

ESTUDIO DE LA DUREZA DEL QUESO EDAM POR MEDIO DE ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA Y PENETROMETRIA POR ESFERA

Luis Alfredo Zúñiga Hernández¹; Héctor José Ciro Velásquez²
y Jairo Alexander Osorio Saraz³

RESUMEN

Se estudió la dureza del queso Edam a través de la técnica de penetrometría y análisis de perfil de textura (TPA). Los resultados estadísticos indicaron que la dureza del producto incrementó con el tiempo de maduración, pero estos valores dependen de la técnica de medición ($P < 0,05$). El análisis de regresión lineal mostró una relación del 85 % entre los dos métodos, donde los valores de dureza obtenidos utilizando el penetrómetro por esfera son subestimados con respecto a los valores obtenidos con la técnica del análisis de perfil de textura.

Palabras claves: Reología, queso edam, dureza, penetrómetro, analizador de textura.

ABSTRACT

STUDY OF EDAM CHEESE HARDNESS USING TEXTURE PROFILE ANALYSIS AND PENETROMETRY BY SPHERE

Hardness of Edam cheese through penetrometry technique and texture profile analysis (TPA) was studied. The statistical results indicated that product hardness increases with ripening time but its values depends upon the measurement technique ($P < 0,05$). Lineal regression analysis showed a relation of 85 % between two methods where the values of hardness obtained using penetrometry by sphere are underpredicted with respect to values reached with texture profile analysis technique.

Key words: Rheology, edam cheese, hardness, penetrometer, texture analyzer.

¹ Ingeniero Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779, Medellín, Colombia. <luisalfa@latinmail.com>

² Profesor Asistente. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias A.A. 1779 Medellín, Colombia. <hjciro@unalmed.edu.co>

³ Instructor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias A.A. 1779 Medellín, Colombia. <aosorio@unalmed.edu.co>

Recibido: Junio 20 de 2006; aceptado: abril 2 de 2007.

Actualmente en Colombia existe un desconocimiento generalizado del comportamiento reológico de la mayoría de los productos de índole agropecuario a pesar de que existen técnicas instrumentales y ciencias teóricas para realizarlo. La textura es un factor muy importante en la selección y preferencia de los alimentos, y además es reconocida como el mayor atributo de su calidad, por encima de la apariencia, el sabor, el olor y la composición nutricional.

La importancia económica de la producción de alimentos, junto con la complejidad de la tecnología para su producción, procesamiento y aceptación, requieren un mayor conocimiento de sus propiedades texturales y reológicas con el fin de ofrecer alimentos con aceptables niveles de calidad.

En los alimentos la dureza, es la fuerza requerida para comprimir una sustancia con los dientes molares o con la lengua y el paladar. Actualmente la forma de medir la dureza del queso y otros alimentos similares es por medio de la mordida humana que es bastante diciente para la persona que lo realiza. Existen algunos problemas con este tipo de medición como son la falta de precisión, la inexactitud en la medida y la dificultad de registrar de una manera formal dicha medida. El método es muy subjetivo, ya que puede variar en las personas dependiendo de sus gustos particulares, estado de ánimo y su fortaleza en la mordida la cual es altamente dependiente de los hábitos alimenticios. Otro método de uso común en la

industria alimentaria es con el penetrómetro con lo que se mide la dureza de algunos alimentos que se consideran "duros" y el cual se acomoda para la medición de la dureza de la mayoría de los quesos. Este método se considera más útil, formal y preciso para la medición de la dureza. Otro método de medición de índole empírico, con el cual se puede determinar el grado de dureza del producto, es por medio del Análisis de Perfil de Textura (TPA) en el cual el producto es sometido a una doble compresión con el objetivo de simular el proceso de masticación humana. Esta técnica ha sido usada con la ayuda de paneles sensoriales para establecer escalas de aceptación del producto.

Queso. Es el producto fresco o madurado obtenido por coagulación y separación de suero de cualquiera de los siguientes productos: leche, nata, leche desnatada (total o parcialmente), suero de mantequilla o de una mezcla de cualquiera de ellos (Cenzano 1992, Ordoñez 1998).

Para Scott 1991 y Ordóñez 1998, es la cuajada formada al coagular la leche producida por la actividad enzimática de determinados microorganismos presentes en la leche o añadidos a ella, y por la adición de cuajo y subsiguiente separación del suero para la obtención de un coágulo más firme.

