



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

## DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE SALSA ESPAÑOLA CON TEXTURA MODIFICADA

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN CIENCIA E  
INGENIERÍA DE LOS ALIMENTOS

ALUMNA: Raquel Estarriaga Ocón

TUTOR ACADÉMICO: Pau Talens Oliag

COTUTOR: Raúl Grau Meló

DIRECTORA EXPERIMENTAL: Susana Ribes Llop

*Curso Académico: 2020-2021*

**VALENCIA, abril 2021**

# DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE SALSA ESPAÑOLA CON TEXTURA MODIFICADA

Estarriaga Ocón, Raquel<sup>1</sup>; Ribes Llop, Susana<sup>1</sup>; Grau Meló, Raúl<sup>1</sup>, Talens Oliag, Pau<sup>1</sup>

## RESUMEN

En el presente trabajo se estudiaron las propiedades fisicoquímicas, reológicas, viscoelásticas, masticatorias y sensoriales, en presencia y ausencia de saliva, de una salsa española con textura modificada a 25, 37 y 55 °C. La textura de las muestras fue modificada mediante el uso de cinco hidrocoloides (NutAvant<sup>®</sup> (NA), goma guar (GG), goma tara (GT), carboximetilcelulosa sódica (CMC) y mucílago de semillas de chía (CSM)). Se obtuvieron dos niveles de consistencia (miel y pudín). Las salsas elaboradas con NA, GG, GT y CSM presentaron mayor consistencia, firmeza, rigidez y resistencia al flujo que las muestras preparadas con CMC. Además, la estructura interna de la salsa espesada con CMC fue la más afectada por los cambios de temperatura. El uso de saliva disminuyó la viscosidad aparente, la consistencia y la adhesividad de las salsas. Entre las muestras evaluadas, las salsas espesadas con GG y CSM podrían ser más apropiadas para personas con problemas de deglución o disfagia debido a su grado de elasticidad, su alta resistencia a la deformación y estabilidad estructural. Sin embargo, las salsas elaboradas con CSM mostraron la puntuación más baja en relación a los distintos atributos sensoriales evaluados. Este trabajo confirma la importancia del tipo de hidrocoloide y el nivel de consistencia seleccionados, así como la temperatura de administración de los productos orientados a pacientes con problemas de deglución o disfagia.

**PALABRAS CLAVE:** disfagia, espesantes, reología, temperatura, saliva, evaluación sensorial.

## RESUM

En el present treball es van estudiar les propietats fisicoquímiques, reològiques, viscoelàstiques, masticatòries i sensorials, en presència i absència de saliva, de salsa espanyola amb textura modificada a 25, 37 i 55 °C. La textura de les mostres va ser modificada mitjançant l'ús de cinc hidrocoloides (NutAvant<sup>®</sup> (NA), goma guar (GG), goma tara (GT), carboximetilcelulosa sòdica (CMC) i mucílaga de llavors de xia (CSM)), i es van obtenir dos nivells de consistència (mel i púding). Les salses elaborades amb NA, GG, GT i CSM van presentar major consistència, ferma, rigidesa i resistència al flux que les mostres preparades amb CMC. A més, l'estructura interna de les salses espessides amb CMC va ser la més afectada pels canvis de temperatura. L'ús de saliva va disminuir la viscositat aparent, la consistència i l'adhesivitat de les salses. Entre les mostres avaluades, les

---

<sup>1</sup>Departamento de Tecnología de Alimentos. Universitat Politècnica de València. España

salses espessides amb GG i CSM podrien ser considerades com més apropiades per a persones amb problemes de deglució o disfàgia pel seu grau d'elasticitat, la seua alta resistència a la deformació i estabilitat estructural. No obstant això, les salses elaborades amb CSM van mostrar les puntuacions més baixes en relació als diferents atributs sensorials avaluats. Aquest treball confirma la importància del tipus d' hidrocoloide i el nivell de consistència seleccionats, així com la temperatura d'administració dels productes orientats a pacients amb problemes de deglució o disfàgia.

PARAULES CLAU: disfàgia, espesantes, reologia, temperatura, saliva, avaluació sensorial.

