

Efecto de la Adición de dos Tipos de Almidones en las Propiedades Texturales de Queso Análogo

Effect of the Addition of Two Types of Starch in the Textural Properties of Analogue Cheese

Jacqueline Agudelo Chaparro¹; José Uriel Sepúlveda Valencia² y Diego Alonso Restrepo Molina³

Resumen. Se estudió el efecto que tienen dos tipos de almidón modificado, maíz ceroso y papa, en las propiedades texturales de un queso análogo con fibra prebiótica soluble. Se elaboraron quesos semiblandos, con humedad de 48%, reemplazando el 10% de proteína por los almidones modificados, dando lugar a tres tratamientos: Formulación control (FC), formulación maíz ceroso (FMC) y formulación papa (FP). Se observó que la adición de los almidones afecta significativamente ($P < 0,05$) la dureza, la adhesividad, la gomosidad, la elasticidad y la masticabilidad del producto.

Palabras clave: Textura, almidón, sustitución, proteína.

Abstract. The effect they have two types of modified starch (waxy corn and potato) in the textural properties of an analogue cheese was studied. Semi-soft cheeses were made with 48% moisture, replacing the 10% protein by modified starches, resulting in three treatments: Control formulation (CF), waxy corn formulation (WCF) and potato formulation (PF). The study allowed note that the addition of starches significantly affect ($P < 0.05$) the hardness, adhesiveness, gumminess, elasticity and chewiness of the product.

Key words: Texture, starch, replacement, protein.

Los quesos forman parte esencial dentro de la dieta, contienen una alta concentración de nutrientes esenciales, aportando un gran valor nutricional al ser ricos en proteínas, lípidos y carbohidratos (O'Brien y O'Connor, 2004). Las proteínas poseen un contenido de gran valor biológico (péptidos bioactivos), en su mayoría son totalmente digeribles; los lípidos varían entre el 88–94%, conformados por ácidos grasos libres y triglicéridos, éstos son importantes constituyentes de sabor y aroma, el carbohidrato mayoritario en la leche es la lactosa, se pierde durante el proceso de elaboración del queso, quedando únicamente cantidades traza, es usualmente fermentada a ácido láctico por las bacterias iniciadoras (Fox *et al.*, 2004).

Estos derivados lácteos poseen una estructura heterogénea, con muchos de sus constituyentes presentes como una matriz sólida, algunos con una fase líquida y otros, como la grasa, en estado sólido o líquido (Law y Tamime, 2010). Al respecto, Olson (1995) señala que existen más de 2.000 variedades de queso en el mundo. Por su parte, (Verma *et al.*, 2005; Balkir y Metin, 2011) afirman que existen también los quesos análogos o imitación, los cuales son matrices alimenticias complejas, elaboradas por calentamiento

de una mezcla de materias primas, principalmente agua, grasa y proteína, en una masa homogénea, que al aplicárseles energía mecánica, proporcionan un producto similar al queso. Este tipo de alimento se diferencia de los procesados, en que son utilizados ingredientes alimenticios en polvo o extensores, se requiere además, el uso de sales emulsificantes, las cuales, a través de su acción secuestrante de calcio y desplazamiento de pH, ocasionan la dispersión de la proteína y posterior hidratación, actuando finalmente como un emulsificador activo (El-Bakry *et al.*, 2010a).

La utilización de almidones modificados en la elaboración de análogos de queso permite estabilizar la red y crear una cortina tridimensional, lo que hace posible obtener una amplia variedad de propiedades texturales (Herrero *et al.*, 2006; Mounsey, 2009). La interacción entre el almidón y la proteína juega un rol importante en las características macroscópicas de los productos alimenticios como el flujo, la estabilidad, la textura y la palatabilidad, entre otras (Ravindra *et al.*, 2004). Así mismo, la proteína es un ingrediente importante para la formación de la red en la estructura del queso (Mistry, 2001); junto con la grasa, confiere propiedades funcionales específicas, la fluidez es otro

¹ Química de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín - Grupo de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos - GICTA. <jagudeloc@unal.edu.co>.

² Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín - Facultad de Ciencias Agrarias. A.A. 1779, Medellín, Colombia. <jusepul@unal.edu.co>.

³ Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia -Sede Medellín - Facultad de Ciencias Agrarias. A.A. 1779, Medellín, Colombia. <darestre@unal.edu.co>.

factor que se ve afectado tras el calentamiento debido a los cambios estructurales inducidos por la red (Lucey *et al.*, 2003).

La percepción de la textura es un factor importante en la apreciación sensorial del consumidor. Bourne (2002) definió las propiedades texturales de un alimento, como el grupo de características físicas que surge de los compuestos estructurales, que son detectados por la sensación del tacto, relacionadas con la deformación, desintegración y flujo, bajo la aplicación de una fuerza; las cuales son medidas objetivamente por funciones de masa, tiempo y distancia. Estas características texturales determinan la respuesta a una deformación o estrés que se aplica durante el procesado y/o consumo del producto; incluyen características intrínsecas relacionadas con la composición, estructura y fuerza de las interacciones entre los compuestos (Fox *et al.*, 2000). Por su parte, la caracterización reológica permite determinar el cuerpo y la textura propios de los alimentos, además de establecer cómo se pueden ver afectados estos parámetros por la composición, técnicas de proceso y condiciones de almacenamiento (Holsinger *et al.*, 2007).

