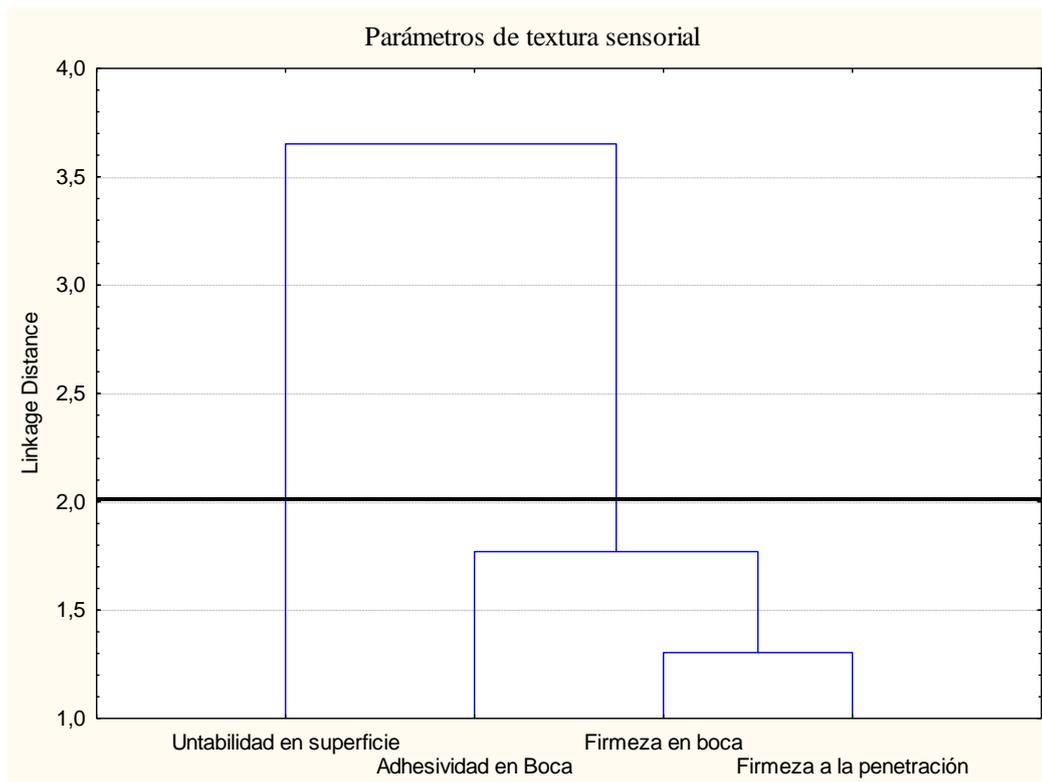


Figura 6 Diagrama de distancias euclidianas en parámetros de textura sensorial del queso crema

5.1.2. Características de textura instrumental de queso crema

a. Valores medios de la textura instrumental

A continuación, se detalla los resultados de la prueba de textura instrumental. En la Tabla 6 se presentan los valores medios de la prueba de penetración aplicada con tres velocidades (0,30mm/s, 0,70mm/s, 1mm/s) y cinco tipos de sondas (Cono 30, Cono 45, Cono 60, Esfera y Cuchillo) en muestras de queso crema.

Tabla 6 Valores medios de los parámetros de textura instrumental en la prueba de penetración en muestras de queso crema.

SONDA										
Parámetro	Velocidad mm/s	Cono30	Cono45	Cono60	Esfera	Cuchillo	EEM			
Dureza (N)	0,3	2,09 ^{az}	4,88 ^c	7,82 ^{dz}	2,50 ^a	3,70 ^b	0,25			
	0,7	2,31 ^{ay}	5,36 ^b	9,01 ^{cy}	2,73 ^a	4,32 ^b	0,28			
	1	2,38 ^{ay}	5,50 ^c	9,81 ^{dy}	2,67 ^a	4,10 ^b	0,24			
	EEM	0,29	0,22	0,37	0,25	0,08				
Trabajo dureza terminado (g*cm)	0,3	158,75 ^{az}	333,20 ^b	466,6 ^{cz}	371,55 ^b	426,4 ^{bc}	23,79			
	0,7	175,45 ^{ay}	363,65 ^b	538,00 ^{cy}	400,55 ^{bc}	483,75 ^c	25,99			
	1	181,05 ^{ay}	375,95 ^b	581,90 ^{dy}	398 ^{bc}	474 ^c	23,76			
	EEM	32,27	35,87	20,01	5,50	15,87				
Trabajo total (g*cm)	0,3	162,95 ^{az}	342,40 ^b	479,80 ^{cz}	377,15 ^b	435,15 ^{bc}	24,29			
	0,7	179,30 ^{ay}	373,35 ^b	552,05 ^{cy}	406,30 ^{bc}	493,20 ^c	26,55			
	1	184,60 ^{ay}	385,50 ^b	596,45 ^{dy}	403,75 ^{bc}	483,35 ^c	24,14			
	EEM	32,80	36,38	20,73	5,65	16,37				
Fuerza adhesividad (N)	0,3	0,61 ^a	1,09 ^b	1,77 ^{cz}	1,45 ^c	2,60 ^d	0,12			
	0,7	0,66 ^a	1,16 ^b	2,36 ^{cy}	1,57 ^b	3,09 ^d	0,15			
	1	0,67 ^a	1,24 ^b	2,58 ^{cy}	1,56 ^b	2,95 ^c	0,13			
	EEM	0,19	0,14	0,11	0,06	0,15				
Adhesividad (g*cm)	0,3	32,20 ^a	50,15 ^a	54,45 ^{az}	203,60 ^b	373,45 ^{cz}	13,06			
	0,7	35,90 ^a	61,30 ^a	75,60 ^{ay}	235,25 ^b	450,85 ^{cy}	15,10			
	1	39,45 ^a	54,00 ^a	74,50 ^{ay}	229,35 ^b	441,60 ^{cy}	13,83			
	EEM	22,68	19,48	3,55	6,22	6,15				

a - d: Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente por tipos de sondas (Prueba de Tukey, P <0,05).

