

EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE GLUCOMANANO EN EL DISEÑO DE UN ALIMENTO CON CAPACIDAD SACIANTE. CARACTERIZACIÓN INSTRUMENTAL Y DIGESTIÓN "IN VITRO"

Presentado por: Ana Karina C. Vivas Palencia

Tutores académicos: Susana Fiszman Dal Santo ¹ • María Isabel Hernando Hernando ². • Tutor Experimental: Johanna M. Marcano Rodríguez ¹.

RESUMEN

Las pautas nutricionales recomiendan el consumo de fibra dietética para la promoción de la salud, en especial para el control de la obesidad, debido a la regulación de la ingesta de energía y la sensación de saciedad al actuar como un agente de carga. El glucomanano (KGM) es una fibra dietética fermentable, muy soluble, que posee una excepcional capacidad de captar agua, de la que se ha demostrado es eficaz en la obesidad y la pérdida de peso, por el efecto saciante que produce. Debido a que las proteínas son los otros componentes alimentarios que poseen alta capacidad saciante resulta interesante la aplicación de KGM en productos sólidos con alto contenido proteínico como lo son las tartas de queso. El presente trabajo evaluó el efecto de la reformulación de tartas de queso, mediante la incorporación de KGM a diferentes concentraciones (KC= 0,75%, K1= 1,5%, K2= 2,25% Y K3= 3%), sobre las propiedades reológicas, texturales y valoración del comportamiento reológico después de su digestión *in vitro*. Se utilizaron métodos instrumentales para la determinación del comportamiento reológico (reología dinámica) y textura (análisis de doble compresión TPA, compresión hasta la rotura y penetración con diente), y un simulador de digestión *in vitro* de la fase estomacal. Se logró una sustitución total de la grasa láctea y del almidón en la formulación de las tartas de queso con la adición de KGM al 0,75%. El KGM contribuyó a aumentar todos los parámetros de textura instrumental de las tartas, lo que favorecería la exposición orosensorial aumentando las señales de saciedad. Del mismo modo, la adición de KGM a las tartas, aumenta las propiedades viscoelásticas de las muestras digeridas pudiendo participar en el aumento efectivo de la viscosidad del contenido estomacal y, en consecuencia, retardando su vaciado.

RESUM

Les pautes nutricionals recomanen el consum de fibra dietètica per a la promoció de la salut, especialment per al control de l'obesitat, a causa de la

¹ Instituto de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos (IATA-CSIC). Agustín Escardino 7, 46980. Paterna (Valencia). Telf.: (+34) 963 90 0022
• FAX: (+34) 963 63 6301. • email: sfiszman@iata.csic.es.

² Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales Universitat Politècnica de València Camino de Vera, s/n 46022 Valencia, España. Telf.: 963877363 (Ext.:77363). • email: mihernan@tal.upv.es

regulació de la ingesta d'energia i la sensació de sacietat en actuar com un agent de càrrega. El glucomannan (KGM) és una fibra dietètica fermentable, molt soluble, que posseeix una excepcional capacitat de captar aigua, de la qual s'ha demostrat és eficaç en l'obesitat i la pèrdua de pes, per l'efecte sadollant que produeix. A causa que les proteïnes són els altres components alimentaris que posseeixen alta capacitat sadollant resulta interessant l'aplicació de KGM en productes sòlids amb alt contingut proteínic com el són els pastissos de formatge. El present treball va avaluar l'efecte de la reformulació de pastissos de formatge, mitjançant la incorporació de KGM a diferents concentracions (K0= 0,75%, K1= 1,5%, K2= 2,25% i K3= 3%), sobre les propietats reològiques, texturals i valoració del comportament reològic després de la seua digestió *in vitro*. Es van utilitzar mètodes instrumentals per a la determinació del comportament reològic (reologia dinàmica) i textura (anàlisi de doble compressió TPA, compressió fins al trencament i penetració amb dent), i un simulador de digestió *in vitro* de la fase estomacal. Es va aconseguir una substitució total del greix làctic i del midó en la formulació dels pastissos de formatge amb l'addició de KGM al 0,75%. El KGM va contribuir a augmentar tots els paràmetres de textura instrumental dels pastissos, la qual cosa afavoriria l'exposició orosensorial augmentant els senyals de sadollament. De la mateixa manera, l'addició de KGM als pastissos, augmenta les propietats viscoelàstiques de les mostres digerides podent participar en l'augment efectiu de la viscositat del contingut estomacal i, en conseqüència, retardant el seu buidatge.

ABSTRACT

The nutritional guidelines recommend the consumption of dietetic fiber for health promotion, especially, as a bulking agent, it aids control of the obesity and regulate energy intake and satiety. Glucomannan (KGM) is a fermentable dietary fiber, highly water soluble, which has an exceptional ability to bind water; it has been demonstrated to be effective in obesity and weight loss due to the satiating effect. Proteins are other food macronutrient that show high satiating capacity. So it would be interesting to apply KGM in solid food items with high-protein content such as cheese pies. In the present study the effect of different concentrations of KGM (K0= 0,75%, K1= 1,5%, K2= 2,25% and K3= 3%) in reformulated cheese pies, on the rheological and instrumental textural properties was evaluated. In addition, rheological behavior of cheese pie slurries after *in vitro* digestion was analyzed. The instrumental methods used were dynamic oscillatory rheology for assessment of the rheological behavior, and double-cycle compression (TPA), compression until the breakdown and penetration with a tooth-probe for texture. *in vitro* digestion in the stomach phase was simulated at 37°C. The addition of KGM at 0,75% it was achieved a total replacement of starch and full-fat cheese with low-fat cheese in the reformulated cheese pie. The KGM contributed increases of all parameters of instrumental texture of the pies, which would stimulate the orosensorial exposure and, in consequence, the

satiety signals. In the same way, the addition of KGM to the pies, increased the viscoelastic properties of digested samples so effectively increasing the stomach content viscosity and distention, consequently delaying emptying.

PALABRAS CLAVE: Saciante, glucomanano de Konjac, tarta de queso, propiedades reológicas, textura, digestión *in vitro*.

INTRODUCCION

Las pautas nutricionales recomiendan el consumo de fibra dietética para la promoción de la salud y prevención de enfermedades (Salas-Salvadó et al., 2008). Numerosos estudios han demostrado la relación de un alto consumo de fibra dietética con la regulación de la ingesta de energía y la sensación de saciedad al actuar como un agente de carga, por lo que podría contribuir favorablemente al problema de la obesidad (Guérin-Deremaux et al., 2011; Keithley y Swanson., 2005; Lyly et al., 2009). El aumento de su consumo en los alimentos conlleva muchos beneficios de salud importantes por ejemplo, la reducción del consumo de calorías y de la tasa de ingestión de alimentos, reducción de la absorción de nutrientes y del colesterol, disminución del riesgo de diabetes, cáncer, enfermedades del corazón y la obesidad (Jenkins et al., 2004; Kraemer et al, 2007; Slavin y Green 2007; Walsh, et al., 1984).

El glucomanano es una fibra dietética fermentable, que se puede obtener de los tubérculos de *Amorphophallus konjac* (miembro de la familia *Araceae*, que se encuentra en el este de Asia), razón por la que se conoce como glucomanano de konjac (KGM). Se trata de un polisacárido lineal, constituido por D-glucosa y D-manosa, unidas por enlace β (1 \rightarrow 4), con ramificaciones de la cadena principal cada 50-60 unidades del monosacárido, unidas a la misma mediante enlace β (1 \rightarrow 3) y formadas, cada una de ellas, por 11-16 monosacáridos, asimismo existe un grupo acetilo cada 9-19 residuos de azúcar (González Canga, et al., 2004; Guardamagna et al., 2013; Keithley y Swanson., 2005). El KGM es una fibra muy soluble, que posee una excepcional capacidad de captar agua (1g de la misma puede captar hasta 200 ml de agua) formando soluciones muy viscosas; posee un alto peso molecular (entre 200000 y 2000000 Da, dependiendo del grado de purificación) y la viscosidad más elevada que cualquier fibra conocida. Aparte de las propiedades asociadas con las fibras en general, se ha demostrado que el KGM es eficaz en la obesidad y la pérdida de peso, por la sensación de saciedad que produce, también promueve la actividad intestinal y la función inmune, entre otras propiedades (Chua et al., 2010; González Canga, et al., 2004; Tester y Al-Ghazzewi, 2013; Zhang et al., 2005; Vuksan et al.1999; Vuksan et al., 2000). Se utiliza como ingrediente y aditivo alimentarios en China y Japón desde hace más de 1000 años para preparar los alimentos tradicionales, como la jalea de konjac, tofu y fideos; en la actualidad se emplea como agente gelificante, espesante,

formador de película, emulsionante, texturizante y como sustituto de grasa (Chin et al., 1998; Herranz et al., 2012; Jiménez-Colomero et al., 2011; Li et al., 2014; Liu et al., 2013; Sim et al., 2011; Solo-de-Zaldívar et al., 2014; Zhang et al., 2005; Zhou et al., 2013).