Es aquí donde la calidad sensorial del alimento tiene un papel determinante para el consumidor a la hora

de comprar un producto, por tal motivo, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la sustitución de la proteína por almidones modificados, sobre las características Dureza (N), Adhesividad (N*s), Cohesividad, Gomosidad, Elasticidad, Masticabilidad y Resiliencia de quesos análogos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Queso. Se elaboró un queso análogo control (Tabla 1), todos los ingredientes en polvo (excepto el ácido cítrico y el emulsificante) fueron premezclados en una mezcladora Kitchen Aid, Modelo K45SS®, a una velocidad de 20 rpm. Se calentó el aceite de maíz en una marmita Colcocinas, modelo 15G, a 35 °C, se adicionó el emulsificante y el agua a la misma temperatura con agitación constante; se incrementó gradualmente la temperatura y a 45 °C, se incorporó la premezcla de las materias primas en polvo y se continuó con el calentamiento hasta alcanzar 80 °C usando vapor vivo; por último, se añadió el ácido cítrico previamente disuelto en agua. Seguidamente, el producto fue moldeado en recipientes de acero inoxidable, se dejó enfriar a temperatura ambiente, y fue almacenado a 4 °C ± 2 °C, en una cava LaSelle® de 10 cf durante 2 días y empacado al vacío (Figura 1).

Tabla 1. Composición bromatológica de las materias primas usadas en el queso análogo control.

Materias Primas	Grasa (%)	Proteína (%)	kg	Grasa (%)	Proteína (%)
Leche en polvo	26	34	11,8	3	4
Suero en polvo		12	16,7		2
Caseinato de sodio		92	15,2		14*
Aceite de maíz	99		18,1	18	
Sales fundentes			2,0		
Cloruro de sodio			0,6		
Ácido cítrico			0,8		
Emulsificante			0,2		
Fibra			4,16		
Agua			52,4		
Total			100	21	20

* Este valor se reemplazó en un 10% del porcentaje de proteína total dando lugar a tres tratamientos FC, FMc y FP.

Usando el proceso de fabricación similar, fueron elaborados quesos análogos, mediante la sustitución del 10% del caseinato de sodio en la formulación control (FC), por almidones modificados de maíz ceroso (FMc)

y de papa (FP). Se definieron 3 tratamientos (incluyendo la respectiva formulación control), con 8 repeticiones (bloques), para un total de 24 unidades experimentales. La humedad fue una variable controlada

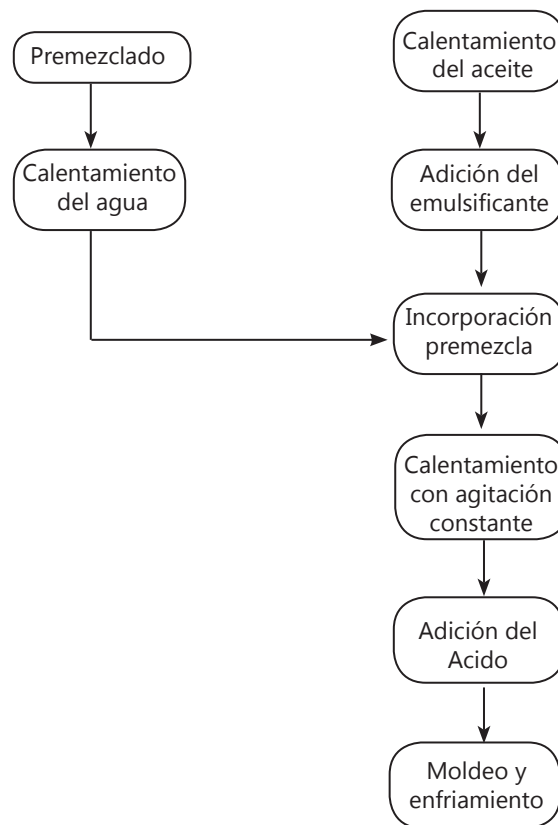


Figura 1. Diagrama de bloques para la elaboración del queso análogo.

Análisis de perfil de textura (TPA). Las propiedades texturales de los quesos análogos fueron determinadas usando un analizador de textura Stable Micro System TA-XT2i, en el cual se probaron cilindros de queso de 19,67 mm de alto y 40,48 mm de diámetro, obtenidos mediante el uso de un sacabocados de acero inoxidable.

Las muestras fueron estabilizadas a temperatura ambiente y sometidas posteriormente a una compresión de 80% de su altura inicial, usando un plato P/75, a una velocidad de 1,0 mm/s. La prueba de compresión uniaxial fue realizada en dos ciclos sucesivos y midiéndose los siguientes parámetros texturales: Dureza expresada en Newtons (N), Adhesividad expresada en Newtons*segundo (N*s), Cohesividad, Gomosidad, Elasticidad, Masticabilidad y Resiliencia, adimensionales.