Desde un punto de vista de ingeniería el queso es un material compuesto conformado principalmente por agua, grasa, proteína y otros elementos, donde la caseína es el principal componente

estructural y la cual forma una red que puede ser dividida por las fronteras de los gránulos de la cuajada, partículas de grasa, agua y burbujas de gas. Generalmente, la caseína forma una red que se extiende en todas las direcciones formando una jaula, donde la rigidez depende de la abertura de la red, de la cantidad de agua que enlaza a la caseína y la presencia de grasa y agua libre. El agua actúa como un aditivo plástico donde el incremento del agua aumentará la plasticidad del producto y viceversa (Prentice 1992). Además, el queso estructuralmente consiste de una matriz proteica continua en la cual los glóbulos de grasa se encuentran dispersos ocupando espacios vacíos en la matriz abierta actuando como aglomerados (Jaros *et al.* 2001).

Según la norma técnica colombiana 750 dada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC) 1993, el queso fresco es un producto pasteurizado sin madurar, que después de su fabricación está listo para el consumo. El queso madurado es un producto que después de su fabricación, permanece un tiempo determinado en condiciones ambientales para que se produzcan los cambios bioquímicos y físicos característicos del producto.

Según el Código Alimentario Argentino (C.A.A). 1976, se define al queso como el producto fresco o madurado que se obtiene por separación del suero de la leche o de la leche reconstituida entera, parcial o totalmente descremada coagulada por acción del cuajo y/o enzimas específicas. Se complementa con bacterias específicas o ácidos orgánicos

permitidos y en algunos casos con sustancias colorantes permitidas, especias o condimentos u otros productos alimenticios. Para Eck 1990, el queso es un cuerpo viscoplastoelástico.

Queso Edam. Cenzano 1992, expone que el queso Edam es originario de la localidad de Edam en Holanda, hecho a base de leche de vaca, de pasta prensada (tierna, dura o semidura, según su estado de madurez), con corteza coloreada de rojo intenso sin agujeros o con muy pocos, la pasta es de color amarillo pálido o amarillo mantecoso con un sabor ligeramente ácido con un contenido de grasa del 30 al 45 % sobre el total de materia seca. Scott 1991 y Madrid 1994, también coinciden en que el queso Edam se fabrica con un contenido de grasa del 30, 40 y 50 % sobre la materia seca, además añade que se elaboran en forma de esferas aplastadas o bloques y que su textura es elástica, más blanda que la del queso Gouda y con pocos ojos, los cuales son redondos y ovals. Su maduración requiere un tiempo de 3 a 4 semanas a 12-14 °C. Scott 1991, dice que el periodo de maduración de estos quesos depende del contenido de humedad al que se deseen ajustar y oscila entre las dos semanas y los dos meses, además cuando la cuajada se lava para eliminar parte de la lactosa y escaldar la cuajada, el suero todavía retenido posee una acidez menor, si bien la cuajada mantiene su pH. Una descripción detallada de elaboración del queso Edam es hecha por el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) 1987y Cenzano 1992.

Reología. Para Eck 1990, Prentice 1992 y Rao 1999, es la ciencia encargada de estudiar el flujo y la

deformación de la materia, y su campo comprende la aplicación de una fuerza y las propiedades mecánicas de sólidos, semisólidos y líquidos, bajo varios objetivos, que comprenden según Mouquet 1995: conocimiento de las materias primas, productos semi-terminados y principalmente, el estudio de las relaciones entre composición, estructura química y propiedades reológicas; análisis de mecanismos fisicoquímicos conducentes a modificaciones de las propiedades reológicas y evaluación instrumental de la textura de los alimentos: dureza, friabilidad, consistencia, adhesión, etc.

Eck (1990), afirma que se puede decir que cada queso, en un instante dado de su afinado, constituye una entidad reológica y que numerosos parámetros son capaces de modificar su comportamiento. Además este producto lácteo, es un material altamente viscoelástico cuya relación esfuerzo-deformación dependen significativamente del factor tiempo y cuyas propiedades reológicas están determinadas por la composición química del producto definiendo el tipo de queso: duro, semiduro o suave (Jaros *et al.* 2001)

Caracterización textural. Los atributos texturales son las principales características para el consumidor de un alimento y son la manifestación de sus propiedades reológicas y estructura física (Buchar, Nedomová y Simeonovoná 2003).

Sharma, Mulvaney y Rizvi 2000, señalan que las propiedades mecánicas se definen por lo general como el comportamiento en cuanto a esfuerzo-

deformación de un material en condiciones de carga estática o carga dinámica, en tanto que la reología se define como la ciencia que estudia la deformación y el flujo de la materia. Por lo general, los procedimientos para probar los materiales consisten en pruebas no destructivas que producen poca deformación y pruebas destructivas que acarrearán deformaciones mayores. Las primeras resultan muy convenientes para caracterizar las varias estructuras reticulares comunes en muchos alimentos como el queso; en tanto que las segundas, son útiles para determinar la extensibilidad y la resistencia máxima de estas estructuras. La combinación de los dos tipos de pruebas es provechosa para entender las relaciones entre la micro y macro estructura y las propiedades complejas de los alimentos, como la textura

Según Eck 1990, las propiedades de los quesos presentan una relación estrecha con las características relacionadas con el sentido del tacto (reología y textura) y de la vista (apariencia y color). La textura de un queso es una de las características más importantes que determinan su identidad y calidad (Lawrence y Norman 1982).