z - y: Medias en la misma columna con diferente letra difieren estadísticamente por velocidad (Prueba de Tukey, P <0,05)

Fuente: González. A, Sánchez. D (2018)

Respecto a los valores de los parámetros de dureza, trabajo de dureza terminado, trabajo total y fuerza de adhesividad obtenidos con las tres sondas en forma de cono, se observa que, en las tres velocidades estudiadas los valores aumentaron con el grado de inclinación de los conos. Al comparar los valores de textura instrumental obtenido con las sondas esfera y cuchillo, se observa que los valores de dureza se sitúan entre el cono 30° y 45°, mientras que trabajo de dureza terminado y trabajo total se ubican los valores entre los conos 45° y 60°.

En el caso de la fuerza de adhesividad, la esfera da valores intermedios entre aquello que ofrece los conos de 45° y 60° mientras que el uso del cuchillo como sonda da valores superiores al resto de sondas. Para la adhesividad al ser medida con la esfera y el cuchillo, estas dos sondas presentaron valores superiores a los tres conos.

Cuando se utiliza los conos de 30° y 60°, al utilizar la velocidad baja, obtiene valores de dureza, trabajo dureza terminado y trabajo total inferiores a los obtenidos con la

velocidad media y rápida, los cuales son iguales entre ellos. Al utilizar el cono de 45°, no presento efecto de la velocidad para estos tres parámetros.

Respecto a la fuerza de adhesividad y adhesividad solo se observó un efecto de la velocidad usando el cono de 60°, donde la velocidad baja presenta valores medios más bajos que las otras dos velocidades. Cuando se usan las sondas esfera y cuchillo, no hay un efecto de la velocidad de la prueba para ningún parámetro de textura instrumental, excepto en la adhesividad al usar e cuchillo, donde otra vez la velocidad baja ofrece valores más bajos que la velocidad media y alta.

b. PCA y Análisis de Conglomerado

En la figura 7, se presenta la representación gráfica de del análisis de componentes principales de los datos de textura instrumental, los cuales están definidos por colores según la sonda utilizada. Se observa, claramente, agrupaciones de las observaciones bien definidas según la sonda utilizada. Esto significa que el conjunto de variables dependientes, es decir, todos los parámetros obtenidos con el equipo sobre la textura instrumental, nos da información diferenciada según la sonda utilizada.

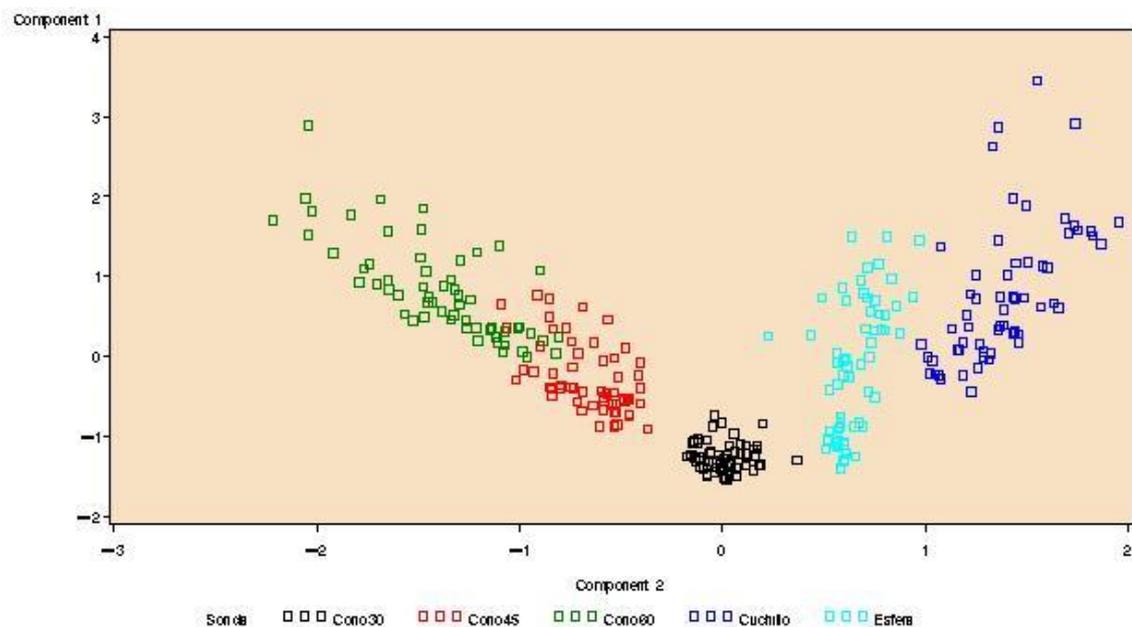
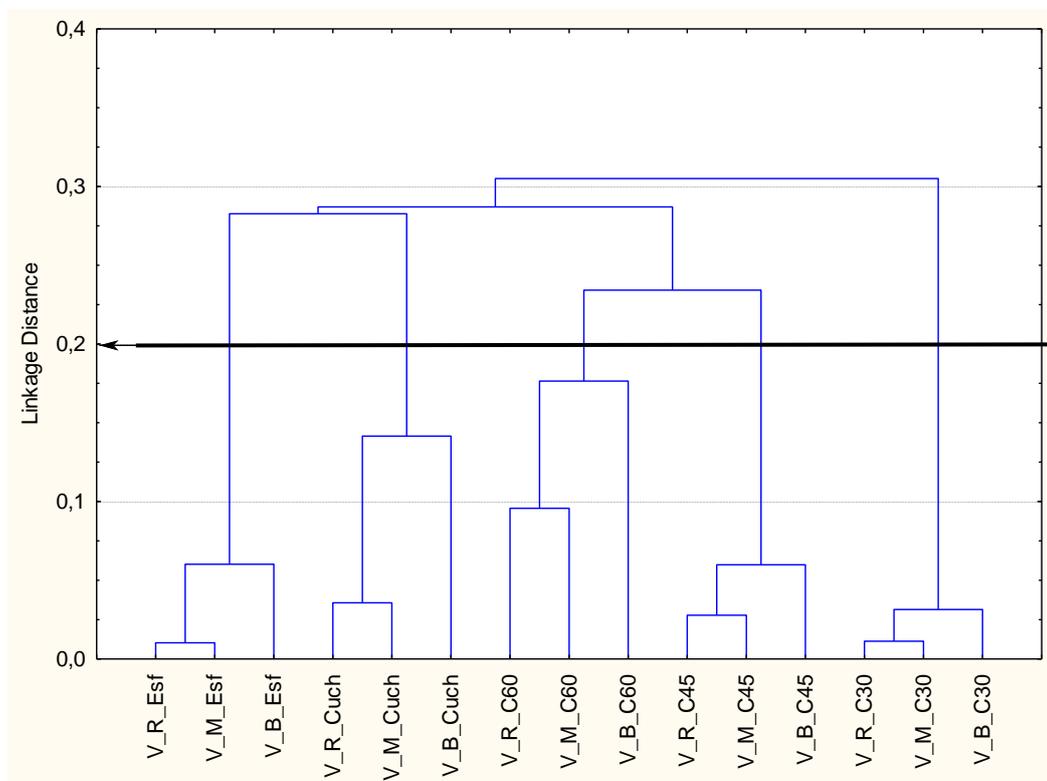