Análisis estadístico. Para el análisis de los datos, se empleó el programa R versión 2.15.2 para Windows® y el diseño experimental fue un modelo de bloques completamente aleatorizado, considerando tres fuentes de variabilidad: el factor tratamiento (FC, FMc y FP), el

factor bloques correspondiente a las 8 repeticiones y el error experimental o residual. La aleatorización fue realizada en cada bloque para garantizar la independencia entre las mediciones; la prueba de rangos múltiples de Tukey fue realizada a las variables estadísticamente significativas, para establecer las parejas de tratamientos con diferencias, en un nivel de confianza del 95%; la prueba de Bartlett se utilizó para corroborar el comportamiento (homogeneidad u homocedasticidad) de las varianzas poblacionales del factor ensayo y/o del factor bloques y la relación entre dos variables fue estudiada mediante la determinación de los coeficientes de correlación lineal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dureza. Los quesos elaborados: Control, almidón de maíz ceroso y papa (FC, FMc y FP) presentaron valores de 10,309 N \pm 0,07, 15,344 N \pm 0,11 y 26,381 N \pm 0,03, respectivamente. El análisis de varianza de los datos obtenidos presentó diferencias significativas ($P < 0,05$), en el porcentaje de sustitución evaluado

para los tratamientos FC, FMc y FP; también, existen diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los bloques analizados; esta variable es afectada por la sustitución de la proteína. En los quesos FC y FMc, la dureza varió entre 10,200 N a 10,446 N y 15,147 N a 15,548 N, mientras que para los productos con almidón de papa varió entre 26,320 N a 26,434 N; los quesos con almidón de papa presentaron un incremento de esta variable, con respecto al control y al almidón de maíz ceroso.

Como se muestra en la Figura 2, no se presenta variabilidad entre los bloques de cada uno de los tratamientos, siendo aproximadamente, la misma, entre éstos; para corroborar el comportamiento de esta varianza poblacional, se realizó la prueba de Bartlett, encontrándose que existe homogeneidad en las varianzas de dichos tratamientos. Se aplicó la prueba de rangos múltiples de Tukey, la cual reporta para las parejas de tratamientos FMc-FC, FP-FC y FP-FMc diferencias significativas ($P < 0,05$).

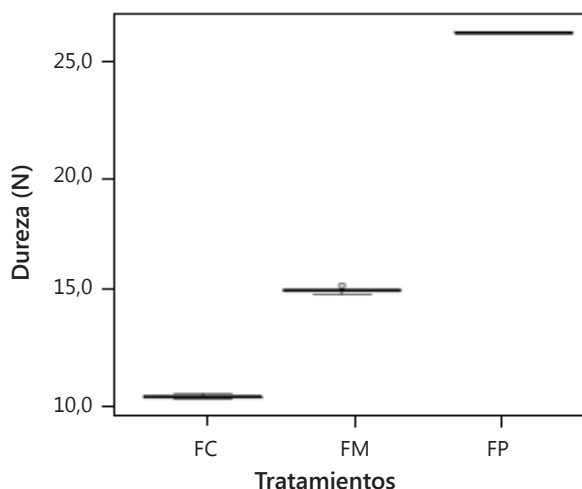


Figura 2. Efecto de los almidones sobre la dureza en los quesos análogos.

Por el contrario, Mounsey y O’Riordan (2008a) elaboraron quesos imitación con niveles de 0%, 3%, 6% y 9% w/w de almidón de maíz pregelatinizado, en reemplazo parcial de la caseína de cuajo, encontrando que el aumento en los niveles de sustitución, no tuvo efecto significativo, presentando valores de 130 N, 125 N, 120 N y 130 N.

También se han considerado los quesos análogos como un modelo útil, desde una perspectiva reológica y microestructural, para examinar las interacciones almidón-proteína. Mounsey y O’Riordan (2008b), elaboraron productos con 3% de almidón de maíz nativo (2,5%, 15% y 28% de amilosa), almidón de maíz ceroso reticulado-acetilado y almidón de arroz pregelatinizado y reticulado-estabilizado, los cuales fueron comparados con un control (0% almidón), registrando valores de dureza 73,7 N, 115,4 N, 133,8 N, 99,9 N, 107,6 N, 142 N y 136,5 N, respectivamente; los autores encontraron que el almidón de maíz ceroso produjo quesos más blandos que el control. Comportamientos similares se obtuvieron en este estudio.

Por su parte, las propiedades texturales y funcionales son controladas por la composición química; la dureza de este tipo de alimentos está principalmente influenciada por el contenido de humedad (Dimitreli y Thomareis, 2007); El-Bakry *et al.* (2010a) demostraron dicha relación, estudiando quesos imitación con humedades de 48, 50 y 52% elaborados en un equipo Blentech cooker y un farinógrafo Brabender®- E acoplado a una unidad de mezclado, además se encontró que para cada humedad, la dureza de los quesos fabricados con el equipo Blentech fueron altamente significativos ($P < 0,05$) comparados con los producidos en el Brabender, ya que a mayor contenido de humedad, mostraron menores valores de dureza, resultados que concuerdan con los obtenidos en este estudio; además, se investigó el efecto de la reducción en la concentración de sales emulsificantes (SE); estableciéndose que a medida que dicha concentración se reducía, la dureza se incrementaba; el aumento del contenido de humedad resultó en una disminución significativa en la dureza. Así mismo, Henelly *et al.* (2005), investigaron quesos

análogos con humedades de 46%, 50%, 52% y 54%, encontrando que la dureza es inversamente proporcional a la humedad, presentando valores de 447,3 N, 300 N, 226,4 y 152,7 N.