Entre los distintos atributos que tiene el glucomanano, como ya se ha mencionado, uno de los más notables es la capacidad de impartir saciedad. Se han propuesto diferentes mecanismos para explicar esta propiedad, como es el esfuerzo adicional que se requiere en la masticación de los productos que lo contienen (Keithley y Swanson., 2005). Sin embargo, el mecanismo más ampliamente aceptado, es la elevada capacidad de absorción de agua que hace que en el estómago se hinche e incremente la viscosidad del contenido gastrointestinal, lo que retrasa el vaciado gástrico y ralentiza el paso por el intestino delgado, que a su vez, puede aumentar o prolongar las señales de saciedad desde el estómago. Por estas razones diversos autores recomiendan un consumo de 2 a 3 gramos diarios, como coadyuvante en la pérdida de peso (Keithley y Swanson, 2005; González Canga, et al., 2004; Fiszman y Varela, 2012; Salas-Salvadó et al., 2008; Slavin y Green, 2007).

Comercialmente se pueden encontrar cápsulas y dispersiones de KGM, e incluso bebidas con capacidad saciante para promover la pérdida de peso. No obstante se ha estudiado poco su aplicación en productos sólidos, con el fin de aprovechar esta propiedad.

Es bien conocido que además de las fibras, las proteínas son los componentes que promueven y poseen alta capacidad saciante y son la base para la formulación de sustitutos de comida o snacks bajos en calorías (Tárrega et al., 2014). Además, Zhou et al. (2013), mencionan que el KGM puede promover efectos sinérgicos cuando se combinan con la proteína, formando de este modo diferentes texturas, atributo fundamental en la sensación de saciedad percibida en boca (Yeomans y Chambers, 2011). Por esta razón, resulta interesante la aplicación de KGM en productos sólidos con alto contenido proteínico como lo son las tartas de queso.

En base a lo expuesto, el presente estudio tuvo como finalidad evaluar el efecto de la reformulación de tartas de queso, mediante la incorporación de KGM en diferentes concentraciones, sobre las propiedades reológicas, texturales y valoración del comportamiento reológico después de su digestión *in vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de las Muestras

Se partió del procedimiento y formulación desarrolladas por Marcano (2013) en su trabajo de fin de maestría, para la elaboración de las tartas de queso con capacidad saciante. Además del control (CE) sin glucomanano, se

establecieron formulaciones que contuvieran cantidades crecientes de glucomanano (KGM) (Trades®, 90,5% de pureza). Mediante una serie de pruebas previas se comprobó que el KGM era capaz de reemplazar el almidón ya que aportaba viscosidad a la mezcla, y que las tartas se podían elaborar con 100% de queso desnatado. Por lo tanto, se decidió formular una tarta de queso como control tecnofuncional, con la cantidad mínima necesaria de KGM para obtener una tarta con buena estabilidad estructural después del horneado, y con cantidades crecientes de KGM hasta la máxima concentración técnicamente viable.

FORMULACIÓN

En la Tabla 1, se presentan los porcentajes de los ingredientes para cada una de las formulaciones de tartas de queso desarrolladas.

TABLA 1. Formulación de las muestras expresadas en tanto por cien (p/p) de sus ingredientes.

Ingredientes	CE	KC	K1	K2	K3
Queso fresco entero	55,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Queso fresco desnatado	0,00	57,46	57,00	56,59	56,16
Huevo entero pasteurizado	20,00	20,89	20,74	20,58	20,42
Azúcar refinada	10,00	10,45	10,40	10,29	10,21
Leche en Polvo desnatada	2,00	2,09	2,07	2,06	2,04
Agua potable	8,00	8,36	8,29	8,23	8,17
KGM	0,00	0,75	1,50	2,25	3,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

La muestra **CE** es el control estándar, sin glucomanano y elaborada 100 % queso entero y con almidón. **KC**, es la muestra control tecnofuncional, formulada con 0,75% de glucomanano, el resto de las muestras **K1**, **2**, y **3**, corresponde a las muestras con una adición de glucomanano al 1,5%, 2,25% y 3%, respectivamente.

PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS.

1. Pesado de los Ingrediente
2. Trituración del queso (picadora Moulinex Tipo 320-6-0) durante 15 segundos.
3. Batido (continuo, con paleta a velocidad mínima)
 - 3.1. Incorporación del queso triturado (tipo Burgos 100% desnatado, 12,3% de proteína y 0,2 % de grasa, marca Hacendado) y el huevo entero pasteurizado (Ovocity), batido durante 1 minuto.

- 3.2. Adición de la mitad del azúcar refinada (Azucarera), batida durante 1 min.
 - 3.3. Adición de la leche en polvo desnatada (La Asturiana) disuelta previamente en agua potable y batido durante 1 minuto.
 - 3.4. Incorporación del KGM, mezclado previamente con la otra mitad del azúcar, de forma espolvoreada y batida durante 1,5 minutos, para un total de 4,5 minutos de batido.
4. Horneado.
 - 4.1. Precalentamiento del horno convencional (DeDietrich) a 180°C.
 - 4.2. Vertido de la mezcla en moldes de silicona (120g aproximado).
 - 4.3. Horneado a 180°C durante 25 minutos.
 - 4.4. Transcurrido el tiempo retirada del horno y enfriamiento a temperatura ambiente para luego desmoldar.

Mediciones instrumentales de reología de la mezcla

La evaluación del comportamiento viscoelástico de las mezclas, antes de hornear se llevó a cabo empleando un reómetro de esfuerzo controlado (AR-G2, TA Instruments, Crawley, Reino Unido), con temperatura controlada por un sistema peltier, y empleando una geometría de plato-plato dentado de 40mm de diámetro y una separación de un 1mm. Todas las pruebas se realizaron por duplicado y luego de transcurrido 5 minutos después de terminado el batido. Una vez colocada la muestra entre los platos se dejó en reposo durante 10 minutos, para lograr el equilibrio antes de iniciar las medidas. Se aplicó aceite de vaselina a las superficies expuestas para evitar su deshidratación y se efectuaron los barridos de frecuencia de 10 a 0,01Hz, a una amplitud de esfuerzo dentro de la zona de viscosidad lineal (0,001) y a temperatura fija de 20°C. Con el objetivo de crear condiciones similares a las experimentadas durante el horneado de las tartas, se hizo un barrido de temperatura desde 20°C hasta 80°C, a razón de 1°C/min, con amplitud de esfuerzo de 0,001 y una frecuencia fijada en 1 Hz,. Para ambos barridos (de frecuencia y de temperatura), se registraron los valores de módulo elástico o de almacenamiento (G') y módulo viscoso o de pérdida (G''), mediante el software (TA Data analysis, TA Instruments, Crawley, Reino Unido).

Mediciones instrumentales de textura de las tartas

Las muestras se midieron con un ensayo de doble compresión (TPA) con el equipo TA.TX. Plus Texture Analyser (Stable Micro Systems, Godalming, Reino Unido). Se utilizó la sonda P/75 y fijando una compresión del 40% de la altura inicial de las muestras. Se utilizó una velocidad de ensayo de 1mm/s, un tiempo entre compresiones de 5s y un valor de *tigger point* de 15g. Se determinaron los valores correspondientes a la dureza, elasticidad, cohesividad y masticabilidad. Con el mismo equipo, se realizó también un ensayo de compresión hasta la

rotura y otro de penetración con diente (para simular la mordida). Para el ensayo de compresión hasta la rotura, se usó la misma sonda que en el TPA, se fijó una compresión hasta 72% de altura de la muestra (para asegurar su rotura total), y una velocidad de ensayo de 1 mm/s, mientras que para el ensayo de penetración con diente se utilizó la misma velocidad con la sonda HDP/ VB (Volodkevich Bite Jaws) y una penetración hasta 10 mm de la sonda en la tarta.