## **ABSTRACT**

In the present work, the physicochemical, rheological, viscoelastic, masticatory and sensory properties, in the presence and absence of saliva, of texture-modified Spanish sauce at 25, 37 and 55 °C were studied. The texture of the samples was modified by using five different hydrocolloids (NutAvant® (NA), guar gum (GG), tara gum (GT), sodium carboxymethylcellulose (CMC) and chia seed mucilage (CSM)), and two thick levels (honey-thick and pudding-thick) were obtained. The sauces prepared with NA, GG, GT and CSM presented higher consistency, firmness, stiffness and flow resistance than the samples prepared with CMC. In addition, the internal structure of CMC-thickened sauces was the most affected by temperature changes. The use of saliva decreased the apparent viscosity, consistency and adhesiveness of the sauces. Among the samples evaluated, sauces thickened with GG and CSM could be more appropriate for people with swallowing problems or dysphagia due to their degree of elasticity, high deformation resistance and structural stability. However, sauces made with CSM showed the lowest sensory attributes scores. This work confirms the importance of considering the hydrocolloids type and the level of consistency, as well as the temperature of administration of products oriented to patients with swallowing problems or dysphagia.

KEY WORDS: dysphagia, thickeners, rheology, temperature, saliva, sensory evaluation.

## 1. INTRODUCCIÓN

La disfagia orofaríngea (DO) es una disfunción del sistema digestivo que consiste en la dificultad para tragar, lo que afecta al correcto tránsito del bolo alimenticio en el tracto digestivo superior. Los pacientes con disfagia no logran controlar el flujo de alimentos a través de la orofaringe, por lo que el riesgo de desviar la comida a través de las vías respiratorias es elevado. Una de las estrategias más utilizadas para abordar este problema es el uso de alimentos espesados (Sukkar y col., 2018). Este tipo de productos, se describen de acuerdo a las recomendaciones establecidas por la National Dysphagia Diet (NDD), la cual, en el intento de estandarizar su viscosidad establece tres niveles de consistencia: i) néctar 51-350 mPa·s, ii) miel 351-1750 mPa·s, y iii) pudín >1750 mPa·s, todos ellos determinados a un gradiente de velocidad de  $50 \text{ s}^{-1}$  y a una temperatura de  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  (Payne y col., 2012). No obstante, esta clasificación no contempla otros factores que afectan al comportamiento de flujo del fluido, como pueden ser la temperatura de la muestra, el esfuerzo aplicado o el gradiente de velocidad que se producen durante el proceso de deglución (Talens y col., 2021). En este contexto, algunos estudios han demostrado que el aumento de la temperatura de análisis provocó una disminución de la pseudoplasticidad y viscosidad de matrices acuosas espesadas con diferentes hidrocoloides (Hosseini-Parvar y col., 2010; Alpizar-Reyes y col., 2018), lo que podría suponer un problema en alimentos para personas con disfagia al proporcionar menos tiempo para formar el bolo antes de ser deglutido, siendo más fácil su aspiración (Abu Zarim y col., 2018).

La selección del tipo de espesante utilizado en el diseño de estos alimentos también es clave para reducir el riesgo de aspiración del bolo. Hay que destacar que el almidón modificado es uno de los espesantes más utilizados, aunque recientemente se ha observado un mayor interés por el uso de hidrocoloides de origen vegetal como espesantes naturales. En este sentido, Vieira y col. (2020) evaluaron las propiedades reológicas y tribológicas de la goma obtenida a partir de semillas de lino (fracción de polisacárido soluble extraída de *Linum usitatissimum*) con el objetivo de esclarecer su uso como espesante alternativo en el tratamiento de la disfagia. Del mismo modo, las semillas de chía (*Salvia hispanica* L.) producen un gel mucilaginoso en contacto con agua que presenta una excelente capacidad de retención de agua y proporciona buenas viscosidades, incluso a bajas concentraciones (Segura-Campos y col., 2014), convirtiéndolo en una excelente alternativa a los espesantes comerciales. Sin embargo, su uso como espesante en el desarrollo de productos para pacientes con disfagia aún no ha sido investigado. Otro factor a tener en cuenta en este tipo de productos es la saliva, que juega un papel importante en la seguridad del bolo. Además, la saliva contiene  $\alpha$ -amilasa, enzima encargada de hidrolizar el almidón en carbohidratos simples facilitando la digestión del alimento, lo que puede modificar las propiedades reológicas de estos hidrocoloides al disminuir su viscosidad (Herranz y col., 2021).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de 5 hidrocoloides en las propiedades fisicoquímicas, reológicas, viscoelásticas y sensoriales de salsa española con textura modificada a dos niveles (miel y pudín), así como

estudiar el efecto de la saliva durante el procesamiento oral de las muestras. A fin de evaluar el efecto de la temperatura, la caracterización fisicoquímica, reológica y viscoelástica de las salsas se realizó a 25, 37 y 55 °C.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Materiales**

Para elaborar la salsa española se utilizaron como ingredientes: cebolla, zanahoria, tomate triturado, caldo de pollo, vino blanco, aceite de oliva y sal. Todos ellos fueron comprados en un supermercado local (España). Con el objetivo de modificar la textura de la salsa española, se utilizaron cinco hidrocoloides distintos: NutAvant<sup>®</sup> (NA) (espesante comercial a base de almidón de maíz modificado), goma guar (GG), goma tara (GT), carboximetilcelulosa de sodio (CMC) y mucílago de semillas de chía (CSM). El NA fue comprado en una farmacia de Valencia (España), la GG y CMC fueron proporcionados por EPSA (Valencia, España) y la GT por Cocinista (Madrid, España). El CSM se extrajo previamente en el laboratorio a partir de semillas de chía compradas en un supermercado local (España).