Kiziloz *et al.* (2009) han observado en quesos análogos bajos en grasa una reducción en la dureza. La estructura de este tipo de productos con bajo contenido proteico, elaborados por sustitución del 80% de caseína de cuajo, por almidón de maíz ceroso y κ -carragenina, con alto contenido graso (24%-27%) y bajo (13%-16%), presentaron resultados de 13 N, 27 N, 40 N, 40 N, 20 N, 25 N, 30 N y 30 N; valores que concuerdan con los obtenidos en este estudio para el almidón de papa (FP).

Adhesividad. Los quesos evaluados FC, FMc y FP mostraron valores promedio de $-0,705 \text{ N}^*s \pm 0,01$, $-1,157 \text{ N}^*s \pm 0,06$ y $-1,738 \text{ N}^*s \pm 0,04$. Esta variable presentó diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos, para los sustituyentes proteicos evaluados comparados con el control, pero no existió diferencia significativa ($P > 0,05$) entre los bloques considerados. Para los quesos control (sin almidón), ésta varió de $-0,679 \text{ N}^*s$ a $-0,739 \text{ N}^*s$; mientras que para los quesos que contenían los almidones de maíz y de papa, se obtuvieron valores entre $-1,027 \text{ N}^*s$ a $-1,203 \text{ N}^*s$ y $-1,679 \text{ N}^*s$ a $-1,797 \text{ N}^*s$.

En los quesos estudiados se presentó poca variabilidad entre los tratamientos, como se muestra en la Figura 3. Los resultados más heterogéneos se observan en los productos FMc y los más homogéneos son FC, esto se atribuye a la formación de interacciones proteína-proteína en los quesos control (leche, suero y caseinato) que se ven favorecidas por estructuras parcialmente no desplegadas, lo suficientemente fuertes; sucede lo contrario en los FMc y FP, donde al sustituir parcialmente la proteína (caseinato) por almidones modificados, se ven afectadas la formación de estas interacciones, brindándoles un carácter débil, y por tanto, requieren un mayor trabajo (energía) para ser despegados del paladar. La prueba de Tukey permitió determinar diferencias significativas ($P < 0,05$) entre FC-FMc, FC-FP y FMc-FP. Liu *et al.* (2008) estudiaron quesos imitación elaborados con caseinato de sodio como única base proteica, con alto, medio y bajo contenido graso, encontrando valores de -566 N^*s , $-31,01 \text{ N}^*s$ y $-125,25 \text{ N}^*s$ de adhesividad, resultados que difieren de los encontrados para los quesos análogos evaluados en este estudio, esto se atribuye a diversas características moleculares de la proteína y la grasa, tales como hidratación, actividad de superficie y tipo de interacción, que confieren estabilidad y estructura a los quesos.

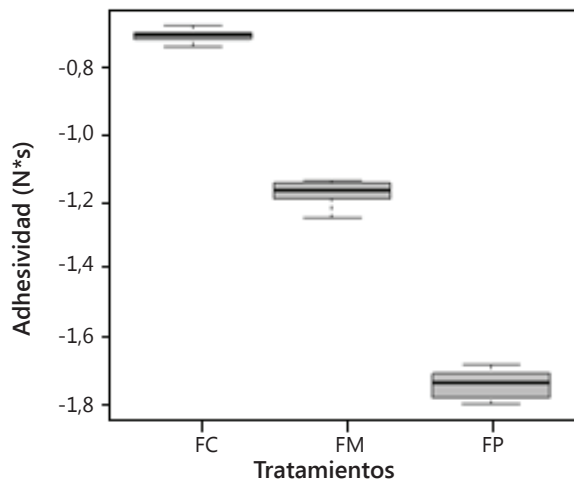


Figura 3. Efecto de la inclusión de los almidones en la adhesividad en quesos análogos.

En otros estudios realizados por Piska y Stetina (2004) se determinó la influencia de la maduración natural y la velocidad de enfriamiento de cinco muestras de quesos procesados fundidos, con alto contenido graso, sobre las características texturales y reológicas; encontrándose valores de adhesividad $0,449 \text{ N}^*s$, $0,556 \text{ N}^*s$, $0,592 \text{ N}^*s$, $0,733 \text{ N}^*s$ y $0,527 \text{ N}^*s$,

comparativamente estos resultados están por debajo de los obtenidos en este estudio, debido a que son clasificados como quesos blandos, con humedades más altas, comparadas con las de los quesos evaluados.

Cohesividad. Las formulaciones FC, FMc y FP presentaron valores asociados a esta variable de $0,565$

$\pm 0,02$, $0,566 \pm 0,01$ y $0,564 \pm 0,01$, respectivamente. La inclusión de almidones modificados en un nivel del 10%, no presentó diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los tratamientos; por su parte para los bloques considerados existen diferencias significativas ($P < 0,05$). Los tratamientos FC, FMc y FP mostraron variaciones entre 0,501 a 0,591, 0,539 a 0,583 y 0,546 a 0,591 (Figura 4).

Considerando la variabilidad se aplicó la prueba de Bartlett, encontrándose que las varianzas son iguales en los tratamientos. En el estudio realizado por El-Bakry *et al.* (2010b), quienes también analizaron esta variable, no se presentaron efectos significativos en esta característica, lo cual tiene su explicación en la tecnología de proceso usada, la cual influye directamente en la formación del gel y sobre la fuerza con la que se unen las partículas. El valor de esta variable fue de $0,40 \pm 0,01$ (adimensional) para los niveles de humedad evaluados; mucho menor que el

encontrado para el tratamiento correspondiente a FC que fue el que exhibió el valor más bajo.