Para el ensayo de TPA y compresión hasta rotura, se utilizaron probetas cilíndricas (17mm de alto y 22mm de diámetro), extraídas en tres y dos puntos respectivamente, de cada tarta; se efectuaron por duplicado (preparadas en días diferentes) para cada formulación. El ensayo de penetración con diente fue realizado directamente en la tarta sin cortar y por duplicado.

Digestión *in vitro*

MUESTRAS Y DISOLUCIONES

Se realizó una digestión *in vitro* simulando la fase del estómago, tanto de las tartas, como en una dispersión del ingrediente individual (KGM). También se realizaron, a modo comparativo, ensayos en el glucomanano de dos muestras comerciales (cápsulas que contienen 0,5g de KGM, marca Hacendado y sobres para reconstituir que contienen 1g de KGM de Bicentury), todas por duplicado y siguiendo la metodología de Abdel-Aal (2008).

Se empleó una disolución de NaCl (0,03M) como el líquido simulador de fluido gástrico (SGF). La saliva artificial, preparada diariamente antes de cada ensayo, consistió en una disolución que contiene: NaHCO₃, K₂HPO₄, NaCl, KCL, CaCl₂ •2 H₂O (todas suministradas por Pancreac Química.L.U), mucina (M2378-100G, Sigma-Aldrich Co.) y α-amilasa (A3176-1MU, Sigma-Aldrich Co.); se añadió 1g de saliva preparada por cada 4g de tarta.

PROCEDIMIENTO

Cada tarta entera, preparada el día anterior, se pesó y seguidamente se trituró con la cuchilla picadora durante 15s (UFESA, modelo U1EBB4001) con la ayuda de 50 ml de SFG. El triturado se trasvasó a un vaso encamisado con tapa, (digestor), y se le adicionó la saliva en la porción indicada. Seguidamente el pH de la muestra se llevó hasta 1,9 utilizando HCl 10 N y se adicionó 0,25 g de pepsina por cada gramo de proteína presente en la tarta. Toda la mezcla fue mantenida en un baño de agua a 37°C con agitación continua a 400 rpm durante 30 min.

Para el caso de las dispersiones del ingrediente KGM (utilizado en la preparación de las tartas) o del producto comercial en sobre, las muestras se prepararon el mismo día de la prueba. Se diluyeron previamente en 200 ml agua 1g del KGM ingrediente o 1 sobre completo del producto comercial, luego

se mezclaron sin trituración con SFG y sin adición de pepsina (porque no hay proteína presente). El resto del protocolo se mantuvo sin cambios.

En el caso de las capsulas, éstas se colocaron enteras en un vaso de precipitado con 200 ml de agua y se siguió el mismo protocolo que se acaba de mencionar.

Las mezclas obtenidas tras la digestión se mantuvieron a 37°C (temperatura del estómago) y a esa temperatura se les realizó un barrido de frecuencia, con el fin de determinar los módulos elásticos (G') y viscoso (G'') en función de la frecuencia, empleando para ello el protocolo mencionando anteriormente para las tartas.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo sometiendo los resultados a un ANOVA simple, empleando para ello el paquete estadístico Statgraphics XVI, a fin de conocer el efecto de la cantidad de glucomanano sobre la variación en los resultados instrumentales de textura. En todos los casos, los datos cumplieron con los criterios de normalidad, homocedasticidad, independencia y linealidad, que garantizaron la adecuación de este modelo estadístico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento reológico de las muestras batidas antes del horneado

El espectro del comportamiento reológico de las tartas de queso se presenta en la Figura 1. Se puede apreciar que la sustitución completa del queso entero por queso desnatado y el almidón por el KGM (muestra KC), implicó un comportamiento distinto de la mezcla básica (CE), que se tradujo en un aumento de las propiedades viscoelásticas. Otros autores encontraron que las características reológicas de los postres lácteos dependen principalmente del contenido de grasa, del tipo de almidón y del tipo y concentración de los hidrocoloides empleado; estos cambios, a su vez conlleva a un cambio en la textura percibida, que incluso puede llegar a afectar la percepción del sabor por el aumento de la viscosidad (González- Tomás, et al., 2008, Tarrega y Costel, 2006, Said et al., 2013). La variación del comportamiento respecto a un control con KGM, justifica el por qué se decidió trabajar con una mezcla con la cantidad mínima de glucomanano para poder evaluar el efecto que tiene el aumento de la concentración del KGM.

Se observa que la mezcla KC presentó un comportamiento más estable que el control durante el barrido de frecuencia, predominando siempre G' sobre G'' ; mientras que la mezcla básica CE, preparada con 100% queso entero y con almidón (CE) presentó mayor dependencia con la frecuencia. El

comportamiento puede ser clasificado reologicamente como un comportamiento de gel débil (Ares et al., 2012, Yosimura et al., 1998).

Los espectros mecánicos de las tartas con KGM (Figura 1), como era de esperar, presentaron valores de módulo de almacenamiento (G') más altos que los valores de módulo de pérdida (G'') para todas las muestras en todo el intervalo de frecuencias estudiado, comportamiento característico de los polisacáridos (Doublier y Durand, 2008; Jiménez-Colomero, et al., 2013; Tárrega et al., 2014, Tobin et al., 2012). El carácter viscoelástico de las mezclas se ve reforzado con la presencia del KGM. Otros investigadores observaron espectros mecánicos similares en postres lácteos con adición de hidrocoloides (Ares et al. 2012; Bayarri et al 2010; González-Tomas et al 2008; Kersiene et al 2008; Tarrega y Costell 2006). Asimismo, tanto G' y G'' para todas las formulaciones presentaron un ligero aumento con la frecuencia, tal comportamiento es asociado a estructuras de tipo geles débiles (Nunes et al., 2006); aumento que se puede atribuir a la ausencia de puntos o enlaces de unión fuerte en los sistemas (Said et al., 2012).

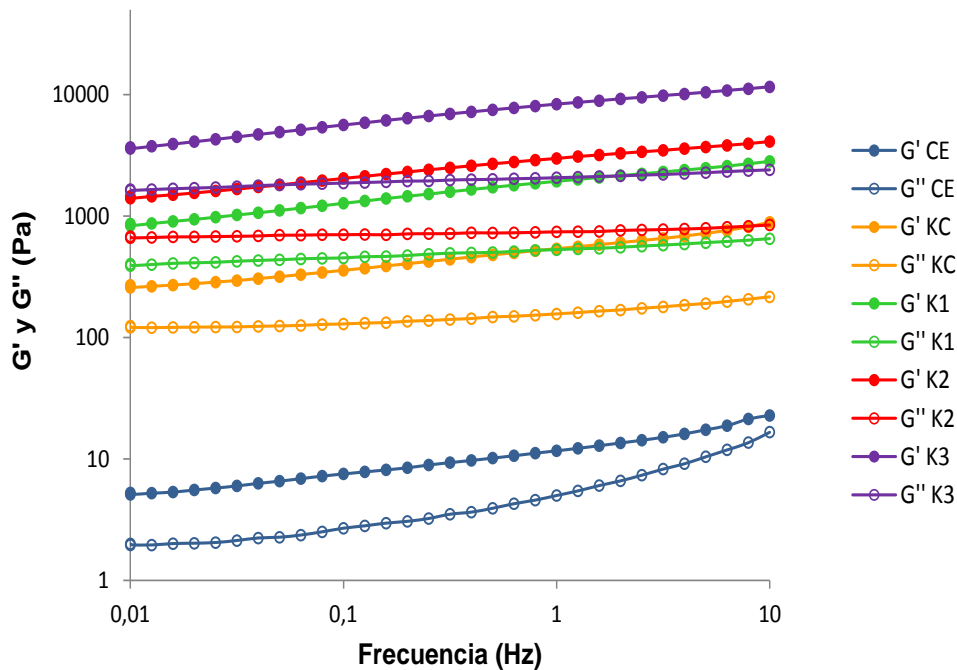


FIGURA 1. Espectros mecánicos de las mezclas batidas CE, KC, K1, K2, K3 a 20°C en función de la frecuencia (0,01 a 10 Hz).