### **2.2 Extracción de mucílago de semillas de chía**

El mucílago de las semillas de chía se extrajo siguiendo el protocolo descrito por Ribes y col. (2021) con ligeras modificaciones. Las semillas fueron sumergidas en agua destilada (ratio semillas:agua 3:30 (p/p)) y se mezclaron con ayuda de una Thermomix<sup>®</sup> (TM31, Vorwerk M.S.L, Spain) a 60 °C durante 3 h. Seguidamente, la mezcla se centrifugó (Centrifuge 5804 R, Eppendorf AG, Hamburg, Germany) a 20 °C y 10000 rpm durante 10 min. El mucílago obtenido se dispensó en bandejas de aluminio y se mantuvo en congelación a -45 °C hasta su posterior liofilización. El CSM fue liofilizado durante 48 h (LyoQuest-55, Telstar, Terrassa, Spain). Finalmente, se almacenó a temperatura ambiente hasta su utilización.

### **2.3 Preparación y optimización de las muestras**

En la preparación de salsa española se utilizó cebolla (20%, p/p), zanahoria (5%, p/p), tomate triturado (6%, p/p), caldo de pollo (50%, p/p), vino blanco (10%, p/p), aceite de oliva (6%, p/p) y sal (3%, p/p). Estos ingredientes fueron cocinados a 100 °C durante 30 min y en agitación continua (velocidad 2) con la ayuda de la Thermomix<sup>®</sup> (TM31, Vorwerk M.S.L, Spain), y posteriormente, triturados a máxima velocidad hasta obtener una mezcla homogénea. A continuación, las muestras con textura modificada fueron preparadas mediante la incorporación de cada uno de los hidrocoloides a la salsa española, previamente atemperada en un baño de agua a 70 °C. Las muestras se homogeneizaron mediante el uso de una varilla magnética hasta lograr una dispersión uniforme, y se almacenaron 24 h a 4 °C hasta su caracterización.

A fin de asegurar que la viscosidad aparente ( $\eta$ ) determinada a  $50 \text{ s}^{-1}$  y  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  fuera próxima a  $1350 \text{ mPa}\cdot\text{s}$  (nivel miel) y  $2400 \text{ mPa}\cdot\text{s}$  (nivel pudín), las muestras fueron optimizadas mediante el uso de un reómetro KinexusPro+ (Malvern Instruments Ltd., MA, EE. UU.) equipado con una geometría placa-placa (PLC61/PU40) y con control de temperatura. La concentración (% p/p) de cada hidrocoloide empleado para preparar las muestras, así como sus viscosidades aparentes determinadas a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  con un gradiente de velocidad de  $50 \text{ s}^{-1}$  se presentan en la Tabla 1. Cabe remarcar que se prepararon dos lotes independientes para todas las muestras.

**TABLA 1.** Concentración de hidrocoloide, viscosidad aparente ( $\eta$ ) determinada  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , y parámetros del modelo de Arrhenius de las muestras de salsa española con textura modificada.

	Muestra	Concentración de hidrocoloide (% p/p)	$\eta$ a $50 \text{ s}^{-1}$ (mPa·s)	Parámetros del modelo de Arrhenius		
				A (Pa·s)	Ea (J/mol)	R <sup>2</sup>
Nivel miel	NA	3,92	$1301 \pm 81$	$0,094 \pm 0,009^{\text{cA}}$	$6448 \pm 396^{\text{aA}}$	0,913
	GG	0,90	$1335 \pm 64$	$0,122 \pm 0,016^{\text{dA}}$	$5978 \pm 442^{\text{aA}}$	0,958
	GT	0,75	$1417 \pm 19$	$0,0580 \pm 0,0018^{\text{bA}}$	$7869 \pm 49^{\text{bA}}$	0,956
	CMC	1,11	$1307 \pm 48$	$0,0122 \pm 0,0019^{\text{aA}}$	$11680 \pm 461^{\text{dA}}$	0,933
	CSM	1,85	$1395 \pm 153$	$0,038 \pm 0,013^{\text{abA}}$	$9001 \pm 563^{\text{cA}}$	0,996
Nivel pudín	NA	5,00	$2447 \pm 88$	$0,11 \pm 0,07^{\text{aB}}$	$8123 \pm 1731^{\text{bA}}$	0,928
	GG	1,16	$2358 \pm 67$	$0,35 \pm 0,08^{\text{bB}}$	$4764 \pm 645^{\text{aA}}$	0,989
	GT	1,12	$2357 \pm 153$	$0,10 \pm 0,06^{\text{aB}}$	$8104 \pm 1648^{\text{bA}}$	0,979
	CMC	1,50	$2436 \pm 80$	$0,029 \pm 0,004^{\text{aB}}$	$10960 \pm 426^{\text{bA}}$	0,999
	CSM	2,35	$2385 \pm 305$	$0,04 \pm 0,05^{\text{aA}}$	$9839 \pm 574^{\text{bA}}$	0,999