Figura 7. Representación gráfica del análisis de componente principal de los datos de textura instrumental del queso crema, medidos con las diferentes sondas, según se observa por el color.

En la figura 8, se presenta de forma gráfica el diagrama de distancias euclidianas del análisis de conglomerados obtenidos a partir de los datos obtenidos al utilizar las sondas con diferentes niveles de velocidad en la prueba de penetración del queso crema. En este caso la distancia de vinculación se decide que este a 0,2 puntos. De esta manera, se observa claramente cinco grupos de protocolos. Para los cinco grupos en los distintos protocolos se forman de acuerdo a las sondas (cono de 30°, 45°, 60°, esfera y cuchillo) utilizada en el experimento, donde se observa que la velocidad baja se mantiene distante con respecto a las demás velocidades estudiadas (media y rápida) las cuales están más próximas entre ellas.



V_R: Velocidad Rápida; V_M: Velocidad Media; V_B: Velocidad Baja. Esf: Esfera; Cuch: Cuchillo; C60: Cono de 60°; C45°: Cono de 45°; C30: Cono de 30°

Figura 8 Diagrama de distancias euclidianas de los protocolos empleados en la prueba de penetración del queso crema.

En la figura 9 se presenta de forma gráfica el diagrama de distancias euclidianas de conglomerados obtenidos a partir de los datos de textura instrumental del queso crema, en este caso la distancia de vinculación se decide que este a 0,2 puntos. De esta manera, se observa claramente tres grupos de parámetros. Uno de ellos está formado por el

trabajo total, trabajo dureza terminado y dureza. El trabajo total y trabajo dureza terminado son más próximos entre ellos, mientras que por otro lado el parámetro de adhesividad y fuerza de adhesividad se presentaron en grupos separados.

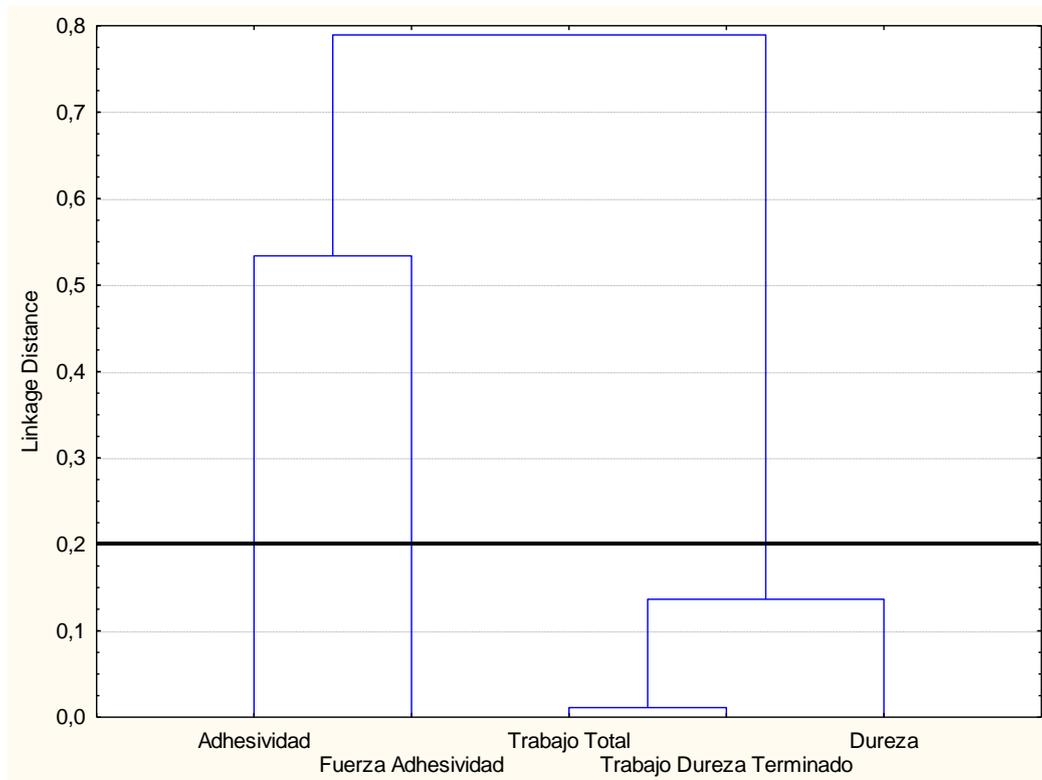


Figura 9 Diagrama de distancias euclidianas de los parámetros de textura instrumental del queso crema.