Finalmente, el aumento en la concentración de KGM se tradujo en un aumento del valor de ambos módulos (G' , G''), sin mostrar cambios en la

dependencia por la frecuencia, es decir el comportamiento viscoelásticos de las mezclas solo se acentuó sin cambiar la naturaleza de las interacción por efecto del aumento de la adición de KGM.

En la Figura 2 se presenta la evolución de los módulos elástico (G') y viscoso (G'') en las mezclas al incrementar su temperatura, simulando el proceso de horneado de las tartas. Al igual que en el barrido de frecuencia, el comportamiento de la mezcla CE es diferente al de las mezclas con KGM. La muestra CE se comporta más sólida a partir de los 70°C , probablemente debido a la gelatinización del almidón. Las muestras con KGM, que no contienen almidón, no presentaron dicho aumento, y muestran un comportamiento similar entre ellas disminuyendo ligeramente su viscosidad con la temperatura. Un aumento en el porcentaje de KGM implicó un mayor carácter viscoelástico.

Chao et al. (2012), obtuvo resultados similares cuando evaluó el efecto de la temperatura en dispersiones de KGM, encontrando que en un rango de temperatura de $20\text{-}110^{\circ}\text{C}$ tanto G' y G'' tienen la tendencia a disminuir. Por el contrario Jimenéz-Colomero et al. (2012) encontró que con el aumento de la temperatura por encima de los 50°C , el KGM empleado en forma de gel, muestra un ligero incremento de los módulos, sobre todo de G' asociada con una estructura elástica más rígida.

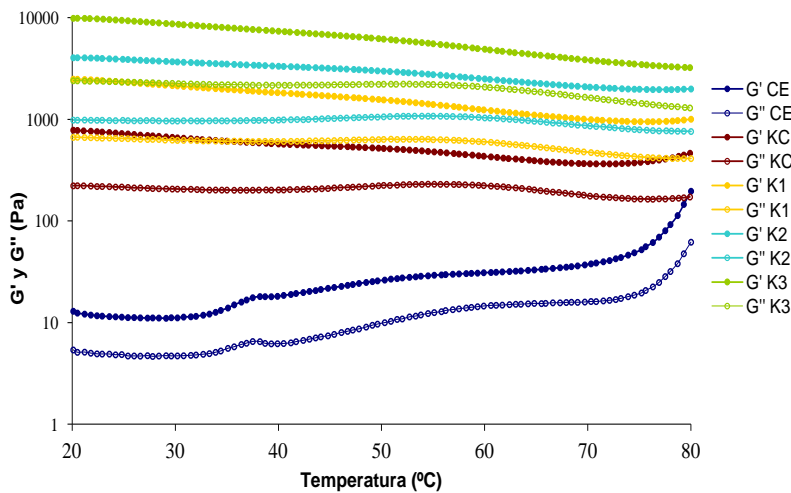


FIGURA 2. Espectros mecánicos de las mezclas batidas CE, KC, K1, K2, K3 a 1 Hz, en función del incremento en la temperatura (20 a 80°C).

Textura

TEST DE DOBLE COMPRESIÓN DE LAS TARTAS (TPA)

Los parámetros del análisis del perfil de textura (dureza, elasticidad, cohesividad y masticabilidad) de las tartas de queso formuladas con diferentes porcentajes de adición de KGM, se comparan en la Tabla 2.

TABLA 2. Parámetros obtenidos del TPA de las tartas de queso formuladas con diferente porcentaje de KGM

Parámetro	KC	K1	K2	K3
<i>Dureza</i> (N)	2,301 ^a (0,270)	3,783 ^b (0,370)	5,593 ^c (0,454)	7,587 ^d (0,678)
<i>Elasticidad</i>	0,858 ^a (0,070)	0,832 ^a (0,097)	0,714 ^b (0,033)	0,707 ^b (0,037)
<i>Masticabilidad</i> (N)	0,918 ^a (0,157)	1,778 ^b (0,272)	2,317 ^c (0,214)	3,319 ^d (0,407)
<i>Cohesividad</i>	0,464 ^a (0,028)	0,568 ^b (0,038)	0,582 ^b (0,019)	0,619 ^c (0,026)

^{a, b, c, d} Letras diferentes denotan diferencias estadísticamente significativas entre muestras

La incorporación de cantidades crecientes de KGM provocó un aumento proporcional de la dureza de las tartas, encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre los valores medios de todas las formulaciones ($P < 0.05$) a un nivel del 95,0% de confianza. La cohesividad también presentó un aumento generalmente significativo a mayor concentración de KGM ($P > 0,05$). Como consecuencia, los valores medios de masticabilidad también aumentan con la adición de KGM, existiendo diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones ($P < 0,05$). En cuanto a la elasticidad, se observó que con el aumento de la concentración del KGM disminuye significativamente el valor de este parámetro a un nivel de confianza del 95%.

Los datos disponibles sobre las propiedades texturales que imparte el KGM en la formulación de productos sólidos (como son las tartas de queso), es muy limitada. Algunos trabajos previos han estudiado la influencia que tienen varios

factores (pH, fuerza iónica del medio, interacción con otros componentes, forma de incorporación, etc.) sobre las propiedades texturales que imparte el KGM (Akesowan, 2011; Herranz et al., 2013; Huang y Lin, 2004; He et al., 2012; Jiménez-Colomero et al., 2011; Pan et al., 2011; Solo-de-Zaldívar et al., 2014). Por esta razón se hace difícil comparar los resultados obtenidos en el presente trabajo. Sin embargo, es importante resaltar que en algunos de los estudios encontrados, la dureza es el parámetro que se comporta de la misma forma, es decir, niveles crecientes de KGM resultan en texturas más duras, sugiriendo que es la principal propiedad que imparte, debido probablemente a la gran inmovilización de agua que provoca en el sistema.

Chin et al. (1998), determinaron que cuando se emplea KGM como sustituto de grasa para la fabricación de mortadelas (“bolongas”) con bajo contenido en grasa, el aumento de las concentraciones de KGM de 0,5% a 1,5% producen un aumento en la dureza, resultados similares a los obtenidos en el presente trabajo; además demostraron que el valor de estos cambios depende si el KGM es agregado en forma de polvo o pre-hidratado; concluyendo que la adición de KGM conduce a un incremento general de todos los valores del TPA, debido a la inmediata absorción de agua que se produce cuando es adicionado a la mezcla y por la formación de un gel estable durante la cocción. Cuando el KGM fue utilizado por Zhou et al. (2013), para mejorar la calidad de las harinas de trigo con bajo contenido de proteína, empleadas para la preparación de *noodles*, observaron un aumento de la dureza y una disminución en la cohesividad, sin cambios significativos en la elasticidad, sugiriendo como explicación posible el rol que tiene el KGM como un espaciador estérico, que pareciera bloquear los sitios de unión de enlaces hidrofóbicos del gluten, resultando en una estructura completamente consolidada. En la investigación llevada a cabo por Tobin et al. (2012) en geles de proteína (WPI) con la adición de KGM y con un contenido de proteína superior al 6%, también produjo un aumento de la dureza de la estructura de los geles, lo cual atribuyeron a cambios de presión osmótica localizada como resultado de la presencia de moléculas de glucomanano muy hidrofílicas y que confieren gran viscosidad.

En la Figura 3, se muestran las gráficas que describen el comportamiento general de las muestras durante el ensayo de doble compresión. Los picos alcanzados en la grafica representan la dureza o resistencia a la compresión. Se determina la cohesividad medida como la diferencia entre las aéreas de la segunda y primera curva, y la elasticidad como la diferencia entre las distancias recorrida por el embolo antes de encontrar la muestra en la segunda bajada; mientras que la masticabilidad se calcula como producto de estas tres parámetros.