Kiziloz *et al.* (2009) investigaron la estructura de quesos con bajo contenido proteico, encontrando resultados de cohesividad de 0,30, 0,38, 0,35, 0,30, 0,33, 0,38, 0,22 y 0,45. Henelly *et al.* (2005) estudiando el comportamiento de quesos imitación, con humedades de 46%, 50%, 52% y 54%, reportaron cohesividades de 0,32, 0,30, 0,31 y 0,35, respectivamente, coincidentes con las del estudio anterior, pero muy bajas con respecto a los obtenidos en este estudio.

Por su parte, Kaminare y Stachtariis (2000) comparando quesos procesados con adición de concentrado de suero y aceite de soja 0%, 9%, 19% y 39% (A, B, C, y D), con humedades entre 50%-51% (semiblandos), encontraron cohesividades de 0,57, 0,60, 0,62 y 0,66; en donde no se observaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los tratamientos, similar resultado al registrado en esta investigación.

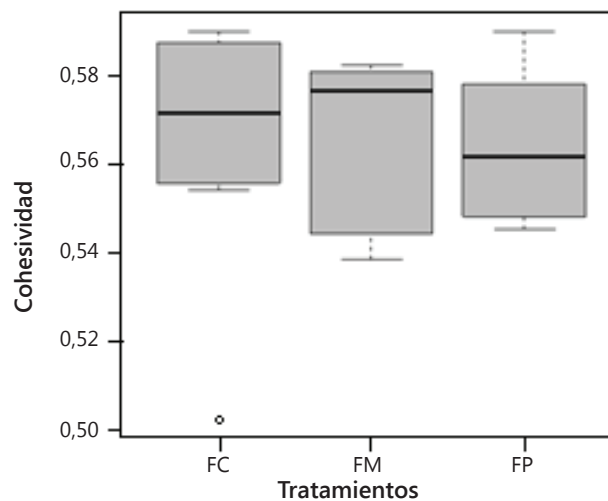


Figura 4. Efecto de la sustitución de proteína por los almidones en la cohesividad en los quesos análogos.

Gomosidad. En los quesos con los tratamientos FC, FMc y FP esta variable presentó valores de $1,615 \pm 0,2$, $5,702 \pm 0,1$ y $4,658 \pm 0,1$ (adimensional), respectivamente. Existe diferencias significativas ($P < 0,05$) en el contenido de los tratamientos. Las muestras control presentaron valores de 1,310 – 1,654, mientras que para los quesos que contenían almidón de maíz y almidón de papa variaron de 5,614 – 5,937 y 4,446 – 4,790. Los bloques no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$).

Los resultados de esta variable, en cada tratamiento, presentan una leve variabilidad; ésta es aproximadamente,

la misma entre FC, FMc y FP (Figura 5). Se realizó la prueba de Tukey, la cual reportó diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las tres parejas de tratamientos: FC-FMc, FC-FP y FMc-FP. El queso que mostró mayor gomosidad fue el elaborado con adición de almidón de papa (FP), esto se debe a que el carbohidrato usado, permite una interacción estructural de unión mayor con las demás partículas, que hace que sea difícilmente desintegrado con la masticación y que pueda ser tragado, en la deglución.

Elasticidad. El promedio en los tratamientos control, almidón de maíz y de papa (FC, FMc y FP) fue de 0,903

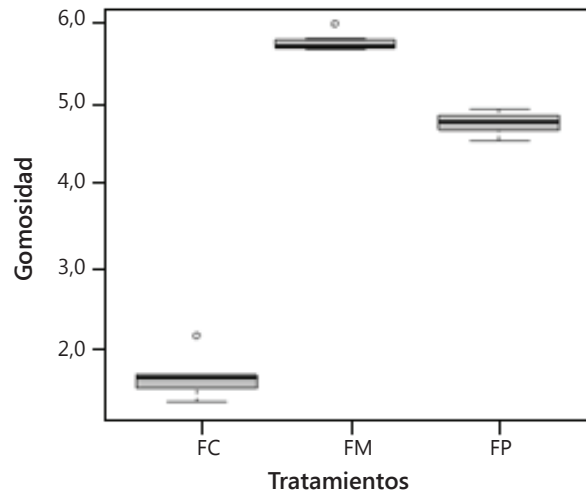


Figura 5. Efecto en la gomosidad de los quesos análogos, ocasionada por los almidones.

$\pm 0,04$, $0,959 \pm 0,02$ y $0,961 \pm 0,02$ (adimensional), para los quesos control varió de $0,827 - 0,967$; los productos con almidón de maíz y de papa mostraron cambios de $0,905 - 0,972$ y $0,930 - 0,985$, respectivamente. En los tratamientos evaluados se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$); no se presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los bloques estudiados (Figura 6). La prueba de Tukey, mostró diferencias significativas ($P < 0,05$) entre FC-FMc y FC-FP, pero no presentó diferencias significativas ($P > 0,05$) entre FMc-FP.