5.1.3. Correlación entre textura sensorial e instrumental

A continuación, se detalla los resultados de las correlaciones entre los parámetros de textura sensorial del queso crema con cada uno de los parámetros de textura instrumental, obtenido a partir de las sondas utilizadas en este experimento.

En la tabla 7, 8, 9, se presentan las correlaciones antes mencionadas para las pruebas de textura instrumental usando velocidades de 0,3 mm/s, 0,7 mm/s, 1 mm/s, respectivamente. Prácticamente, a pesar de que existe valores de correlación tanto positivas como negativos, y que algunos de ellos son significativos (sólo 5 correlaciones), no son lo suficientemente cercanos al 1 o al -1. Por tanto, se considera

que no existe correlación entre los parámetros de textura sensorial e instrumental del queso crema medido con las tres velocidades estudiadas.

Tabla 7 Coeficientes de correlación entre los parámetros de textura sensorial y los parámetros del análisis de textura instrumental del queso crema, medido a una velocidad de 0,3 mm/s.

Dureza vs Parámetros de textura sensorial				
VARIABLES	Firmeza a la penetración	Untabilidad en superficie	Adhesividad en Boca	Firmeza en boca
Entre sondas	0,068	-0,022	-0,079	0,008
Cono 30	0,135	-0,037	0,117	0,165
Cono 45	0,227	-0,043	-0,190	0,049
Cono 60	0,333	-0,120	-0,193	0,123
Cuchillo	-0,130	0,069	-0,318	-0,154
Esfera	0,156	-0,103	-0,086	-0,021
Trabajo Dureza Terminado vs Parámetros de textura sensorial				
Entre sondas	0,089	-0,051	-0,126	-0,008
Cono 30	0,158	-0,053	0,102	0,151
Cono 45	0,242	-0,062	-0,180	0,086
Cono 60	0,360	-0,150	-0,202	0,118
Cuchillo	-0,090	0,046	-0,357	-0,173
Esfera	0,165	-0,167	-0,123	-0,028
Trabajo Total vs Parámetros de textura sensorial				
Entre sondas	0,090	-0,052	-0,126	-0,008
Cono 30	0,155	-0,054	0,098	0,151
Cono 45	0,244	-0,066	-0,178	0,089
Cono 60	0,358	-0,152	-0,198	0,119
Cuchillo	-0,086	0,042	-0,360	-0,174
Esfera	0,164	-0,165	-0,123	-0,030
Fuerza de Adhesividad vs Parámetros de textura sensorial				
Entre sondas	0,088	-0,021	-0,101	0,006
Cono 30	0,026	0,004	0,099	0,093
Cono 45	0,294	0,079	-0,024	0,175
Cono 60	0,474 *	-0,198	-0,294	0,097
Cuchillo	-0,125	0,057	-0,290	-0,135
Esfera	0,142	-0,125	-0,135	-0,045
Adhesividad vs Parámetros de textura sensorial				
Entre sondas	0,011	-0,016	-0,071	-0,037
Cono 30	0,062	-0,126	-0,030	0,156
Cono 45	0,124	0,044	-0,125	-0,061
Cono 60	0,377	-0,362	-0,386	-0,040
Cuchillo	-0,199	0,100	-0,243	-0,159
Esfera	0,167	-0,143	-0,201	-0,149

* $p \leq 0.05$. Las correlaciones marcadas son significativas.

Tabla 8 Coeficientes de correlación entre los parámetros de textura sensorial y los parámetros del análisis de textura instrumental del queso crema, medido a una velocidad de 0,7 mm/s.

Dureza vs Sensorial				
Variables	Firmeza a la penetración	Untabilidad en superficie	Adhesividad en Boca	Firmeza en boca
Entre sondas	0,068	-0,017	-0,030	0,014
Cono 30	-0,035	-0,117	-0,138	-0,214
Cono 45	0,279	0,138	0,047	0,141
Cono 60	0,300	-0,093	-0,050	0,158
Cuchillo	0,031	-0,055	-0,217	-0,125
Esfera	0,058	-0,049	-0,020	-0,008
Trabajo Dureza Terminado vs Sensorial				
Entre sondas	0,068	-0,025	-0,063	-0,017
Cono 30	-0,012	-0,164	-0,130	-0,204
Cono 45	0,255	0,117	-0,007	0,107
Cono 60	0,270	-0,077	-0,043	0,142
Cuchillo	0,045	-0,055	-0,272	-0,157
Esfera	0,042	-0,052	-0,044	-0,054
Trabajo Total vs Sensorial				
Entre sondas	0,069	-0,025	-0,063	-0,016
Cono 30	-0,014	-0,175	-0,112	-0,205
Cono 45	0,256	0,117	-0,006	0,111
Cono 60	0,270	-0,079	-0,043	0,142
Cuchillo	0,048	-0,052	-0,271	-0,156
Esfera	0,042	-0,052	-0,043	-0,054
Fuerza de Adhesividad vs Sensorial				
Entre sondas	0,048	0,009	-0,054	-0,021
Cono 30	-0,309	-0,014	-0,236	-0,595 *
Cono 45	0,256	0,371	0,188	0,275
Cono 60	0,239	-0,018	-0,086	0,139
Cuchillo	0,041	-0,045	-0,206	-0,109
Esfera	0,042	-0,044	-0,055	-0,076
Adhesividad vs Sensorial				
Entre sondas	0,028	-0,001	-0,013	0,007
Cono 30	-0,332	0,000	-0,108	-0,563 *
Cono 45	0,168	0,299	-0,013	0,223
Cono 60	0,208	0,001	0,055	0,265
Cuchillo	0,081	-0,023	-0,056	0,063
Esfera	0,096	-0,076	-0,052	-0,077

* $p \leq 0.05$. Las correlaciones marcadas son significativas.