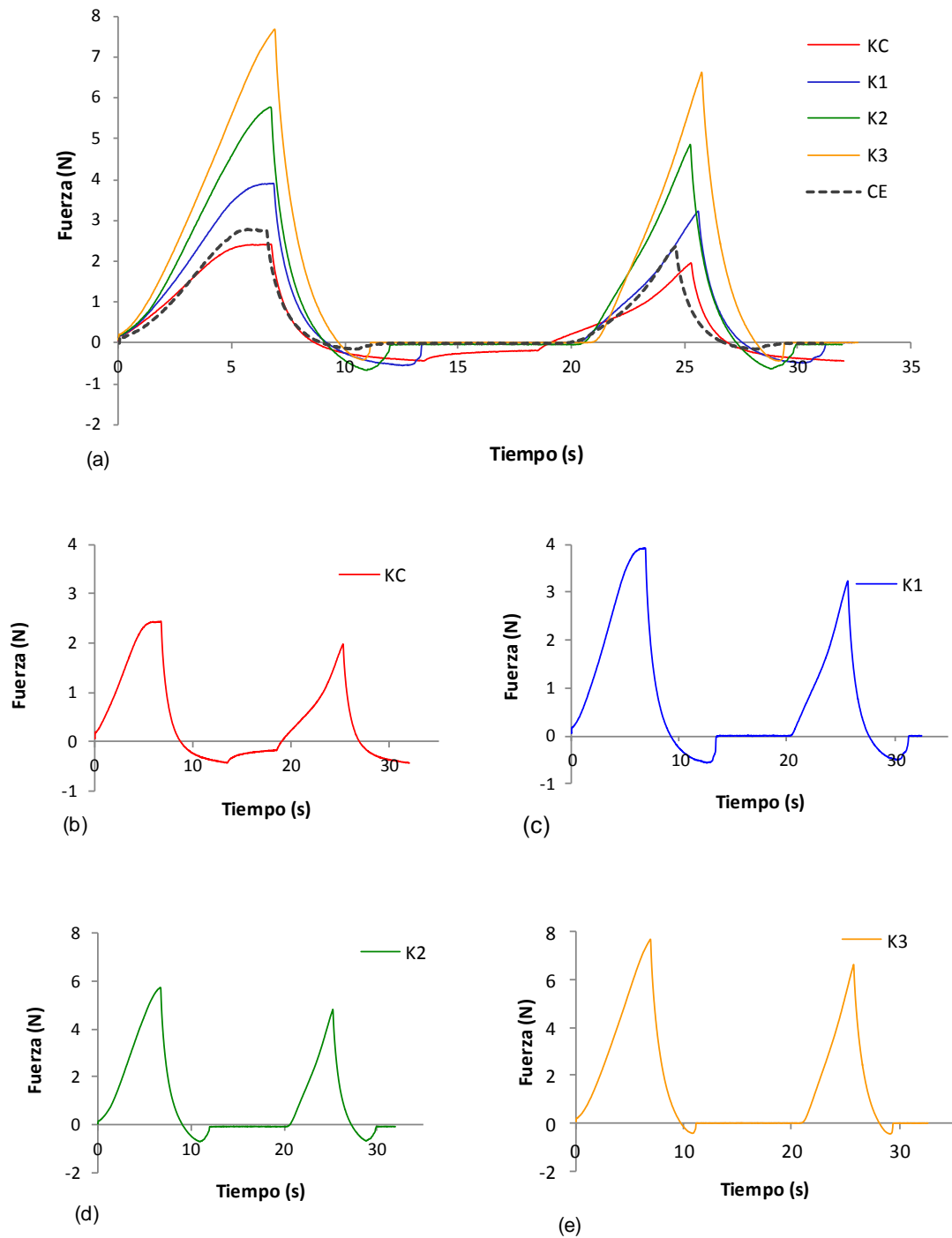


FIGURA 3. Comportamiento general de las muestras CE, KC, K1, K2, K3, en ensayos de doble compresión TPA. (a) gráfica $F(t)$ en conjunto; (b),(c),(d),(e), graficas $F(t)$ por separado para KC, K1, K2, K3, respectivamente.

ENSAYO DE COMPRESIÓN HASTA LA ROTURA Y PENETRACIÓN CON DIENTE.

En la Tabla 3 se presentan los valores medios obtenidos para cada formulación de las tartas de queso en los ensayos de compresión hasta la rotura y penetración con diente.

TABLA 3. Datos obtenidos en los ensayos de compresión hasta la rotura y penetración con diente para cada formulación.

Ensayo	KC	K1	K2	K3
Compresión hasta la rotura (N)	2,342 ^a (0,363)	4,015 ^b (0,778)	5,905 ^c (0,963)	8,926 ^d (1,613)
Penetración con Diente (N)	0,540 ^a (0,050)	0,639 ^b (0,072)	0,982 ^c (0,115)	1,361 ^d (0,148)

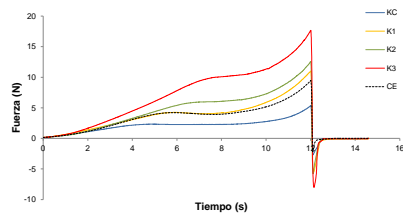
El ensayo de compresión hasta la rotura, indica la fuerza máxima que se debe aplicar, hasta ocasionar la desestructuración de la muestra. Con un 95% de confianza se obtuvo que existen diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,005$) entre las formulaciones, indicando que a medida que aumenta la concentración de KGM, se requiere una mayor fuerza para provocar la rotura.

El ensayo de penetración con diente es una prueba de cizallamiento y compresión, que permite evaluar la fuerza máxima relacionada con el trabajo necesario para producir el corte y penetración de la muestra, simulando así la acción realizada por los incisivos al comienzo de la masticación (Chiralt et al., 2012). En este ensayo también se obtuvo que existe una diferencia estadísticamente significativa ($P < 0,05$) entre los valores medios de la fuerza máxima de penetración con diente entre cada formulación, con un nivel del 95,0% de confianza; siendo la tendencia a aumentar el valor de la fuerza máxima requerida con el aumento de la concentración del KGM.

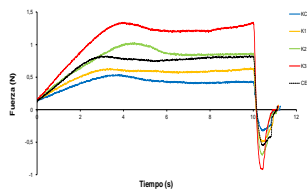
En la Figura 4, se presentan las gráficas del comportamiento de las muestras durante ambos ensayos. De forma general, en ambas gráficas se aprecia un primer pico de fuerza, el cual corresponde a la fuerza máxima necesaria para romper y/o penetrar el alimento, que corresponden a los valores registrados y presentados en la Tabla 3.

En el caso del comportamiento de las tartas durante el ensayo de compresión hasta la rotura (Figura 4.a), se aprecia como las muestras primero sufren una compresión elástica (pendiente ascendente), hasta que llegan a un punto de fuerza máxima a partir del cual la deformación se vuelve irreversible (por observación puede verse que se esparce) y finalmente se compacta

(segundo aumento de la fuerza hacia el final del ensayo). Además se observa que a menor concentración de KGM la deformación elástica termina antes y comienza a esparcirse a niveles bajos de fuerza, o sea que presenta menor resistencia a la compresión.



(a)



(b)

FIGURA 4. Comportamiento general de las muestras KC, K1, K2, K3, en ensayos de compresión hasta la rotura y penetración con diente. (a) ensayo de compresión hasta la rotura, (b) ensayo de penetración con diente.

En la gráfica correspondiente al ensayo de penetración con diente (Figura 4.b), se aprecia cómo se produce una compresión de la muestra hasta que el diente penetra la muestra (corte). A continuación se produce una pequeña relajación de dicha fuerza, manteniéndose relativamente constante; lo que representa la penetración del diente dentro de la muestra hasta alcanzar la distancia programada en el ensayo (10 mm).

Tanto los resultados, tanto de penetración con diente como los de compresión hasta la rotura, están en concordancia con los obtenidos en el ensayo de doble compresión, en el cual un aumento de la concentración de KGM en la formulación de las tartas se obtiene un producto con mayor dureza; esto implicaría un alimento que precisa un mayor esfuerzo de masticación. Yeomans y Chambers (2011) afirman que los alimentos que requieren mayor masticación, con estructuras más densas, provocan una mayor sensación de capacidad saciante que los alimentos menos estructurados o líquidos.