La Figura 6 muestra el efecto de la inclusión de los almidones en la elasticidad; se observa poca

variabilidad en los quesos con almidón de maíz ceroso (FMc); considerando dicha variación, se aplicó la prueba de Bartlett, la cual reportó homogeneidad en las varianzas. La elasticidad es un parámetro que poco se ha estudiado en análogos semiblandos y duros, debido a que esta característica es más importante para los quesos untables y fundidos; existen algunos estudios sobre otro tipo de quesos; al respecto, Castañeda *et al.* (2007) estudiaron las propiedades texturales de cinco muestras comerciales de queso Goya, encontrando valores de 48,8; 48,8; 53; 56,1 y 50,2 (adimensional), elasticidades relativamente altas, comparadas con las alcanzadas en los productos de este estudio.

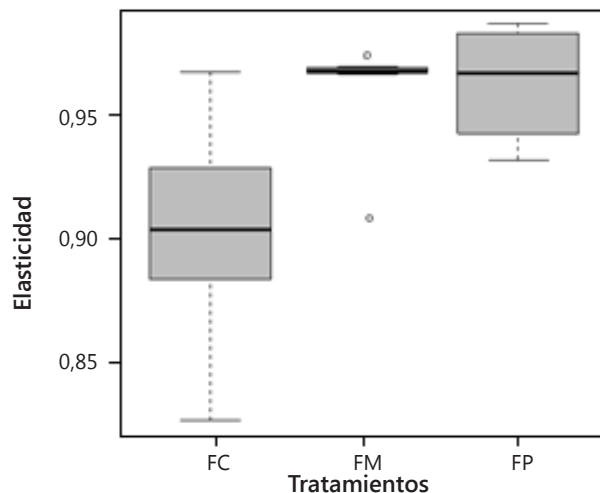


Figura 6. Influencia en la elasticidad de quesos análogos, por la sustitución de proteína por almidones.

Liu *et al.* (2008) estudiaron los efectos de geles de pectina y una base proteica en quesos análogos semiblandos, con bajo, medio y alto contenido graso (9%, 19% y 29%), reportando elasticidades de 0,95; 0,94 y 0,92 (adimensional), respectivamente; resultados que difieren a los hallados en este estudio, esto se explica al hecho que los almidones modificados no poseen la capacidad de unir tan fuertemente los compuestos estructurales del queso y se causa un rompimiento mayor de la estructura durante la compresión. Quesos semiblandos elaborados con aceite de soja e incrementos en las cantidades de suero, comparadas con un control, presentaron elasticidades de 0,66; 0,78; 0,35 y 0,85, respectivamente; resultados relativamente bajos, comparados con los reportados en el presente estudio; según Kaminaris y Stachtariis (2000), esto se debe a una menor capacidad de unión de los almidones junto con otros compuestos estructurales, donde se presenta un mayor rompimiento del queso causado por la compresión.

Kheadr *et al.* (2002) investigaron el efecto del tratamiento por altas presiones, en quesos cheddar elaborados a partir de leche entera presurizada (A), y leche descremada presurizada (B), los cuales fueron

estandarizados con crema de leche pasteurizada, leche entera pasteurizada (C) y leche entera presurizada, con 2% de grasa (D); mostrando elasticidades de 0,38; 0,35; 0,55 y 0,38, respectivamente; relativamente bajos comparados con los señalados en este estudio (Kheadr *et al.*, 2002).

Masticabilidad. El valor promedio de esta variable para los tratamientos FC, FMc y FP fueron $4,034 \pm 0,7$, $4,612 \pm 0,2$ y $5,52 \pm 0,2$. La variación en los quesos control fue 3,727 a 4,758; para los productos con sustituciones por los almidones de maíz ceroso y de papa, están entre 4,240 a 4,808 y 5,182 a 5,849, respectivamente. El análisis de los resultados evidencia que existe diferencia significativa ($P < 0,05$) en los tratamientos evaluados; por tanto, la sustitución de la proteína por el 10% de almidones de maíz ceroso y de papa, ejercieron influencia en esta característica; no se mostraron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los bloques.

El efecto de la inclusión de los almidones en la masticabilidad, se observa en la Figura 7; en los quesos control (FC) esta variable fue más alta que en los de almidón de maíz ceroso y papa (FMc y FP); la variación es,

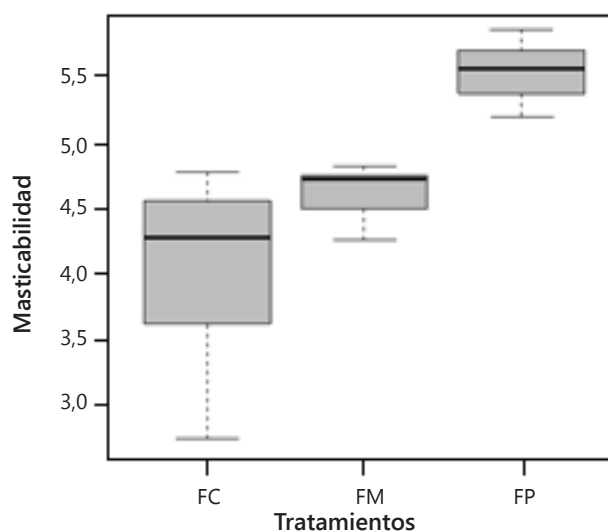


Figura 7. Efecto de la inclusión de los almidones en la masticabilidad de quesos análogos.