Costell 1994, define textura como el conjunto de propiedades físicas y de estructura (geométricas y de superficie) de un producto, perceptibles por los mecano-receptores, los receptores táctiles y en ciertos casos, por los visuales y los auditivos.

Se define como los atributos que tiene un alimento resultado de la combinación de las propiedades físicas y las

percibidas por los órganos sensoriales (Chand 1986), es muy importante en la selección y preferencia de los alimentos, y además es reconocida como el mayor atributo de su calidad (Bourne 2002).

Las propiedades relacionadas con la sensación que se percibe al iniciarse la masticación del alimento son de tipo mecánica, entre estas: la dureza, la viscosidad y la fragilidad (Costell 1994). Además, la evaluación textural está basada en la interpretación de las relaciones de fuerza-deformación, cuya relación puede ser definida experimentalmente a través de una prueba de compresión unidireccional (Calzada y Peleg 1978).

Análisis de perfil de textura (TPA). Es un procedimiento instrumental para medir, cuantificar y desarrollar nuevos parámetros relacionados con la textura, aunque la magnitud de estos parámetros será influenciada por las variables introducidas en las mediciones como la tasa de deformación y para que ellas puedan proveer información objetiva y que se pueda comparar es necesario ejecutar las mediciones bajo unas condiciones estandarizadas (Peleg 1976 y Fellows 2000).

Tunick 2000 define el análisis de perfil de textura como una prueba imitativa en la cual se pretende reproducir el masticado de un producto siendo útil en el proceso de control de calidad y manufactura de alimentos; sin embargo, no determina sus propiedades reológicas. De acuerdo con Bourne 1979 el TPA es el ejemplo más notable que correlaciona las pruebas objetivas con

valores sensoriales y está favorecida por la forma en que se efectúan las pruebas, su versatilidad y precisión reemplazando las antiguas medidas por medio de paneles sensoriales.

Las propiedades texturales de los alimentos son aquellas que están relacionadas con el flujo, deformación y desintegración del producto y las cuales pueden ser evaluadas mediante un Análisis de Perfil de Textura (TPA), cuya prueba consiste en una prueba de doble compresión donde se someten muestras del producto a una compresión de 80 a 90 % con respecto a su altura inicial (Demonte 1995).

De acuerdo a Breene 1975, los principales parámetros texturales obtenidos con el análisis de perfil de textura son: Fractura, dureza, cohesión, adhesividad, resortabilidad, gomosidad y masticabilidad. Además, Demonte 1995, indica que los quesos son productos poco quebradizos para los cuales el TPA ha sido ampliamente usado donde la dureza y la elasticidad son parámetros determinantes de la evaluación de la textura.

Según Lu y Chen (1998), la evaluación textural es empleada en el desarrollo de nuevos alimentos, en el mejoramiento de los existentes, en el control de los procesos de elaboración y en el control de la calidad, ya que muchas de las propiedades texturales de los alimentos como firmeza, dureza, ternesa, etc., están directamente relacionadas con las propiedades mecánicas de los alimentos, es por ello que es importante su estudio y conocimiento para el control de calidad.

Dureza. Para Demonte 1995, la dureza es la fuerza máxima obtenida durante el primer ciclo de compresión. Se refiere a la fuerza requerida para comprimir un producto entre los molares o entre la lengua y el paladar. Es la resistencia a la penetración, donde varios procedimientos son utilizados para medir la dureza, y estos dependen del material con que esté hecha la sustancia, su espesor y la carga aplicada.

La dureza de acuerdo a Muller 1973, es mucho más fácil de apreciar que de medir, se define como la resistencia a la deformación local; puede determinarse intentando introducir por presión, en el material en que se pretende determinar, una pirámide cuadrangular.

En el queso se evalúan normalmente atributos mecánicos (dureza, elasticidad, adherencia, cohesividad), geométricos (granulosidad) y de superficie (humedad, solubilidad en boca, cremosidad). Al medir la dureza de un alimento, o sea, la fuerza requerida para deformarlo se está evaluando si es blando, firme o duro y en los quesos lo que se mide es la firmeza (Coste 1998).

En la industria alimenticia la dureza se mide con el penetrómetro y el durómetro: el penetrómetro mide la dureza de algunos alimentos que se consideran duros por ejemplo frutas como las peras manzanas, aguacates etc. La medida de la dureza puede ser afectada por muchos factores tales como la temperatura, humedad, tamaño, forma cuando se realiza la medición (Demonte 1995).