A modo comparativo, en la Figura 3.a y 4, se graficó también el comportamiento de las propiedades texturales de la tarta CE. La curva de esta mezcla es similar a la de las tartas con KGM. Para el caso del TPA, la curva se ubicó entre las curvas representativas de KC y K1. Mientras que para los ensayos de compresión hasta rotura y penetración con diente, la curva de CE se encuentra entre las muestras K1 Y K2. Estos resultados muestran qué variación de texturas instrumentales se pueden presentar al reformular las tartas y la concentración más idónea para lograr el efecto fisiológico y a su vez obtener buena aceptabilidad por parte del consumidor; sin embargo ese objetivo no se contempló en el presente trabajo.

Digestión *in vitro*

Se realizaron ensayos de reología dinámica sobre los productos resultantes de la digestión *in vitro* de las muestras, con el fin de evaluar cuál era su comportamiento viscoelásticos tras ser sometidas a una digestión en la fase estomacal. El espectro mecánico de las tartas digeridas obtenido del barrido de frecuencias (Figura 5), muestra importantes diferencias en las propiedades viscoelásticas dependiendo de la composición. La muestras K2, K3 y CE, muestran un claro comportamiento del tipo gel, donde G' esta siempre por encima de G'' , sugiriendo que a concentraciones mayor al 2,25% produce un notorio incremento en las funciones de G' y G'' , con un ligera dependencia a la frecuencia.

La estructura de la muestra CE después de la digestión es la más débil ya que presenta los menores valores de G' y de G'' , con un comportamiento relativamente estable con la frecuencia.

La muestras KC y K1 presentan una mayor dependencia de la frecuencia, mostrando un gel de naturaleza diferente del control CE; a bajos valores de frecuencias G'' está por encima de G' , indicando un comportamiento más tipo fluido que se invierte a frecuencias mayores hasta llegar a sobrepasar los

valores de G'' , adquiriendo un comportamiento más elástico, de carácter de gel débil. Este comportamiento es típico de los sistemas que no presentan entramados permanentes. A mayores concentraciones de KGM (K2 y K3) las muestras presentan los mayores valores de viscoelasticidad, comportándose como geles débiles estables durante todo el barrido de frecuencias, debido a una mayor concentración de moléculas que no permite el deslizamiento entre ellas para poder “fluir”.

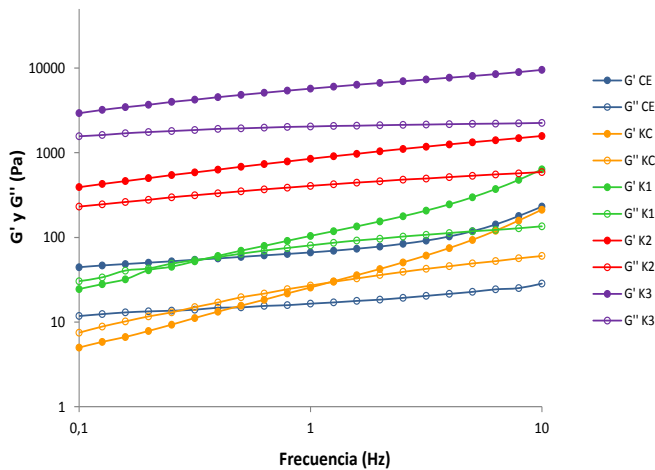


FIGURA 5. Espectros mecánicos de las tartas CE, KC, K1, K2, K3 después de la digestión *in vitro* a 37°C en función de la frecuencia (0,01 a 10 Hz).

Para poder comparar las muestras se observó el comportamiento viscoelástico que presentan las dispersiones del KGM solo, después de su digestión *in vitro* en fase estómago. Para ello se comparó una dispersión del ingrediente KGM con un preparado comercial que se vende como complemento alimentario para favorecer la pérdida de peso. El espectro mecánico obtenido de estas dispersiones (Figura 6) muestra el comportamiento típico de soluciones concentradas descrito por otros autores (Yaşar et al.; 2009), en donde tanto G' y G'' aumenta con la frecuencia, presentando un cruce, con valores de $G' > G''$ a partir de valores cercanos a 1 Hz, lo que indica una estructura viscoelástica de gel débil.

El mismo comportamiento se observó en las dispersiones y en el caso de las tartas KC Y K1, para las cuales a partir de cierto valor de frecuencia ocurre un cruce y las muestras empiezan a presentar un comportamiento más del tipo

sólido. Sin embargo, para el caso de las tartas el valor de los módulos de G' y G'' es mucho mayor en comparaciones con las dispersiones tanto del ingrediente solitario como las comerciales. Estos resultados sugieren el efecto positivo que puede tener la incorporación del glucomanano en una matriz sólida (como lo son las tartas de queso) ya que se obtiene un producto con propiedades viscoelásticas superiores y que por lo tanto podría producir mayor saciedad. Además, se obtienen nutrientes e incluso la sensación de indulgencia que sienten las personas en régimen alimenticio al ingerir un postre.

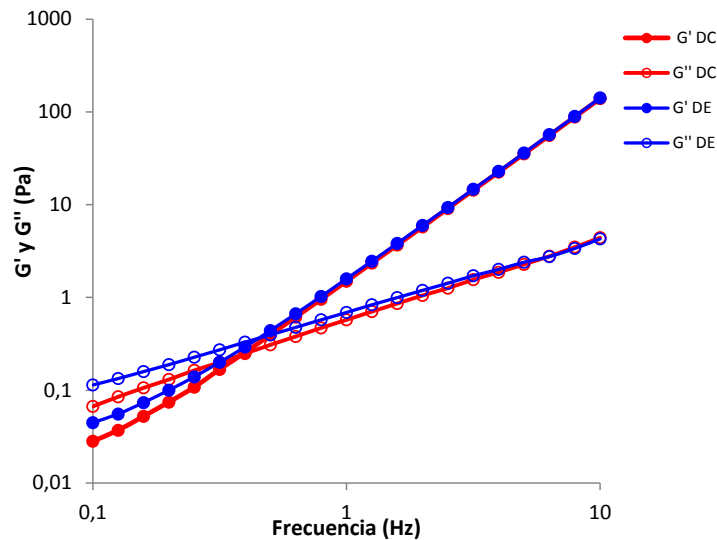


FIGURA 6. Espectros mecánicos de las dispersiones, con el ingrediente KGM (DE) y la comercial después de la digestión *in vitro* a 37°C en función de la frecuencia (0,01 a 10 Hz).

La mayoría de los estudios de digestión *in vitro* que se encuentran en la bibliografía se han enfocado en evaluar parámetros como digestibilidad/degradación, bioaccesibilidad, estabilidad de la muestra y cambios estructurales. Ninguno, hasta donde se ha podido saber, ha estudiado el efecto que tiene la incorporación de una fibra dietética en el comportamiento reológico del producto luego de la digestión en el estómago, en particular cuando se habla del glucomanano de konjac.

Los resultados sugieren que efectivamente al adicionar KGM por encima de un nivel de 1,5% p/p, se produce un aumento en la viscoelasticidad de las muestras digeridas, lo cual se puede traducir en un aumento del efecto saciante. Estos resultados acompañados del aumento de los valores en los parámetros de textura (relacionados con la textura en boca) ratifican el importante efecto que puede tener el KGM en la sensación de saciedad.