aproximadamente, la misma, en los dos tratamientos. La prueba de Tukey arroja diferencias significativas ($P < 0,05$) entre el control y el almidón de maíz ceroso (FC-FMc) y entre el almidón de maíz ceroso y el de papa (FMc-FP); no se muestran diferencias significativas ($P > 0,05$) entre el control y el almidón de maíz ceroso (FC-FMc). Liu *et al.*, (2008) estudiaron el efecto de la

inclusión de geles de pectina en reemplazo parcial del caseinato de sodio, como única base proteica de quesos análogos procesados semiblandos (51%-54%) con alto, medio y bajo contenido graso, donde se determinaron masticabilidades de 4919,04; 99,31 y 261,23, respectivamente; resultados relativamente altos con relación a los encontrados en este estudio.

En trabajos realizados por Kaminare y Stachtaris (2000) se compararon quesos control (0%) con productos con sustitución de concentrado de suero (9%, 19% y 39%) y aceite de soja, encontrándose que la incorporación de este ingrediente es inversamente proporcional a la masticabilidad, reportando valores de 0,81; 0,15; 0,26 y 0,04, respectivamente; resultados que difieren de los observados en este estudio.

Resiliencia. Los quesos de las formulaciones FC, FMC y FP mostraron promedios de $0,444 \pm 0,02$,

$0,442 \pm 0,01$ y $0,446 \pm 0,02$, la variación osciló de 0,408 a 0,466, de 0,427 a 0,473 y de 0,413 a 0,473, respectivamente. Esta característica no mostró diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los tratamientos; por lo que la sustitución del 10% de caseinato de sodio, por los almidones, no tuvo efecto notable sobre ésta. Tampoco, se presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) sobre los bloques. Los tratamientos registran alta variación para la resiliencia. La prueba de Bartlett reporta una homogeneidad en las varianzas (Figura 8).

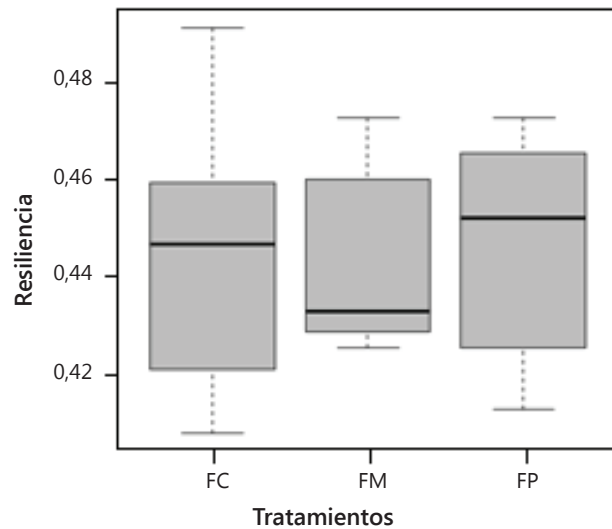


Figura 8. Influencia de la inclusión de los almidones en la resiliencia de quesos análogos.

Dureza y gomosidad. La Tabla 2 muestra la relación entre las variables de humedad, dureza y gomosidad; para los cuales fueron determinados los coeficientes de correlación lineal entre el contenido de humedad y la dureza, encontrándose que para FC, FMC y FP fueron de -0,761, -0,157 y -0,213, respectivamente; los coeficiente de correlación de Pearson indican que existe una relación lineal negativa, fuerte, para los quesos FC, mientras que para los quesos FMC y FP, presentan una relación lineal débil, siendo estos parámetros inversamente

proporcionales. Por otro lado, entre las variables de gomosidad y humedad se encontraron que para FC, FMC y FP los coeficientes de correlación lineal fueron de -0,458, -0,511 y -0,800, respectivamente; presentando una correlación lineal negativa fuerte para los quesos con almidón modificado de papa (FP), mientras que para los quesos FC y FMC, se presenta una leve relación lineal positiva y negativa, respectivamente, por tanto se tiene una relación inversamente proporcional entre estas variables.

Tabla 2. Efecto de la humedad en la dureza y la gomosidad en quesos análogos.

Tratamientos	Humedad (%)	Dureza (N)	Gomosidad
FC	48,76	10,30	1,61
FMC	48,04	15,34	4,65
FP	47,98	26,38	5,70

CONCLUSIONES

En la elaboración de queso análogo, la sustitución de proteína de leche por almidón modificado de maíz ceroso y papa a un nivel del 10%, incide significativamente sobre las características reológicas, reflejado principalmente en el incremento en la dureza, adhesividad y gomosidad; mientras que para las características cohesividad y resiliencia, su efecto no fue significativo. Para las características elasticidad y masticabilidad, aunque se ve una influencia, su efecto no es muy marcado.