Los valores son el promedio de dos ensayos independientes. Las letras minúsculas (a, b, c, d) indican diferencias significativas entre las muestras ( $p < 0,05$ ). Las letras mayúsculas (A, B) denotan diferencias significativas entre consistencias ( $p < 0,05$ ).

## 2.4 Preparación de la saliva artificial

La saliva artificial se preparó de acuerdo a la composición empleada en estudios previos por Minekus y col. (2014). La saliva artificial estaba compuesta por cloruro de sodio ( $1,126 \text{ g/L}$ ), fosfato de potasio ( $0,503 \text{ g/L}$ ), bicarbonato de sodio ( $1,142 \text{ g/L}$ ), cloruro de magnesio hexahidratado ( $0,03 \text{ g/L}$ ), carbonato de amonio ( $0,0057 \text{ g/L}$ ), cloruro de calcio dihidratado ( $0,221 \text{ g/L}$ ), mucina ( $3 \text{ g/L}$ ) y  $\alpha$ -amilasa pancreática (actividad de  $75 \text{ U}\cdot\text{mL}^{-1}$ ).

## 2.5 Caracterización fisicoquímica de las muestras: determinación del color y textura (*Back extrusion*)

Los parámetros de color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) de las muestras se evaluaron con un espectrocolorímetro (CM-3600d, Minolta Co., Tokio, Japón) con un observador de  $10^\circ$  y un iluminante D65. Para evitar la translucidez de las muestras, las medidas se realizaron utilizando un fondo blanco y un fondo negro. La reflectancia infinita ( $R^\infty$ ) de las muestras se obtuvo aplicando la teoría de Kubelka-Munk. Posteriormente, se calculó la pureza de color ( $C_{\text{ab}}^*$ ), el tono ( $h_{\text{ab}}^*$ ) y las variaciones de color ( $\Delta E^*$ ) de las salsas con textura modificada en comparación con la salsa control (Suhag y col., 2021).

La textura de las muestras se determinó mediante una prueba de extrusión inversa (*Back extrusion*) con un analizador de textura TA.XT2 (Stable Micro Systems, Godalming, Reino Unido). Las muestras se vertieron en un recipiente de vidrio, hasta 40 mm de altura, y se empleó una sonda cilíndrica de 36 mm de diámetro para presionar las salsas a una profundidad de 12 mm, con una velocidad de 2 mm/s. El área bajo la curva se utilizó como un indicador de consistencia de las muestras, mientras que el pico de fuerza máxima fue utilizado como indicador de la firmeza de las muestras (Yang y col., 2020). Ambas determinaciones se realizaron a 25, 37 y 55 °C, atemperando las muestras en un baño de agua durante 30 min, y por duplicado.

## 2.6 Caracterización reológica y viscoelástica de las muestras

Tras la optimización de las muestras, se llevó a cabo su caracterización reológica y viscoelástica mediante el equipo de trabajo indicado en la Sección 2.2, usando 1 mm de espacio entre placas y aplicando una fina capa de aceite de silicona para evitar pérdidas de solvente por evaporación (Alvarez y col., 2017). Las muestras se colocaron sobre la geometría de placas del equipo y se mantuvieron durante 2 min en reposo a fin de relajar su estructura y equilibrar la temperatura de trabajo. Todos los ensayos se realizaron a 25, 37 y 55 °C con el objetivo de evaluar el comportamiento de la salsa a temperatura ambiente, a la temperatura presente en la cavidad oral (Laguna y col., 2017), y a la temperatura de los alimentos servidos a personas que reciben cuidados en centros de larga estancia (Sharma y col., 2017). Cada medición se realizó por duplicado.