La dureza del queso se define en la maduración en condiciones apropiadas

de temperatura y humedad relativa de la atmósfera en el curso del cual la transformación completa de la lactosa, el contenido en agua, así como la proteólisis y lipólisis modifican el sabor y la textura (Coultate 1984 y Wong 1989), sólo cerca de un 30 % de la proteína es hidrolizada en los quesos semiduros y duros (Fernández y Ortega 1977).

Para Jaros *et al.* 2001, las propiedades texturales del queso se ven afectadas por su composición fisicoquímica, siendo importantes el contenido de grasa, de proteínas y de humedad, aunque también influyen la tecnología de procesamiento y la intensidad de la proteólisis. La red proteica de los quesos está formada por las κ 1 y caseínas, cuyas cadenas helicoidales forman celdas que encierran los glóbulos de grasa, haciendo que la relación de grasa proteína en la leche sea crítica (Castañeda 2002), así como el contenido de minerales, un incremento en materia grasa y contenido de agua debilitan la estructura proteica, mientras que una disminución de los mismos provoca un endurecimiento.

Para Bourne 2002, el queso Edam incrementa su dureza a medida que aumenta su tiempo de maduración. Sánchez 1998, dice que la dureza comienza cuando cesa la expulsión total del suero. Según la norma Técnica Colombiana NTC 750 dada por ICONTEC 1993, el queso según su contenido de humedad entre el 50-56 % se puede clasificar como duro. La dureza aumenta en la medida que el contenido de grasa, proteína y humedad disminuyen (Castañeda 2002 y Osorio 2004).

López 1985, dice que las operaciones esenciales para obtener un producto de buena calidad son la filtración y la coagulación, asociada a la dureza de la masa y tiempo de coagulación. Izco *et al.* 2000, señala que el sabor, la dureza y el aroma característico del queso son los atributos más importantes que influyen en su evaluación. Según estudios realizados con el queso fresco, las propiedades reológicas como la elasticidad y coherencia son similares mientras que la dureza varía (Van Hekken, Tunick y Olson 1999).

Penetrómetros. Representa una de las más viejas técnicas de medición de textura, en la cual una sonda o penetrómetro de geometría dada es conducida en un material y la fuerza requerida para una dada penetración o la profundidad de penetración total es medida y ha sido ampliamente utilizada en la caracterización textural para frutas, vegetales, geles, mayonesas, grasas y en la cuantificación de la ternura de carnes.

El penetrómetro que es la base de la técnica de la penetrometría, es un instrumento diseñado para medir una característica mecánica relacionada con la firmeza, dureza o rigidez de diferentes productos. 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 de un vástago cilíndrico, aguja, cono o bola en el alimento, en un intervalo de tiempo. Lewis 1993, señala que la profundidad de penetración dependerá del peso del cono y del ángulo del cono, del tipo de material, su temperatura y el tiempo de penetración. Costell 1994, dice que el valor de fuerza

máxima está relacionado con la firmeza del alimento, con las dimensiones del punzón, de la distancia de penetración y de la velocidad con que se aplica la fuerza. Debido a la naturaleza viscoelástica de los alimentos, la magnitud de la tensión desarrollada no solo es función de la deformación, sino también de la velocidad impuesta.

Se han desarrollado distintos tipos de penetrómetros que difieren principalmente en: la geometría de la pieza que se introduce en el alimento, que generalmente es cilíndrica o cónica; el sistema por el que la pieza se introduce en el alimento, que puede ser aplicando un peso constante o variable o aplicando una fuerza a una velocidad constante y las dimensiones de la variable que miden, que pueden ser las de una fuerza, una distancia o un tiempo (Costell 1994).

Sharma Mulvaney y Rizvi 2000, indican que el procedimiento usual para probar alimentos como el queso consiste en comprimirlos o forzarlos a pasar a través de un orificio pequeño. La fuerza resultante frente a los datos de la deformación es una función tanto de las propiedades de los materiales como de las dimensiones del fragmento de material particular probado. A fin de caracterizar al material independientemente de sus dimensiones, los datos de fuerza-tiempo deben convertirse en datos de esfuerzo-deformación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Nutrición

Animal, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, a una temperatura promedio de 23 °C y una humedad relativa del 70 %.

Materiales

Analizador de Textura TA-XT-2i.
 Penetrómetro con esfera (diámetro de 6,35 mm)
 Software Texture Expert Exceed, versión 1.00
 Plato de compresión de 100 mm de diámetro.
 Sacabocados cilíndricos en acero inoxidable de 2 cm de diámetro y 3 cm de altura.
 Queso Edam.
 Bolsas plásticas.