Diversos estudios han demostrado que la incorporación de fibras dietéticas conlleva a un aumento de la capacidad de retención de agua y de la viscosidad

del alimento en el estomago (Dartois et al., 2010). Los mecanismos propuestos incluyen desde la fase bucal, en donde un aumento en la masticabilidad precisa mayor producción de saliva, lo que resulta en una sensación de saciedad más temprana y reducción de la ingesta de energía. Al llegar al estómago, aumenta la distensión gástrica por el exceso de producción de saliva y secreción de jugos gástricos, además la fibra sigue absorbiendo agua y aumenta aun más la distensión gástrica, lo que a su vez aumentará la sensación de saciedad (probablemente a través de las señales aferentes vagales). Acompañada de la distensión, se produce un retraso en el vaciado gástrico a través de dos caminos: un efecto directo sobre los nutrientes atrapado dentro de una matriz viscosa que se liberan más lentamente del estómago y el resto del tracto, o por medio de un efecto indirecto de la liberación de hormonas de los tejidos gastrointestinales cuando la comida pasa desde el estómago hacia el intestino delgado, lo cual se traduce en una mejora de la saciedad entre comida. Finalmente, las fibras dietéticas se fermentan principalmente en el colon, lo que aumenta la producción de ácidos grasos de cadena corta, que también mejoran sensación de la saciedad (Sleeth et al., 2010) ya sean actuando como fuente de energía adicional (De Leeuw et al., 2005), o como reguladores de la producción y secreción de hormonas relacionadas con la saciedad (Howarth et al., 2001; Kristensen y Jensen, 2011; Souza da Silva et al., 2012). Por lo tanto, parece muy probable que la adición del KGM a las tartas de queso, pueda inducir la sensación de saciedad del consumidor a través de diversos mecanismos.

CONCLUSIONES

El glucomanano es una fibra dietética fermentable que en combinación con alimentos sólidos con alto contenido de proteína, puede desempeñar un papel muy importante en el diseño de alimentos con alta capacidad saciante.

La adición de KGM al 0,75% puede lograr una sustitución total de la grasa láctea y del almidón en la formulación de las tartas de queso.

El KGM contribuye a aumentar la textura instrumental de las tartas de queso que favorecería la exposición orosensorial aumentando las señales de saciedad.

El KGM aumenta las propiedades viscoelásticas de las muestras digeridas y participaría en el aumento efectivo de la viscosidad del contenido estomacal.

El diseño de postres lácteos con alta capacidad saciante tras la adición de KGM, presenta una vía prometedora para la investigación.

Una optimización de la formulación mediante su caracterización sensorial y pruebas de aceptación permitiría comercializar el producto que contribuiría a la percepción de saciedad por parte del consumidor.

REFERENCIA

- Abdel-Aal, E.-S.M. 2008. Effects Of Baking On Protein Digestibility Of Organic Spelt Products Determined By Two In Vitro Digestion Methods. *LWT - Food Science and Technology*, 41 (7): 1282–1288.
- Akesowan, A. 2011. Effects of sodium chloride, soy protein isolate and secondary gums on Konjac gel properties. *Scholars Research Library. Annals of Biological Research*, 2 (1):181-186. Dirección URL: <http://scholarsresearchlibrary.com/archive.html>
- Ares, G.; Budelli, E.; Bruzzone, F.; Giménez, A.; Lema, P. 2012. Consumers' Texture Perception of Milk Desserts. Relationship with Rheological Measurements. *Journal of Texture Studies*, 43: 203–213.
- Bayarri, S.; Chuliá, L.; Costell, E. 2010. Comparing λ -Carrageenan and an Inulin Blend as Fat Replacers in Carboxymethyl Cellulose Dairy Desserts. *Rheological and Sensory Aspects. Food Hydrocolloids*, 24: 578-587.
- Chao, W.; Mei, X.; Wen-ping, L.; Pei, Q.; Yuan-yuan, G.; Dong-sheng, L. 2012. Study on Rheological Behavior of Konjac Glucomannan. *International Conference on Medical Physics and Biomedical Engineering. Physics Procedia*, 33: 25 – 30.
- Chin, K.; Keethon, J.; Longnecker, M.; Lamkey, J. 1998. Low-Fat Bologna in a Model System with Varying Types and Leves of Konjac Blends. *Journal of Food Science*, 63 (5): 1-6.
- Chiralt, A.; Martínez, N.; González, C.; Talens, P.; Moraga, G. 2012 . *Propiedades Físicas de los Alimentos*. Editorial Universitat Politècnica de Valencia. Valencia, España.
- Chua, M.; Baldwin, T.; Hocking, T.; Chana, K. 2010. Traditional Uses and Potential Health Benefits of *Amorphophallus* Konjac K. Koch ex N.E.Br. *Journal of Ethnopharmacology*, 128: 268–278.
- Dartois, A.; Singh, J.; Kaur, L. 2010. Influence of Guar Gum on the In Vitro Starch Digestibility-Rheological and Microstructural Characteristics. *Food Biophysics*, 5:149–160.
- De Leeuw, J.; Jongbloed, A.; Spoolder, H.; Verstegen, M. 2005. Effects of Hindgut Fermentation of Non-Starch Polysaccharides on the Stability of Blood Glucose and Insulin Levels and Physical Activity in Empty Sows. *Livestock Production Science*, 96:165–74.
- Mencionado en:* Souza da Silva, C.; van den Borne, J.; Gerrits, W.; Kemp, B.; Bolhuis, E. 2012. Effects of Dietary Fibers with Different Physicochemical Properties on Feeding Motivation in Adult Female Pigs. *Physiology & Behavior*, 107: 218–230.
- Doublier, J.; y Durand, S. 2008. A Rheological Characterization of Semi-Solid Dairy Systems. *Food Chemistry*, 108: 1169–1175.
- Fiszman, S.; Varela, P. 2012 . The Role of Gums in Satiety/Satiation. A Review. *Food Hydrocolloids*, 32: 147-154.
- González-Canga, A.; Fernández, N.; Sahagún, A.; García, J.; Díez, M.; Calle, A.; Castro, L.; Sierra, M. 2004. Glucomanano: Propiedades y Aplicaciones Terapéuticas. *Nutrición Hospitalaria*, 19 (1): 45-50.
- González- Tomás, L.; Bayarria, S.; Taylorb, A.; Costell, E. 2008. Rheology, Flavour Release and Perception of Low-Fat Dairy Desserts. *International Dairy Journal*, 18: 858–866.
- Guardamagna, O.; Abello, F.; Cagliero, P.; Visioli, F. 2013. Could Dyslipidemic Children Benefit From Glucomannan Intake?. *Nutrition*, 29: 1060–1065.
- Guérin-Deremau, L.; Pochat, M.; Reifer, C.; Wils, D.; Cho, S.; Miller, L. 2011. The Soluble Fiber Nutriose Induces a Dose-Dependent beneficial impact on Sasiety over Time in Humans. *Nutrition Research*, 31: 665-672.
- Herranz, B.; Bordeiras, J.; Solo-de-Zaldívar, B.; Solas, M.T.; Tovar, C. 2012. Thermostability Analyses of Glucomannan Gels. Concentration Influence. *Food Hydrocolloids*, 29: 85-92.
- Herranz, B.; Tovar, C.; Solo-de-Zaldívar, B.; Borderias, J. 2013. Influence of Alkali and Temperature on Glucomannan Gels at High Concentration. *Food Research International*, 48: 885-892.
- Howarth, N.; Saltzman, E.; Roberts, S. 2001. Dietary Fiber and Weight Regulation. *Nutrition Reviews*, 59 (5): 129-139.