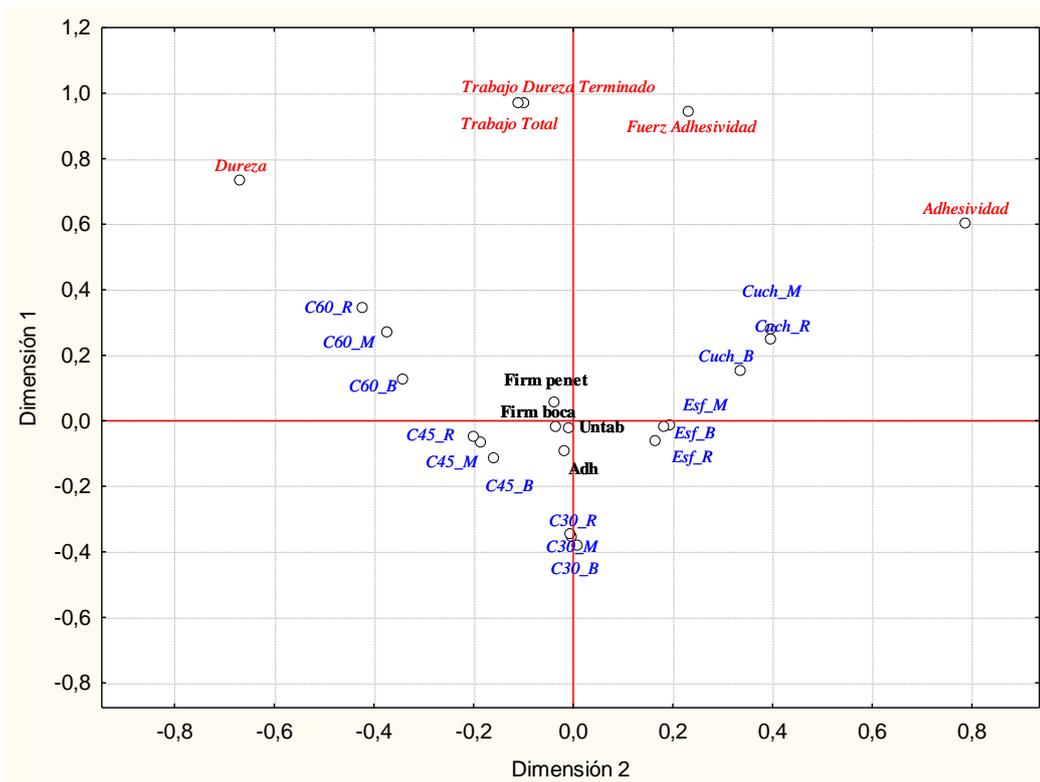
Tabla 9 Coeficientes de correlación entre los parámetros de textura sensorial y los parámetros del análisis de textura instrumental del queso crema, medido a una velocidad de 1 mm/s.

Dureza vs Sensorial				
Variabes	Firmeza a la penetración	Untabilidad en superficie	Adhesividad en Boca	Firmeza en boca
Entre sondas	0,025	0,012	-0,061	-0,016
Cono 30	0,062	0,118	-0,129	-0,107
Cono 45	-0,005	0,420	-0,078	0,077
Cono 60	0,134	0,022	-0,173	0,047
Cuchillo	0,175	-0,188	-0,372	-0,126
Esfera	-0,050	-0,041	-0,069	-0,154
Trabajo Dureza Terminado vs Sensorial				
Entre sondas	0,034	0,012	-0,086	-0,027
Cono 30	0,065	0,118	-0,109	-0,098
Cono 45	0,026	0,463 *	-0,036	0,132
Cono 60	0,112	0,068	-0,120	0,106
Cuchillo	0,148	-0,185	-0,396	-0,130
Esfera	-0,025	-0,004	-0,007	-0,118
Trabajo Total vs Sensorial				
Entre sondas	0,035	0,012	-0,087	-0,028
Cono 30	0,057	0,108	-0,115	-0,103
Cono 45	0,026	0,459 *	-0,042	0,127
Cono 60	0,110	0,066	-0,124	0,094
Cuchillo	0,147	-0,185	-0,395	-0,130
Esfera	-0,021	-0,006	-0,007	-0,115
Fuerza de Adhesividad vs Sensorial				
Entre sondas	0,038	0,007	-0,087	-0,005
Cono 30	0,194	0,041	0,040	0,194
Cono 45	-0,111	0,355	-0,034	0,040
Cono 60	0,134	-0,005	-0,208	0,123
Cuchillo	0,181	-0,177	-0,355	-0,104
Esfera	-0,024	-0,037	-0,056	-0,146
Adhesividad vs Sensorial				
Entre sondas	0,014	-0,016	-0,044	-0,023
Cono 30	0,193	-0,072	0,115	0,246
Cono 45	-0,103	0,316	0,079	0,058
Cono 60	-0,082	0,153	-0,178	0,056
Cuchillo	0,146	-0,167	-0,318	-0,140
Esfera	-0,011	-0,102	-0,051	-0,146

* $p \leq 0.05$. Las correlaciones marcadas son significativas.

5.1.4. Análisis de componentes principales

En la figura 10 del análisis de componentes principales, se presenta la distribución espacial de los protocolos de sondas y velocidad (azul), así como los parámetros de textura sensorial (negro) e instrumental (rojo).