TPA. Para tres grados de maduración (0, 30 y 60 días), la dureza del queso Edam fue determinada haciendo uso del texturómetro TA-XT-2i, por medio del software Texture Expert Exceed, versión 1.00. Con el uso de un sacabocados de acero inoxidable cilíndrico de 2 cm de diámetro y 3 cm de altura, se tomaron las muestras de queso, las cuales fueron sometidas a pruebas de compresión uniaxial con un porcentaje de compresión del 70% con respecto a la altura inicial del producto. La compresión fue realizada mediante un plato de compresión de 100 mm de diámetro. En la Tabla 1 se especifican los parámetros de operación del analizador de textura usados.

Tabla 1. Parámetros para determinar la dureza mediante el análisis de perfil de textura (TPA).

Prueba	Distancia mm	Vel. pre ensayo (mm/s)	Vel. ensayo (mm/s)	Vel. post ensayo (mm/s)	Puntos por segundo (PPS)
TPA	21	2	1	2	10

Penetrometría por esfera. Muestras de queso Edam fueron sometidas a compresión uniaxial usando una sonda esférica de diámetro de 6,35 mm con los parámetros de operación citados en la Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros de operación para la prueba de penetración usando una sonda esférica.

Prueba	Distancia mm	Vel. pre ensayo (mm/s)	Vel. ensayo (mm/s)	Vel. post ensayo (mm/s)	Puntos por segundo (PPS)
Penetrómetro con esfera	8	2	1	2	10

Tanto para el método de perfil de textura como para la penetrometría por esfera el valor de la dureza del producto fue obtenido de la información gráfica fuerza versus deformación, cuyos valores fueron procesados mediante el Software Texture Expert Exceed, versión 1.00. El valor de la dureza del queso por medio de penetrometría fue considerada como la máxima fuerza alcanzada en la relación fuerza-deformación del producto.

Análisis estadístico. A cada método de medición se le asignaron aleatoriamente siete muestras de queso para cada estado de maduración. Los estados de maduración fueron definidos por quesos recién elaborados (tiempo cero) y productos con desfases de fechas de elaboración de uno y dos meses respectivamente.

Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente por medio de SAS, versión 8.0 Institute, Inc., Cary, N.C. utilizando un diseño aleatorizado factorial 3*2 (tres tiempos de maduración y dos métodos de medición) con siete repeticiones por cada tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

TPA. El análisis de varianza a un nivel de significancia del 5 % para la variable Dureza se encuentra en la Tabla 3. Los resultados muestran que el factor tiempo tiene un efecto significativo sobre la variable de respuesta fuerza de dureza ($P < 0,05$).

Tabla 3. Análisis de varianza para la dureza determinada con el perfil de textura (TPA) en queso Edam.

Prueba	Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Valor P
TPA	Entre grupos	2	11335,1	5667,53	170,31	0,0000
	Dentro de grupos	18	599,006	332,781		
	Total	20	11934,1			

Un análisis de diferenciación de medias a través de una prueba Duncan para TPA mostró que el grado de maduración del queso tiene un efecto significativo sobre su dureza, donde al aumentar el tiempo de maduración aumenta el valor de la dureza (Tabla 4). Además, esta tabla indica que la razón de dureza para los tiempos de maduración a 30 y 60 días con respecto al tiempo cero es de 1,87 y 3,17, respectivamente mostrando que el nivel de maduración incide en la textura del

producto, donde al incrementar el grado de madurez del queso mayor fuerza requerida será necesaria en el proceso de masticado.

Penetrometría por esfera. El análisis de varianza a un nivel de significancia del 5 % para la variable dureza se encuentra en la Tabla 5.

Los resultados muestran que el factor tiempo tiene un efecto significativo sobre la variable respuesta fuerza de

Dureza ($P < 0,05$). Un análisis de diferenciación de medias a través de una prueba Duncan al 5 % mostró que el grado de maduración del queso tiene un efecto significativo sobre su dureza,

donde al aumentar la edad de maduración aumenta el valor de la dureza (Tabla 6). Situación similar fue hallada por el método de medición de la dureza usando TPA.

Tabla 4. Separación de medias para la dureza estimada con el perfil de textura (TPA) en queso Edam.

Parámetro textural	Tiempo (días)	Valor promedio (Newtons)	Intervalo de confianza para las medias al 95 %		Coeficiente de variación (%)
			Limite inferior (Newtons)	Limite superior (Newtons)	
Dureza	60	82,57 ^A	76,34	85,81	7,53
	30	48,73 ^B	45,49	51,97	5,94
	0	26,03 ^C	22,79	29,26	3,61

* Valores seguidos con letras iguales no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Duncan ($P=0,05$)

Tabla 5. Análisis de varianza para la dureza determinada con penetrometría por esfera en queso Edam.

Prueba	Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Valor P
Penetrómetro con esfera	Entre grupos	2	123,694	618,469	45,01	0,000
	Dentro de grupos	18	24,734	137,411		0
	Total	20	148,428			

Tabla 6. Separación de medias para la dureza estimada con penetrómetro por esfera en queso Edam.