### 2.6.1 DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE FLUJO

A fin de evaluar el comportamiento del flujo en régimen estacionario de las muestras de salsa española, se analizaron sus curvas de flujo. Para ello, las muestras fueron sometidas a un gradiente de velocidad de 0,1 – 200 s<sup>-1</sup> durante 5 min. Los datos obtenidos se ajustaron al modelo reológico de Oswald-de Waele o ley de la potencia y se calcularon el índice de consistencia (K) e índice de comportamiento al flujo (n) (Talens y col., 2021). La bondad del ajuste se evaluó utilizando el coeficiente de correlación (R<sup>2</sup>). Además, con el objetivo de evaluar la dependencia de la temperatura sobre la viscosidad de las muestras se aplicó el modelo de Arrhenius (Ec. 1) a los datos:

$$\eta = A \cdot \exp(Ea/RT) \quad (1)$$

donde  $\eta$  es la viscosidad (Pa·s), A es la constante pre-exponencial, Ea es la energía de activación (J/mol), R es la constante de los gases (8,314 J/mol·K), y T es la temperatura (K).

## 2.6.2 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES VISCOELÁSTICAS

Las propiedades viscoelásticas de las muestras se evaluaron mediante ensayos viscoelásticos lineales y no lineales. A fin de determinar los límites de la región viscoelástica lineal (LVR) y caracterizar las propiedades viscoelásticas no lineales de las muestras, se realizó un ensayo oscilatorio de gran amplitud (LAOS). La prueba de barrido de esfuerzo se realizó dentro de un rango de esfuerzo de 0,1 a 100 Pa a 1 Hz. El módulo elástico en la LVR ( $G'_{LVR}$ ), el esfuerzo en la LVR ( $\sigma_{LVR}$ ) y el punto de flujo fueron obtenidos (Talens y col., 2021).

Las propiedades viscoelásticas en la región lineal fueron caracterizadas mediante un ensayo oscilatorio de pequeña amplitud (SAOS), usando un rango de frecuencias desde 0,1 a 100 Hz con un valor de esfuerzo de 0,25 Pa (fijado dentro de la LVR). Tras realizar el ensayo SAOS, mediante el software de análisis de datos (rSpace for Kinexus software) se registraron los cambios en la viscosidad compleja ( $\eta^*$ ), módulo complejo ( $G^*$ ), módulo elástico o de almacenamiento ( $G'$ ), módulo viscoso o de pérdida ( $G''$ ) y tangente del ángulo de fase ( $\tan \delta = G''/G'$ ).

## 2.7 Ensayo de masticación simulada

A fin de simular el proceso de masticación oral de las muestras de salsa española, se siguió el protocolo de masticación descrito por Chung y col. (2013). El ensayo se realizó mediante el uso del reómetro y geometría de placas indicada en la Sección 2.2. Las muestras fueron depositadas sobre la placa inferior del equipo, y seguidamente, se aplicaron sobre cada una de ellas 10 ciclos formados por las etapas de compresión, gap fijo y descompresión, con el objetivo de simular el movimiento de la lengua y el paladar. Las fuerzas normales producidas durante todas las etapas de cada ciclo, así como la viscosidad aparente ( $\eta$ ) durante la etapa de gap fijo a  $10 \text{ s}^{-1}$ , fueron proporcionadas por el software del equipo (rSpace for Kinexus software). El ensayo se realizó a  $37 \text{ }^\circ\text{C}$ , en ausencia y presencia de saliva (ratio producto:saliva artificial, 1:1) y por duplicado.

## 2.8 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de las muestras de salsa española con textura modificada fue realizada por un panel de 34 catadores (24 mujeres y 10 hombres con edades comprendidas entre los 23 y 50 años), todos ellos seleccionados en base a su interés por la evaluación sensorial de productos orientados al tratamiento de pacientes con disfagia. Todas las muestras (NA, GG, GT, CMC y CSM) a nivel miel y pudín, fueron evaluadas mediante el uso de escalas numéricas de 9 puntos (UNE-ISO 4121, 2003). Las muestras se mantuvieron en un baño de agua a  $37 \text{ }^\circ\text{C}$  hasta el inicio de la evaluación sensorial. Se presentaron aproximadamente 10 g de muestra en vasos de plástico de 25 mL, codificando cada uno de ellos con un número aleatorio de tres dígitos. También se proporcionó a cada panelista una cucharilla de



plástico de 2,5 mL y un vaso con agua para enjuagarse la boca entre muestras, evitando de esa forma el posible regusto.