V_R: Velocidad Rápida; V_M: Velocidad Media; V_B: Velocidad Baja; Esf: Esfera; Cuch: Cuchillo; C60: Cono de 60°; C45°: Cono de 45°; C30: Cono de 30°; Firm penet: Firmeza a la penetración; Firm boca: Firmeza en boca; Untab: Untabilidad en superficie; Adh: Adhesividad

Figura 10 Análisis de componentes principales por protocolos de prueba

La distribución de los protocolos es similar a encontrada para cada una de las observaciones en la figura 8, confirmando la diferenciación de los resultados del análisis instrumental debido a la sonda utilizada.

En cuanto a la asociación con los parámetros instrumentales y sensoriales con los protocolos, en la dimensión 1, se observa que hay concordancia entre los parámetros de dureza terminado, trabajo total, fuerza de adhesividad y el resto de parámetros sensoriales, con los protocolos que utilizan el cono de 30°, cono de 45 y la sonda esférica. El parámetro de adhesividad instrumental está más cercano a los protocolos que utilizan la cuchilla, mientras que la dureza, como parámetro independiente, está más cercano a los protocolos que utilizan el cono 60°.

5.2. DISCUSIÓN

5.2.1. Relación entre sondas y resultados de textura instrumental

Tal y como se reporta en la sección de resultados, se observa el aumento de los valores medios de la mayoría de los parámetros de textura instrumental al aumentar el ángulo de inclinación de los conos. Esto puede ser debido a la resistencia que se encuentra la sonda con la superficie de la muestra del queso crema. A menor ángulo, mayor facilidad de penetración de la sonda en la muestra.

Tanto la esfera como la sonda en forma de cuchillo presentaron valores, principalmente, entre la sonda cono 45° y cono 60° en los parámetros de dureza, trabajo dureza terminado y trabajo total. Esto es debido a que, en el caso de la esfera, esta penetra la muestra con mayor resistencia que el cono de 30°, y en el caso del cuchillo, no entra de forma punzante, sino con un filo alargado de 60 mm. En esta investigación se encontraron valores superiores de fuerza de adhesividad y adhesividad cuando se utilizan la sonda en forma de esfera y cuchillo en el queso crema respecto a valores obtenidos con los conos. Esta similitud entre sondas, cuando se tiene en cuenta todas las variables en un análisis multiparamétrico, se pudo observar en el dendograma de la figura 8.

En esta investigación se encontraron valores superiores obtenidos respecto a la fuerza de adhesividad y adhesividad cuando se analizan con las sondas esfera y cuchillo, en comparación con los valores obtenidos con los conos. Esto puede ser debido a la mayor superficie de contacto del cuchillo o a la forma esférica de la esfera la cual permite que queden restos de queso o una mayor resistencia al separarse de la muestra en el momento de retorno de la sonda.

De Man (1969) confirmó que la fuerza de perforación depende tanto del área, el perímetro de la sonda y proceso de elaboración del queso. O'Callaghan y Guinee (2004) en una revisión sobre la reología de los quesos, hicieron notar que el progreso de una sonda, y, por tanto, la respuesta sobre los parámetros dureza, trabajo dureza terminado, trabajo total, fuerza de adhesividad y adhesividad, se ven afectados por la adhesión del queso a la superficie de la sonda utilizada. Por ello que este trabajo, a

mayor superficie de contacto o mayor grado de inclinación de los conos, mayores valores encontrados para dichos parámetros.

5.2.2. Efecto de la velocidad sobre la textura instrumental del queso crema.

Shama y Sherman (1973) observaron que la velocidad de prueba en diferentes alimentos generalmente se seleccionaba al azar. Citaron nueve ejemplos de pruebas de compresión en alimentos con un texturometro Instron en el que las velocidades de deformación oscilaron entre 0,33 y 8,33 mm/s. Sus datos mostraron que a medida que aumentaba la velocidad de la prueba, también aumentaba la fuerza requerida para lograr la compresión de la prueba de la muestra.

Esta afirmación concuerda con los resultados obtenidos en este experimento donde también se encontró que, al utilizar todas las sondas de este estudio, los valores de los parámetros instrumentales de dureza, trabajo dureza terminado y trabajo total aumentaron a medida que también lo hizo la velocidad. Y en la mayoría de los casos, los valores obtenidos con la velocidad rápida y media eran iguales entre ellos, pero diferentes a la velocidad baja. Sin embargo, este comportamiento no se observó al utilizar el cono de 45°, la esfera y el cuchillo. Esto implica que estas sondas no son lo suficientemente “sensitivas” para encontrar diferencias debido a la velocidad, que tal como Shama y Sherman (1973) establecieron que debían encontrarse.

Voisey y Wasik (1978), en ensayos realizados con un texturómetro Instron a diferentes velocidades de prueba, estudiaron los factores que afectan la resistencia a la fractura de spaghetti crudo mediante la prueba de flexión. Concluyeron que la resistencia a la fractura también está influenciada por la velocidad de prueba. Mediante esta prueba pueden detectarse diferencias significativas entre muestras al utilizar distintos niveles de velocidad.

Por otro lado, y más relacionado con los quesos, un estudio realizado por Nogales (2018) sobre el análisis de perfil de textura en muestras de queso fresco de diferentes formas y tamaños, al probar 3 velocidades distintas determinó que estos parámetros son factores que afectan a los resultados de los parámetros de análisis de perfil de textura instrumental. Como se puede observar en esta investigación, la velocidad de

prueba es un factor que influye en los resultados de los análisis de textura instrumental del queso crema, por lo que es necesario determinar las condiciones de la prueba para obtener resultados precisos, exactos y concluyentes.

5.2.3. Asociatividad entre textura sensorial e instrumental

Hay que tener en cuenta que, cuando se realiza un análisis sensorial o instrumental de textura, los parámetros deben verse como un conjunto, y no por separado, pues existe mucha interrelación entre ellos. Esto se demuestra al analizar las correlaciones individuales por parámetros, los cuales se muestran muy bajo. Es por ello que se precisa siempre análisis multiparamétricos en este tipo de estudios, ya que en los resultados obtenidos del queso crema, no existe correlación en los parámetros de textura sensorial e instrumental cuando se ven de forma individual.