Parámetro textural	Tiempo (días)	Valor promedio (Newtons)	Intervalo de confianza para las medias al 95 %		Coeficiente de variación (%)
			Limite inferior (Newtons)	Limite superior (Newtons)	
Dureza	60	9,85 ^A	8,13	11,57	8,9
	30	7,95 ^B	7,52	8,37	5,74
	0	4,02 ^C	3,39	4,65	6,88

* Valores seguidos con letras iguales no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Duncan ($P=0,05$)

Ya sea que la variable dureza sea cuantificada por el método TPA o penetrometría de esfera, el incremento

de la dureza del queso con respecto al tiempo de maduración puede deberse a la disminución del contenido de

humedad del producto, grasa y proteína, lo cual de acuerdo a Castañeda 2002 y Osorio 2004, se debe a que un aumento de éstos componentes estructurales debilitan la estructura proteica, mientras que una disminución de los mismos provoca un endurecimiento en el queso. Además, los valores encontrados concuerdan con los resultados hallados por Bryant, Ustuno y Steef 1995, en los cuales para queso Cheddar la dureza obtenida a través de un TPA aumenta a medida que se incrementa el tiempo de maduración, cuyo aspecto se debe posiblemente a la disminución del contenido de grasa y agua. Otra explicación para el incremento de la dureza del queso Edam durante el proceso de maduración puede ser originada en los cambios microestructurales provenientes de la proteólisis que para queso Edam se incrementa con el tiempo de maduración (Tungjaroenchai, White y Chaul 2001). A su vez, el incremento de dureza puede

ser motivado por el aumento de la fricción entre los componentes grasa y proteico (caseína) ocasionado por la pérdida de agua durante el proceso de maduración (Prentice 1992 y Taub y Singh 1998).

Relación entre los métodos de medición.

Al comparar las medias de los dos métodos estudiados a través de un análisis de varianza a un nivel de significancia del 5 %, se encontró que la dureza depende del método de medición empleado, donde para un tiempo de maduración dada la técnica de TPA determina valores más altos con respecto a la técnica de penetrometría. En la Figura 1 se muestra la relación entre los dos métodos de medición. El análisis de regresión lineal fue significativo al 5 % indicando que el método de la esfera subestima el valor de la dureza con respecto al método TPA, explicando esta variabilidad positiva en un 74 %.

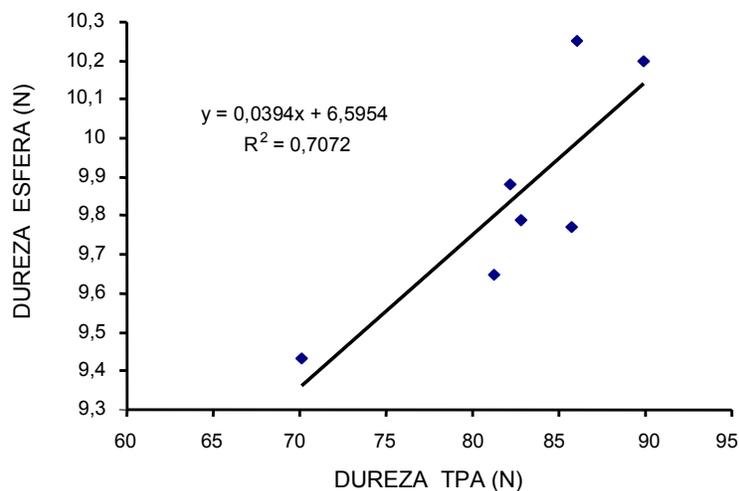


Figura 1. Relación de la dureza del queso Edam determinada por los métodos de análisis de perfil de textura (TPA) y penetrometría por esfera para los 60 días de maduración.

En la Tabla 7, se muestran los resultados provenientes de las diferentes regresiones lineales según su tiempo de maduración, de acuerdo al modelo: $Y=A*X+B$.

Tabla 7. Parámetros de ajuste para la regresión lineal en la relación de los métodos empleados para determinar la dureza del queso Edam.

Tiempo de madurez (días)	Valor de A	Valor de B	Valor de r^2
0	0,9149	-19,792	0,6707
30	0,0486	5,5849	0,742
60	0,0394	6,5954	0,7072

La Figura 2 muestra la relación entre los dos métodos de medición. El análisis de regresión lineal fue significativo al 5 %, indicando que el método de la esfera subestima el valor de la dureza con respecto al método TPA, explicando esta variabilidad positiva en un 85 %. Este análisis es para los tres tiempos de maduración.