## 2.9 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el Software Statgraphics Centurion XVI (Addinsoft SARL, Nueva York, NY, EE.UU.) utilizando el análisis de la varianza (ANOVA), a fin de determinar las diferencias entre las muestras y la temperatura de análisis. Para discernir entre las medias, se utilizó el procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher con un nivel de confianza del 95 %.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Caracterización fisicoquímica: Determinación del color y ensayo de textura

La Tabla 2 presenta los atributos de color ( $L^*$ ,  $h_{ab}^*$  y  $C_{ab}^*$ ) y la diferencia de color ( $\Delta E^*$ ) de las muestras de salsa española con textura modificada respecto a la salsa control, a 25, 37 y 55 °C. Se observaron pequeñas diferencias entre los valores de  $h_{ab}^*$  de las muestras espesadas a nivel miel y pudín, variando dichos valores entre  $57,04 \pm 0,03$  y  $59,371 \pm 0,007$ , y  $55,94 \pm 0,03$  y  $59,886 \pm 0,017$ , respectivamente. Sin embargo, todas las muestras presentaron valores de  $L^*$  y  $C_{ab}^*$  significativamente ( $p < 0,05$ ) menores que la salsa control, con independencia de su consistencia. Entre las distintas muestras espesadas, las salsas formuladas con CSM reflejaron los valores de  $L^*$  y  $C_{ab}^*$  más bajos. Las mayores diferencias de color ( $\Delta E^*$ ) se observaron en las muestras espesadas con CSM. Este efecto podría atribuirse a la presencia de pigmentos naturales procedentes del tegumento de las semillas de chía (Koocheki y col., 2009). Es importante resaltar que no se observó una tendencia clara en el efecto de la temperatura sobre los atributos de color.

La Tabla 2 también muestra los parámetros obtenidos a partir del ensayo de textura (fuerza máxima y firmeza) de las diferentes muestras espesadas, a 25, 37 y 55 °C. A pesar de presentar valores de viscosidad aparente similares, determinados a 25 °C con un gradiente de velocidad de  $50 \text{ s}^{-1}$  (Tabla 1), las distintas muestras de salsa española con textura modificada mostraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre ellas. Las muestras presentaron valores de área y fuerza máxima más elevados a medida que la concentración de hidrocoloides aumentó (nivel pudín). Entre las muestras espesadas a nivel miel, la salsa preparada con CSM exhibió los valores más altos de área y fuerza máxima, dando lugar a la muestra con mayor consistencia y firmeza. Por el contrario, las muestras formuladas con CMC reflejaron los valores más bajos de área y fuerza máxima.

**TABLA 2.** Atributos de color, diferencia de color y parámetros de textura de las muestras de salsa española con textura modificada.