Sin embargo, Hennequin y Hardy (1993) utilizando una sonda cilíndrica (5 mm de diámetro a una velocidad de 10 mm/min a una profundidad de 10 mm) para penetrar quesos de pasta blanda (Camembert, Coulommier y Munster), encontraron que la fuerza de penetración a 10 mm, dio una alta correlación con la firmeza sensorial ($r = 0,94$, $n = 19$).

En otro estudio, Breuil y Meullenet (2001) encontraron altas correlaciones lineales entre los parámetros de textura sensorial e instrumental de una amplia gama de quesos (Colby, Edam, Cheddar, Mozzarella y crema) comerciales al utilizar como sonda un cono de 30° y aguja de 2mm en la prueba de penetración. Pocos autores han comparado los parámetros de textura del queso medidos instrumentalmente con la evaluación sensorial de estos mismos parámetros.

5.2.4. PCA de los parámetros instrumentales y sensoriales del queso crema y protocolos de análisis

En esta investigación, no se observó asociatividad entre los protocolos de análisis instrumental y las variables dependientes en relación a su cercanía, tal como se puede muestra en la figura 10. Pero a través de las dimensiones, en la dimensión 1 hay linealidad entre algunos parámetros instrumentales, sensoriales, las sondas cono 30°,

45° y esfera, mientras que en la dimensión 2, solo están los parámetros sensoriales, cono de 45° y esfera.

Esta interpretación podría darnos una pista respecto a las sondas que podrían ser mejores candidatos al seleccionar los protocolos de prueba de textura instrumental. Teniendo en cuenta, que las discusiones previas, la sonda cono 45°, esfera y cuchillo no eran lo suficientemente válidos para encontrar diferencias debidas a la velocidad. El cono de 30° y la esfera serían buenos candidatos al análisis. Por otro lado, la esfera da resultados de adhesividad muy diferentes a los que ofrecen los conos. En este caso, teniendo en cuenta las características adhesivas del queso crema, es muy recomendable la utilización de la esfera para medir este tipo de características en el queso.

La sonda cuchillo, la cual también brinda resultados de textura instrumental del queso crema similares a la esfera según el dendograma 8, sería más recomendable en pruebas de corte o penetración que simule el uso de un cuchillo para untar.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- El estudio destaca el importante papel del tipo de sondas, así como la velocidad de la prueba son factores que afectan a los resultados de los parámetros de textura instrumental.
- Los datos obtenidos de las muestras de queso crema en la prueba de penetración al ser analizadas con el cono con ángulo de 60° presentan valores mayores a los demás tipos de sondas; los parámetros que sufren este efecto son dureza, trabajo de dureza terminado y trabajo total. Con respecto a los parámetros de fuerza de adhesividad y sobre todo de adhesividad, se observa valores superiores al usar la sonda en forma de cuchillo y esfera, debido principalmente al tamaño en contacto de la sonda y la velocidad de prueba.
- Las pruebas con velocidad rápida y media, mostraron valores trabajo de dureza, trabajo dureza terminado y trabajo total son estadísticamente similares entre ellos, pero diferentes a los obtenidos con la prueba de velocidad baja. En los parámetros de dureza, trabajo dureza terminado y trabajo total, estos valores aumentaron con

la velocidad de prueba, cuando se usan los conos de 30° y 60°. Este efecto no se presentó con el cono de 45°, la esfera y el cuchillo.

- Para el análisis de conglomerados en esta investigación se observa que no hay asociatividad en cercanía, solo existe linealidad con los parámetros de textura instrumental y sensorial en la dimensión 1 y 2, sobre todo con el cono de con ángulo de 30°.
- La propuesta de protocolo a seguir luego de los resultados obtenidos en esta investigación, se sugiere utilizar la sonda en forma de cono con ángulo de 30°, ya que esta sonda es más sensitiva con respecto de las demás sondas en la prueba de penetración en queso crema y las velocidades elegibles serían 0,7 y 1 mm/s, con una distancia penetración constante de 20 mm.

6.2. RECOMENDACIONES

- La composición fisicoquímica, viscosidad, pH y contenido de grasa debe investigarse más para proporcionar una mayor comprensión de los mecanismos relacionados con las percepciones de la textura del queso crema.
- Se recomienda realizar otros estudios variando la temperatura de la muestra, la humedad, la presentación de la muestra, ya que pueden afectar los resultados de la prueba. Con respecto al texturómetro se considera probar distintos porcentajes de penetración.
- Se recomienda el uso de la sonda con ángulo de 30°, ya que esta sonda brinda mayor información en la prueba de penetración, para luego los datos pueda ser analizados.
- No se recomienda usar el cono con ángulo de 45°, la esfera y cuchillo, ya que, al utilizar diferentes velocidades de prueba, estas sondas no son lo suficientemente sensitiva para encontrar diferencias debido a la velocidad.
- Se recomienda realizar estudios aplicando la prueba de penetración en diferentes productos alimenticios y no alimenticios, para que esta prueba de textura se convierta en un método ampliamente utilizado. Este método aún no se ha explotado por lo que se requiere que se realice un mayor número de estudios.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alais, C. (1985). Ciencia de la leche. Principios de técnica lechera. Cuarta edición. Editorial Reverté S.A. Barcelona, España., 873.
- Ayyash M., Sherkat F., Francis P., Williams R. P. W Y Shah N.P (2011) The effect of sodium chloride substitution with potassium chloride on texture profile and microstructure of Halloumi cheese. *American Dairy Science Association. J. Dairy Sci.* 94 :37–42
- Bayarri, S., I. Carbonell, and E. Costell. (2012). Viscoelasticity and texture of spreadable cheeses with different fat contents at refrigeration and room temperatures. *J Dairy Sci.* 97: 6926-6936.
- Becker, T., and Puhan Z. (1989). Effect of different processes to increase the milk solids non-fat content on the rheological properties of yoghurt. *Milchwissenschaft* 44:626–629.
- Bourne, M. (2002). Food texture and viscosity; Concept and Measurement. 2nd edn, Academic Press, San Diego.
- Breuil, P. and Meullenet, J. (2001). A comparison of three instrumental tests for predicting sensory texture profiles of cheese. *J. Text. Stud.* 32, 41-45.
- Codex, S. (1973). Norma Del Codex Para El Queso Crema. Recuperado de www.fao.org/input/download/standards/216/CXS_275s.pdf.
- Delahunty, C. M. and Drake M. A. (2004). Sensory character of cheese and its evaluation. Pages 455-487, in: *Cheese Chemistry, Physics and Microbiology*. Vol. 1: General Aspects. 3rd edn. P. F. Fox, P. L. H. McSweeney, T. M. Cogan, and T. P. Guinee, eds. Elsevier Science & Technology, London.
- Delgado, H. (2013) Medición de textura de jamón de cerdo Zamorano con los texturómetros BrookfieldCT3 e Instron 4444. Tesis de Ingeniero Agroindustrial. Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.
- deMan, J. M. 1969. Food texture measurements with the penetration method. *J. Texture Stud.* 1, 114–119.
- Ennis, D. M. (1993). The power of sensory discrimination methods. *Journal of Sensory Studies* 8: 353–370.