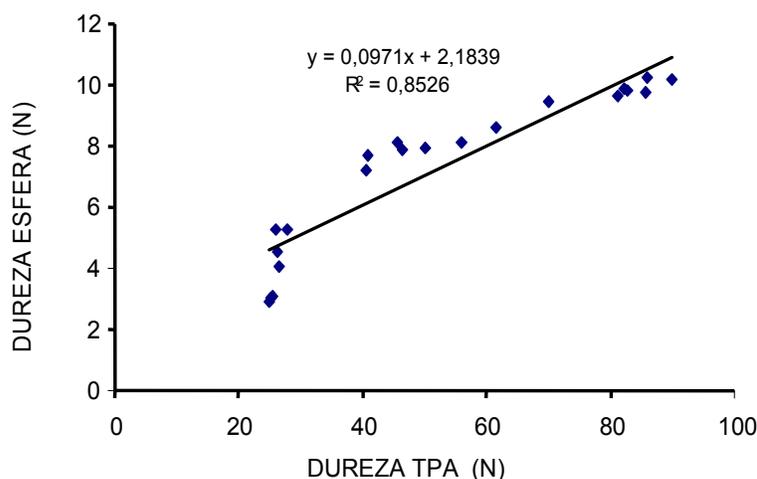


Figura 2. Relación de la dureza del queso para los tres tiempos de maduración según las dos técnicas de medición.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La dureza como parámetro textural del queso Edam se incrementa significativamente con el tiempo de maduración,

aspecto encontrado tanto con el método TPA como con el de penetrometría por esfera.

Los valores de dureza del queso Edam, dependen del método de medición

empleado, ya que se encontraron diferencias significativas en las cifras obtenidas con la técnica de TPA con respecto a la de penetrometría por esfera, siendo más altas las registradas por TPA, a un mismo tiempo de maduración.

Se sugiere adelantar otros estudios que permitan estandarizar un método para medir la dureza del queso Edam, debido a que se presentan diferencias significativas en los valores obtenidos con los métodos de medición.

Realizar análisis sensoriales y estudios de vida útil, con el fin de correlacionar los resultados de nivel de dureza con los valores provenientes de los métodos de análisis de perfil de textura y penetrometría por esfera.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresarle sus agradecimientos a la Planta de Leches de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín por la donación del producto para llevar a cabo esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

Bourne, M. 1979. Rupture test vs small-strain test in predicting consumer response to texture. En: Food Technology. Vol. 33, no. 10; p. 67-70.

_____. 2002. Food texture and viscosity: concept and measurement. New York: Academic Press, 427 p.

Bryant, A.; Ustunol, Z. and Steff, J. C. 1995. Texture of cheddar cheese as influenced by fat reduction. En: Journal of Food Science. Vol. 60; p. 1216-1219,1236.

Buchar, Jaroslav; Nedomová, Sarka and Simeonovoná, Jana. 2003. Textural and rheological properties of edam cheese during ripening. p. 561-562. En: III International Symposium on Food Rheology and Structure, (3º: 2003: Zurich, Switzerland). Proceedings. Zurich: Eldgenössische Technische Hochschule - ETH.

Breene, W. M, 1975. Application of texture profile analysis to instrumental food texture evaluation. En: Journal Texture Studies. Vol. 20, no. 6; p. 53-82.

Calzada, J. and Peleg, M. 1978. Mechanical interpretation of compressive stress-strain relationships of solid foods. En: Journal of Food Science. Vol. 43, no. 1; p. 1087-1092.

Castañeda, R. 2002. La reología en la tipificación y la caracterización de quesos. En: Tecnología Láctea Latinoamericana. Vol. 20, no. 26; p. 48- 53.

Cenzano, I. 1992. Los quesos y otros quesos europeos. Madrid: AMV Ediciones y Mundi-Prensa. 227 p.

Chand, N. 1986. Textural classification of foods based on Warner-Bratzler Shear. En: Journal of Food Science and Technology. Vol. 23, no. 1; p. 49-54.

Coultate, T. 1984. Alimentos químicos y sus componentes. España: Acribia. 199 p.