Muestra	T (°C)	L*	C <sub>ab</sub> *	h <sub>ab</sub> *	ΔE*	Área (N·mm)	Fuerza máxima (N)	
Control	25	53,78 ± 0,05 <sup>eC</sup>	42,783 ± 0,003 <sup>eB</sup>	56,525 ± 0,007 <sup>aA</sup>	-	-	-	
	37	52,04 ± 0,04 <sup>dA</sup>	42,42 ± 0,06 <sup>fA</sup>	57,334 ± 0,012 <sup>bB</sup>	-	-	-	
	55	53,51 ± 0,04 <sup>eB</sup>	43,469 ± 0,011 <sup>eC</sup>	57,438 ± 0,016 <sup>aC</sup>	-	-	-	
Nivel miel	25	NA	49,2 ± 0,5 <sup>bA</sup>	38,6 ± 1,4 <sup>cA</sup>	57,2 ± 0,6 <sup>bcA</sup>	6,3 ± 0,5 <sup>cC</sup>	10,816 ± 0,024 <sup>bB</sup>	0,989 ± 0,010 <sup>bA</sup>
		GG	53,088 ± 0,006 <sup>dC</sup>	40,166 ± 0,018 <sup>dB</sup>	57,951 ± 0,020 <sup>dB</sup>	2,898 ± 0,005 <sup>aA</sup>	13,4 ± 0,6 <sup>cB</sup>	0,90 ± 0,03 <sup>bB</sup>
		GT	50,943 ± 0,025 <sup>cA</sup>	40,77 ± 0,09 <sup>dC</sup>	58,19 ± 0,04 <sup>eA</sup>	3,686 ± 0,023 <sup>bB</sup>	10,13 ± 0,25 <sup>bB</sup>	0,94 ± 0,03 <sup>bA</sup>
		CMC	50,29 ± 0,03 <sup>cA</sup>	35,75 ± 0,03 <sup>bA</sup>	57,04 ± 0,03 <sup>bA</sup>	7,864 ± 0,010 <sup>dB</sup>	9,27 ± 0,16 <sup>aB</sup>	0,839 ± 0,016 <sup>aB</sup>
		CSM	43,65 ± 0,03 <sup>aB</sup>	28,808 ± 0,023 <sup>aC</sup>	57,537 ± 0,017 <sup>cA</sup>	17,27 ± 0,07 <sup>eA</sup>	18 ± 3 <sup>dB</sup>	1,66 ± 0,20 <sup>dB</sup>
	37	NA	49,991 ± 0,018 <sup>bB</sup>	38,31 ± 0,04 <sup>dA</sup>	57,628 ± 0,008 <sup>cB</sup>	4,59 ± 0,06 <sup>bA</sup>	9,8 ± 0,3 <sup>bA</sup>	0,90 ± 0,04 <sup>bA</sup>
		GG	49,419 ± 0,013 <sup>bA</sup>	36,331 ± 0,006 <sup>bA</sup>	57,2905 ± 0,0022 <sup>aA</sup>	6,62 ± 0,05 <sup>dC</sup>	9,3 ± 1,0 <sup>abAB</sup>	0,80 ± 0,08 <sup>bAB</sup>
		GT	51,546 ± 0,008 <sup>cB</sup>	40,281 ± 0,003 <sup>eA</sup>	58,617 ± 0,011 <sup>eB</sup>	2,38 ± 0,04 <sup>aA</sup>	9,2 ± 0,3 <sup>bA</sup>	0,86 ± 0,09 <sup>bA</sup>
		CMC	51,084 ± 0,020 <sup>cB</sup>	36,588 ± 0,013 <sup>cB</sup>	57,789 ± 0,025 <sup>dB</sup>	5,91 ± 0,07 <sup>cA</sup>	8,1 ± 0,7 <sup>aAB</sup>	0,69 ± 0,05 <sup>aA</sup>
		CSM	41,825 ± 0,009 <sup>aA</sup>	27,93 ± 0,06 <sup>aA</sup>	57,69 ± 0,06 <sup>cB</sup>	17,73 ± 0,07 <sup>eB</sup>	13,29 ± 0,17 <sup>cA</sup>	1,29 ± 0,03 <sup>cA</sup>
	55	NA	51,391 ± 0,005 <sup>cC</sup>	38,227 ± 0,004 <sup>cA</sup>	58,261 ± 0,012 <sup>bcC</sup>	5,6828 ± 0,0021 <sup>cB</sup>	9,5 ± 0,5 <sup>cA</sup>	0,94 ± 0,10 <sup>bA</sup>
		GG	50,34 ± 0,05 <sup>bB</sup>	40,27 ± 0,04 <sup>dB</sup>	59,2784 ± 0,0003 <sup>dC</sup>	4,70 ± 0,08 <sup>bB</sup>	8,2 ± 0,4 <sup>bA</sup>	0,71 ± 0,08 <sup>aA</sup>
		GT	51,9959 ± 0,0008 <sup>dC</sup>	40,471 ± 0,007 <sup>dB</sup>	59,371 ± 0,007 <sup>eC</sup>	3,642 ± 0,010 <sup>aB</sup>	9,1 ± 0,3 <sup>cA</sup>	0,93 ± 0,05 <sup>bA</sup>
		CMC	51,36 ± 0,03 <sup>cC</sup>	35,704 ± 0,003 <sup>bA</sup>	58,006 ± 0,019 <sup>bc</sup>	8,064 ± 0,004 <sup>dC</sup>	6,9 ± 0,7 <sup>aA</sup>	0,67 ± 0,10 <sup>aA</sup>