- García Islas, B. (2006). Caracterización fisicoquímica de diversos tipos de quesos elaborados en el Valle de Tulancingo Hgo con el fin de proponer normas de calidad. . Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. Tulancingo, Hgo. México, 98.
- Gastélum, R.O., Nevárez, G.V, Gastélum, M.G. (2009). Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos. Vol. III, No. 1.
- Guinee, T. P., Pudja P. D, and. Farkye N. Y. (1993). Fresh acid-curd cheese varieties. Pages 363–419 in *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Vol. 1. 2nd ed. P. F. Fox, ed. Chapman & Hall, London, UK.
- InLac. (2016). El queso en España. Infografía Queso InLac. Recuperado de: https://www.inlac.es/admin/uploads/files/id_06114249_InfografiaQuesoInLac.pdf
- Kapsalis, J.G. and Moskowitz, H.R. (1978). Views on relating instrumental tests to sensory assessment of food texture. Applications to product development and improvement. *J. Texture Studies* 9, 371-393
- Lucey, J. A., P. A. Munro, and H. Singh. (1998). Rheological properties and microstructure of acid milk gels as affected by fat content and heat treatment. *J. Food Sci.* 63:660–664.
- Martens, R. (1972). Influence de quelques facteurs sur la consistance et le goût du yoghourt brassé. *Rev. Agric.* 3:461–480.
- McKenna, B. (2003). *Texture in Food Volume 1: Semi-solid foods*, edited by McKenna, B. M. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, Boca. 425.
- Meilgaard, M. C., Civille G. V., and. Carr B. T. (1999). *Sensory evaluation techniques*. 3rd edn. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Morales, A. (1994). *La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica*. Acribia. Zaragoza, España.
- Nogales, D, y Sánchez, D. (2018). Efecto de la forma y dimensión de muestras de queso fresco y velocidad de prueba sobre el análisis de perfil de textura instrumental (tesis pregrado). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

- O'Callaghan, D. J. and T. P. Guinee. (2004). Rheology and texture of cheese. Pages 511-540, in: *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Vol. 1: General Aspects. 3rd edn. Elsevier Science & Technology, London.
- Olson, N.F. (1979). Cheese. In *Biotechnology*, Vol. 9, Eds, H.-J. Rehm and G. Reed, 355-384 Weinheim, Germany: Verlag Chemie.
- Phadungath, C. (2003). A study of structure development in cream cheese and the impact of processing conditions on cheese texture, and sensory properties. MS thesis. Univ. of Wisconsin, Madison.
- Sanchez, C., J. L. Beauregard, M.-H. Chassagne, A. Duquenoy, and J. Hardy. (1994b). Rheological and textural behaviour of double cream cheese.
- Sanchez, C., J. L. Beauregard, M.-H. Chassagne, J. J. Bimbenet, and J. Hardy. (1994a). Rheological and textural behaviour of double cream cheese. Part I: Effect of curd homogenization. *J. Food Eng.* 23:579–594.
- Schulz-Collins, D., and B. Senge. (2004). Acid and acid/rennet-curd cheeses. Part A: Quark, cream cheese and related varieties. Pages 301–328 in *Cheese Chemistry, Physics and Microbiology*, Vol. 2, Major Cheese Groups. 3rd ed. Elsevier Science & Technology, London, UK.
- Szczesniak, A. S. (1986). Correlating sensory with instrumental texture measurements-an overview of the recent developments. *Journal of Texture Studies*, 18, 1-15.
- Tamime, A. Y., and R. K. Robinson. (1999). *Yoghurt: Science and Technology*. 2nd ed. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK.
- Van Hekken, D.L. y Farkye, N. (2003). Hispanic Cheese: The quest for cheese. *Food Technology.*, 57: 32-38.
- Voisey, P.W. y Wasik, R, (1978). Measurement the strength of uncooked spaghetti by the bending test. *Can. Inst. Food Sci. J.*, 11(1), 34-37.
- Wendin, K., M. Langton, L. Caous, and G. Hall. (2000). Dynamic analyses of sensory and microstructural properties of cream cheese. *Food Chem.* 71:363–378.
- Wium, H., Gross, M. and Qvist, K.B. (19979). Uniaxial compression of UFFeta cheese related to sensory texture analysis. *J. Texture Studies* 28, 455-476.