- Código Alimentario Argentino. 1976. Productos lácteos: quesos. Decreto N° 111 Artículo 605 del 12-01 de 1976. Buenos Aires: C. A. A.
- Coste, E. 1998. Análisis sensorial de quesos. España: Universidad Nacional de Las Lomas de Zamora. 10 p.
- Costell, E. 1994. Evaluación sensorial de la textura de los alimentos. Valencia, España: Rubes Editorial. p. 2-3.
- Demonte, P. 1995. Evaluación sensorial de la textura y búsqueda de correlaciones con medidas instrumentales. p. 8-20. En: Seminario de Textura y Reología de los Alimentos. (1995: Cali, Colombia). Memorias. Cali: Universidad del Valle.
- Eck, A. 1990. El queso: las propiedades organolépticas del queso. Barcelona: Omega, 500 p.
- Fellows, P. 2000. Food processing technology: principles and practice. New York: Cork. CRC Press, 45 p.
- Fernández, M. y Ortega, A. 1977. Maduración de quesos. Medellín. 59 h. Trabajo de grado Zootecnista. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas 1993. Productos lácteos. En: Normas Técnicas Colombianas N. 750. 5 p.
- Izco, J. M.; Irigoyen, P.; Torre, P. and Barcina, Y. 2000. Effect of added enzymes on the free amino acids and sensory characteristics in Ossau-Iraty cheese. En: Food Control. Vol. 11, no. 3; p. 201-207.
- Jaros, D.; Petrag, J.; Rohm, H. and Ulberth, F. 2001. Milk fat composition affects mechanical and rheological properties of processed cheese. En: Applied Rheology. Vol. 11, no. 1; p. 19-25.
- Lawrence, K. and Norman, F. 1992. Rheological evaluation of maturing cheddar cheese. En: Journal of Food Science. Vol. 47, no. 3; p. 631-636.
- Lewis, M. J. 1993. Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado. España; Acribia. 493 p.
- Lopes, J. F. P. 1985. Queijo de Serpa. Subsídulo para o seu estudo técnico-económico. Évora, Portugal: Comissão de Coordenação da Região Alentejo. 23 p.
- Lu, R. and Chen, Y. 1998. Characterization of nonlinear elastic properties of beef products under large deformation. En: Transactions of the ASAE. Vol. 41, no. 1; p. 163-168.
- Madrid, V. 1994. Nuevo manual de tecnología quesera. Capítulo XI Fichas prácticas para la elaboración de quesos. Madrid: AMV Ediciones y Mundi-Prensa Libros. p. 362-363.
- Mouquet, C. 1995. Medidas instrumentales de evaluación de la textura. En: Seminario de Textura y Reología de los Alimentos. (1995: Cali, Colombia). Memorias. Cali: Universidad del Valle.

- Muller, H. G. 1973. Introducción a la reología de alimentos. España: Acribia. 174 p.
- Oliveros, C. 1995. Propiedades mecánicas de materiales biológicos. En: Seminario de Textura y Reología de los Alimentos. (1995: Cali, Colombia). Memorias. Cali: Universidad del Valle.
- Ordoñez, J. 1998. Tecnología de los alimentos de origen animal. España: Síntesis. 366 p.
- Osorio, Juan Felipe. 2004. Caracterización reológica y textural del queso Edam. Medellín. 70 h. Trabajo de grado Ingeniero Agrícola, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Peleg, M. 1976. Texture profile analysis parameters obtained by an instron universal testing machine. En: Journal of Food Science. Vol. 41, no. 3; p. 721-722.
- Prentice, J. 1992. Dairy rheology a concise guide. United States of America: VCH Publisher. 165 p.
- Rao, V. 1999. Rheology of fluid and semi-solid foods: principles and applications. Gaithersburg: Aspen Publisher. 184 p.
- Rha, C.K. 1979. Viscoelastic properties of food as related to micro and molecular structures. En: Food Technology. Vol. 33, no. 10; p. 71-75.
- Sánchez, J. 1998. El queso. Lima, Perú: Infoalimentos. 29 p.
- Scott, R. 1991. Fabricación de queso. España: Acribia. 520 p.
- Servicio Nacional de Aprendizaje. 1987. Procesamiento de quesos madurados: Cartilla de preparación del queso Edam. Derivados Lácteos. Bloque Modular 7, Bogota: SENA. 31 p.
- Sharma, S.; Mulvaney, S. y Rizvi, S. 2000. Ingeniería de alimentos. Operaciones unitarias y prácticas de laboratorio. México: Limusa. p. 20-41.
- Taub, Irwin A. and Singh, Paul R. 1998. Food storage stability. Estados Unidos: CRS Press. 539 p.
- Tungjaroenchai, W; Drake, M. A. and White, C. H. 2001. Influence of adjunct cultures on ripening of reduced fat Edam cheeses. En: Journal of Dairy Science. Vol. 84, no.10; p. 2117-2124.
- _____; White, C. and Chamul, R. Microstructure and textural characteristics of edam cheeses. Disponible en Internet. <http://www.calstatela.edu/faculty/resources/texturetechnologies.com/FTPostersPapers.chamul/1FT03.ppt>. Consultada: 4 Jun. 2005].
- Tunick, M. H. 2000. Rheology of dairy foods that gel, stretch, and fracture. En: Journal of Dairy Science. Vol. 83, no. 8; p. 1892-1898.
- Van Hekken, D. L.; Tunick, M. H. and Olson, D. W. 1999. Functional and rheological attributes of hispanic-style cheeses. En: Journal of Dairy Science. Vol. 81, no. 1; p. 1966-1972.
- Wong, D. 1989. Química de los alimentos. New York: Acribia. 101 p.