La sustitución en la formulación de quesos análogos de 10% de proteína láctea por almidón de papa, produjo quesos más duros y más adhesivos que los elaborados con almidón de maíz ceroso, mientras que éstos fueron más gomosos que los primeros.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero recibido de Ingredion Colombia S.A. para la realización de este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- EL-Bakry, M., E. Duggan, E.D. O’Riordan and M. O’Sullivan. 2010a. Effects of emulsifying salts reduction on imitation cheese manufacture and functional properties. *Journal of Food Engineering* 100(4): 596–603.
- EL-Bakry, M., E. Duggan, E.D. O’Riordan and M. O’Sullivan. 2010b. Small scale imitation cheese manufacture using a Farinograph. *Food Science and Technology* 43(7): 1079-1087.
- Balkir, P. and M. Metin. 2011. Physicochemical and textural properties of imitation fresh kashar cheeses prepared from casein, caseinates and soy protein. *Gida* 36(1): 17-24.
- Bourne, M. 2002. *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. Academic Press, Londres. 93 p.
- Castañeda, R., C. Cañameras, G. Aranibar y H. Montero. 2007. La textura del queso goya: comparación entre el método sensorial y métodos reológicos. En: www4.inti.gov.ar/GD/5jornadas/doc/178.doc. 4 p.; consulta: marzo 2012.
- Dimitreli, G. and A. Thomareis. 2007. Texture evaluation of block-type processed cheese as a function of chemical composition and in relation to its apparent viscosity. *Journal of Food Engineering* 79(4): 1364–1373.
- Fox, P., Guinee, T.P., Cogan, T. M., McSweeney, P. L. 2000. *Fundamentals of cheese science*. Aspen Publishers, Maryland. 559 p.
- Fox, P., Guinee, T.P., Cogan, T. M., McSweeney, P. L. 2004. *Cheese: chemistry, physics and microbiology*. Elsevier Academic Press, London. 573 p.
- Henelly, P.J., P.G. Dunne, M. O’Sullivan and D. O’Riordan. 2005. Increasing the moisture content of imitation cheese: effects on texture, rheology and microstructure. *European Food Research and Technology* 220(3-4): 415-420.
- Herrero, M.C., E.D. Cotel, M. O’Sullivan and D. O’Riordan. 2006. Partial replacement of fat by functional fibre in imitation cheese: Effects on rheology and microstructure. *International Dairy of Journal* 16(1): 910-919.
- Holsinger, V.H., D.L. Hekken, M.H. Tunick and E.L. Malin. 2007. Rheology and melt characterization of low- fat and full fat Mozzarella cheese made from microfluidized milk. *Lebensmittel - Wissenschaft und Technologie* 40(1): 89-98.
- Kaminarides, S. and S. Stachtariis. 2000. Production of processed cheese using kasseri cheese and concentrate and soybean oil. *International Journal of Dairy Technology* 53(2): 60-74.
- Khheadr, E., J.F. Vachon, P. Paquin and I. Fliss. 2002. Effect of dynamic high pressure on microbiological, rheological and microstural quality of cheddar cheese. *International Dairy Journal* 12(5): 435–446.
- Kiziloz. M.B., O. Cumhur and M. Kilic. 2009. Development of the structure of an imitation cheese with low protein content. *Food Hydrocolloids* 23(6): 1596–1601.
- Law, B.A. and A.Y. Tamime (eds.) 2010. *Technology of cheesemaking*. Second edition. Wiley-Blackwell, Oxford, United Kingdom, 515 p.
- Liu, H., M.X. Xue and S.D. Guo. 2008. Comparison of full-fat and low-fat cheese analogues with or without pectin gel through microstructure, texture,

- rheology, thermal and sensory analysis. *International Journal of Food Science and Technology* 43(9): 1581–1592.
- Lucey, J.A., M.E. Johnson and D.S. Horne. 2003. Perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese. *Journal of Dairy Science* 86(9): 2725-2743.
- Mistry, V.V. 2001. Low fat cheese technology. *International Dairy Journal* 11(1): 413–422.
- Mounsey, J.S. 2009. Effect of wheat starch on imitation cheese texture. *Journal of Food Technology* 7(2): 30-33.
- Mounsey, J.S. and O’Riordan, E.D. 2008a. Influence of pre-gelatinised maize starch on the rheology, microstructure and processing of imitation cheese. *Journal of Food Engineering* 84: 57-54.
- Mounsey, J.S. and O’Riordan, E.D. 2008b. Characteristics of imitation cheese containing native or modified rice starches. *Food Hydrocolloids*. 22: 1160-1169.
- O’Brien, N.M. and T.P. O’Connor. 2004. Nutritional aspects of cheese. pp. 573-579. In: Fox, P., P. McSweeney, T. Cogan and T. Guinee (eds.). *Cheese: chemistry, physics and microbiology*. Third edition. Elsevier, Academic Press, United States. 640 p.
- Olson, N.F. 1995. Chapter 9: Cheese. pp. 353-384. In: Rehm, H.J. and G. Reed (eds.). *Biotechnology: enzymes, biomass, food and feed*. Second edition. Wiley Blackwell, Germany. 804 p.
- Piska, I. and J. Stetina. 2004. Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese. *Journal of Food Engineering* 61(4): 551–555.
- Ravindra, P., D. Genovese, E. Foegeding and M. Rao. 2004. Rheology of heated mixed whey protein isolate/cross-linked waxy maize starch dispersions. *Food Hydrocolloids* 18(5): 775–781.
- Verma, P., U.S. Agrawal, A.K. Sharma, B.C. Sarkar and H.K. Sharma. 2005. Optimization of process parameters for the development of a cheese analogue from pigeon pea (*Cajanus cajan*) and soy milk using response surface methodology. *International Journal of Dairy Technology* 58(1): 51-58.