- Huang, H.; y Lin K. 2004. Influence of pH and Added Gums on the Properties of Konjac Flour Gels. *International Journal of Food Science and Thecnology*, 39 (10): 1009-1016.
- He, J.X.; Wang, H.; Amadou, I.; Qin, X. 2012. Textural and Rheological Properties of Hydrolyzed Konjac Glucomannan and Kappa-Carrageenan: Effect of Molecular Weight, Total Content, pH and Temperature on the Mixed System Gels. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 24(3): 200-207.
- Jenkinsa, D.; Marchiea, A.; Augustina, L.; Rosc, E.; Kendalla, C. 2004. Viscous Dietary Fibre and Metabolic Effects. *Clinical Nutrition Supplements*, 1:39–49.
- Jiménez-Colomero, F.; Cofrades, S.; Herrero, A.; Fernández-Martín, F.; Rodríguez-Salas, L.; Ruiz-Capillas, C. 2012. Konjac Gel Fat Analogue for use in Meat Products: Comparison with Pork Fats. *Food Hydrocolloids*, 26: 63-72.
- Jiménez-Colomero, F.; Cofrades, S.; Herrero, A.; Solas, M.; Ruiz-Capilla, C. 2013. Konjac Gel for Use as Potential Fat Analogue for Healthier Meat Product. *Food Hydrocolloids*, 30:351-357.
- Keithley, J.; Swanson, B. 2005. Glucomannan and Obesity: A Critical Review. *Alternative Therapies*, 11(6): 30-34.
- Kersiene, M.; Adams, A.; Dubra, A.; De Kimpe, N.; Leskauskaite, D. 2008. Interactions between Flavour Release and Rheological Properties in Model Custard Esserts: Effect of Starch Concentration and Milk Fat. *Food Chemistry*, 108:1183–1191.
- Kraemer, W.; Vingrena, J.; Silvestrea, R.; Spieringa, B.; Hatfielda, D.; Hoa, J.; Fragalaa, M.; Maresha, C.; Voleka, J. 2007. Effect of Adding Exercise to a Diet Containing Glucomannan. *Metabolism Clinical and Experimental*, 56: 1149–1158.
- Kristensen, M.; Jensen, M.G. 2011. Dietary Fibres in the Regulation of Appetite and Food Intake. Importance of Viscosity. *Appetite*, 56: 65–70.
- Li, J.; Ye, T.; Wu, X.; Chen, J.; Wang, S.; Lin, L.; Li, B. 2014. Preparation and Characterization of Heterogeneous Deacetylated konjac glucomannan. *Food Hydrocolloids*, 40: 9-15
- Liu, J.; Zhu, K.; Ye, T.; Wan, S.; Wang, Y.; Wang, D.; Li, B.; Wang, C. 2013. Influence of Konjac Glucomannan on Gelling Properties and Water State in Egg White Protein Gel. *Food Research International*, 51: 437–443.
- Lyly, M.; Liukkonen, K.; Salmenkallio-Marttila, M.; Karhunen, L.; Poutanen, K.; Lahteenmäki, L. 2009. Fibre In Beverages Can Enhance Perceived Satiety. *European Journal of Nutrition*, 48:251–258.
- Marcano, J.M. 2013. Diseño de Alimentos Saciantes. Efecto del Incremento del Contenido Proteico Sobre las Características Instrumentales (Color y Textura) y Sensoriales de un Postre Lácteo Solido Tipo Tarta de Queso. Tesis de Máster. Universidad Politécnica de Valencia.
- Nunes, M.; Raymundo, A.; Sousa, I. (2006). Rheological Behaviour and Microstructure of pea protein/j-carrageenan/starch gels with Different Setting Conditions. *Food Hydrocolloids*, 20, 106–113.
- Pan, Z.; Menga, J.; Wang, Y. 2011. Effect of Alkalis on Deacetylation of Konjac Glucomannan in Mechano-Chemical Treatment. *Particuology*, 9: 265–269.
- Said, O.; Dogan, M.; Caniyilmaz, E.; Berna, N.; Kaya, Y. 2013 . The Effects of Different Gums and Their Interactions on the Rheological Properties of a Dairy Dessert: A Mixture Design Approach. *Food Bioprocess Technol*, 6:896–908.
- Salas-Salvadó, J.; Farre, X.; Luque, X.; Narejos, S.; Borrell, M.; Basora, J.; Anguera, A.; Torres, F.; Bullo, M.; Balanza, R. 2008. Effect of Two Doses of a Mixture of Soluble Fibres on Body Weight and Metabolic Variables in Overweight or Obese Patients: A Randomized Trial.
- Sim, S.; Noor, A.; Cheng, L. 2011. Characteristics of Wheat Dough and Chinese Steamed Bread Added with Sodium Alginates or Konjac Glucomannan. *Food Hydrocolloids*, 25: 951-957.
- Slavin, J.; Green, H. 2007. Dietary Fibre and Satiety. *Journal Compilation © British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin*, 32 (1): 32–42.

- Solo-de-Zaldívar, B.; Tovar, C.; Borderías, A.; Herranz, B. 2014. Effect of Deacetylation on the Glucomannan Gelation Process for Making Restructured Seafood Products. *Food Hydrocolloids*, 35: 59-68
- Souza da Silva, C.; van den Borne, J.; Gerrits, W.; Kemp, B.; Bolhuis, E. 2012. Effects of Dietary Fibers with Different Physicochemical Properties on Feeding Motivation in Adult Female Pigs. *Physiology & Behavior*, 107: 218–230.
- Sleeth, M.; Thompson, E.; Ford, H.; Zac-Varghese, S.; Frost G. 2010. Free Fatty Acid Receptor 2 and Nutrient Sensing: A Proposed Role for Fibre, Fermentable Carbohydrates and short-Chain Fatty Acids in Appetite Regulation. *Nutrition Research Reviews*, 23:135–45.
- Mencionado en:* Souza da Silva, C.; van den Borne, J.; Gerrits, W.; Kemp, B.; Bolhuis, E. 2012. Effects of Dietary Fibers with Different Physicochemical Properties on Feeding Motivation in Adult Female Pigs. *Physiology & Behavior*, 107: 218–230.
- Tárrega, A.; Martínez, M.; Vélez, J.F.; Fiszman, S. 2014. Hydrocolloids as a Tool for Modulating the Expected Satiety of Milk-Based Snack. *Food Hydrocolloids*, 39:51-57.
- Tarrega, A. y Costel, E. 2006. Effect of Composition on the Rheological Behaviour and Sensory Properties of Semisolid Dairy Dessert. *Food Hydrocolloids*, 20: 914–922.
- Tester, R. y Al-Ghazzewi, F. 2013. Mannans and Health, with a Special Focus on Glucomannans. *Food Research International*, 50: 384–391.
- Tobin, J.; Fitzsimons, S.; Chaurin, V.; Kelly, A.; Fenelon, M. 2012. Thermodynamic Incompatibility between Denatured Whey Protein and Konjac Glucomannan. *Food Hydrocolloids*, 27: 201- 207.
- Vuksan, V.; Jenkins, D.; Spadafora, P.; Sievenpiper, J.; Owen R.; Vidgen, E.; Brighenti, F.; Josse, R.; Leitter, L.; Bruce-Thomposon, C.1999. Konjac-Mannan (Glucomannan) Improves Glycemia and Other Associated Risk Factors for Coronary Heart Disease In Type 2 Diabetes: A Randomized Controlled Metabolic Trial. *Diabetes Care*, 22:913–919.
- Vuksan, V.; Sievenpiper, J.; Owen R.; Swilley, J.; Spadafora, P.; Jenkins, D.; Vidgen, E.; Brighenti, F.; Josse, R.; Leitter, L.; Xu, Z.; Novokment, R. 2000. Beneficial Effects of Viscous Dietary Fiber from Konja-Mannan in Subjects with the Insulin Resistance Syndrome. *Diabetes Care*, 23 (1): 9-14.
- Walsh, D.; Yaghoubian, V.; Behforooz, A.1984. Effect of Glucomannan on Obese Patients: A Clinical Study. *International Journal of Obesity*, 8: 289-293.
- Yaşar, K.; Kahyaoglu, T.; Sahan, N. 2009. Dynamic Rheological Characterization of Salep Glucomannan/Galactomannan based Milk Beverages. *Food Hydrocolloids*, 23: 1305–1311.
- Yeomans, M. y Chambers, L. 2011. Satiety-Relevant Sensory Qualities Enhance the Satiating Effects of Mixed Carbohydrate-Protein Preloads. *American Journal of Clinical Nutrition*, 94(6): 1410-1417.
- Yosimura, M.; Takayab, T.; Nishinarib, K. 1998. Rheological Studies on Mixtures of Corn Starch and Konjac-Glucomannan. *Carbohydrate Polymers*, 35: 11-19.
- Zhang, Y.; Xiea, B.; Gan, X. 2005. Advance in the Applications of Konjac Glucomannan and its Derivatives. *Carbohydrate Polymers*, 60: 27-31.
- Zhou, Y.; Cao, H.; Hou, M.; Nirasawa, S.; Tatsumi, E.; Foster, T.; Cheng, Y. 2013. Effect of Konjac Glucomannan on Physical and Sensory Properties of Noodles Made From Low-Protein Wheat Flour. *Food Research International*, 51: 879–885.