		CSM	44,317 ± 0,003 <sup>aC</sup>	28,100 ± 0,005 <sup>aB</sup>	58,201 ± 0,020 <sup>cC</sup>	17,912 ± 0,012 <sup>eC</sup>	13,4 ± 0,8 <sup>dA</sup>	1,22 ± 0,09 <sup>cA</sup>
Nivel pudín	25	NA	50,358 ± 0,008 <sup>bB</sup>	37,52 ± 0,05 <sup>cC</sup>	55,94 ± 0,03 <sup>aA</sup>	6,292 ± 0,015 <sup>cB</sup>	19,6 ± 0,9 <sup>abB</sup>	1,9 ± 0,9 <sup>abC</sup>
		GG	52,65 ± 0,03 <sup>dB</sup>	39,570 ± 0,006 <sup>dB</sup>	56,756 ± 0,024 <sup>aA</sup>	3,41 ± 0,03 <sup>aB</sup>	22,2 ± 1,0 <sup>bB</sup>	2,11 ± 0,07 <sup>bC</sup>
		GT	50,568 ± 0,005 <sup>cB</sup>	43,410 ± 0,017 <sup>eC</sup>	58,905 ± 0,022 <sup>cA</sup>	3,73 ± 0,06 <sup>bc</sup>	18,4 ± 1,3 <sup>aAB</sup>	1,81 ± 0,15 <sup>abB</sup>
		CMC	50,461 ± 0,017 <sup>bc</sup>	36,25871 ± 0,00013 <sup>bB</sup>	58,416 ± 0,011 <sup>bB</sup>	7,436 ± 0,022 <sup>dA</sup>	17,0 ± 0,5 <sup>aB</sup>	1,565 ± 0,022 <sup>aB</sup>
		CSM	46,892 ± 0,014 <sup>aC</sup>	30,64626 ± 0,00017 <sup>aC</sup>	56,051 ± 0,010 <sup>aA</sup>	13,959 ± 0,022 <sup>eA</sup>	32 ± 3 <sup>cC</sup>	3,17 ± 0,16 <sup>cC</sup>
	37	NA	49,48 ± 0,03 <sup>bA</sup>	36,35 ± 0,03 <sup>cA</sup>	56,391 ± 0,022 <sup>aB</sup>	6,61 ± 0,08 <sup>cA</sup>	17,9 ± 1,3 <sup>abAB</sup>	1,69 ± 0,06 <sup>aB</sup>
		GG	49,20 ± 0,05 <sup>bA</sup>	41,26 ± 0,10 <sup>dC</sup>	58,482 ± 0,024 <sup>cC</sup>	3,175 ± 0,004 <sup>bA</sup>	21,1 ± 0,3 <sup>bAB</sup>	1,90 ± 0,03 <sup>bB</sup>
		GT	50,277 ± 0,006 <sup>cA</sup>	42,758 ± 0,010 <sup>eB</sup>	59,173 ± 0,015 <sup>dC</sup>	2,25 ± 0,05 <sup>aA</sup>	17 ± 3 <sup>abA</sup>	1,6 ± 0,3 <sup>aA</sup>
		CMC	49,294 ± 0,018 <sup>bB</sup>	33,692 ± 0,020 <sup>bA</sup>	58,099 ± 0,023 <sup>bA</sup>	9,16 ± 0,07 <sup>dC</sup>	15,1 ± 1,1 <sup>aAB</sup>	1,4 ± 0,1 <sup>aAB</sup>
		CSM	43,925 ± 0,018 <sup>aA</sup>	29,838 ± 0,010 <sup>aB</sup>	56,903 ± 0,025 <sup>aB</sup>	14,97 ± 0,03 <sup>eB</sup>	28,1 ± 1,0 <sup>cB</sup>	2,83 ± 0,01 <sup>cB</sup>
	55	NA	51,6226 ± 0,0004 <sup>cC</sup>	36,5524 ± 0,0007 <sup>bB</sup>	57,133 ± 0,018 <sup>bc</sup>	7,17122 ± 0,00007 <sup>cC</sup>	16,8 ± 0,6 <sup>bA</sup>	1,57 ± 0,06 <sup>bA</sup>
		GG	52,73 ± 0,06 <sup>dC</sup>	38,685 ± 0,009 <sup>cA</sup>	57,961 ± 0,007 <sup>cB</sup>	4,861 ± 0,014 <sup>bc</sup>	19,2 ± 1,1 <sup>cA</sup>	1,7 ± 0,1 <sup>cA</sup>
		GT	52,37 ± 0,04 <sup>dC</sup>	41,08 ± 0,03 <sup>dA</sup>	58,998 ± 0,015 <sup>dB</sup>	2,887 ± 0,006 <sup>aB</sup>	18,8 ± 0,5 <sup>cB</sup>	1,8 ± 0,1 <sup>cB</sup>
		CMC	48,495 ± 0,020 <sup>bA</sup>	36,873 ± 0,006 <sup>cC</sup>	59,886 ± 0,017 <sup>eC</sup>	8,458 ± 0,006 <sup>dB</sup>	13,7 ± 0,6 <sup>aA</sup>	1,36 ± 0,08 <sup>aA</sup>
		CSM	45,341 ± 0,006 <sup>aB</sup>	29,0899 ± 0,0014 <sup>aA</sup>	57,042 ± 0,012 <sup>bc</sup>	16,537 ± 0,005 <sup>eC</sup>	23,8 ± 0,6 <sup>dA</sup>	2,31 ± 0,05 <sup>dA</sup>

Los valores son el promedio de dos ensayos independientes. Las letras minúsculas (a, b, c, d, e, f) indican diferencias significativas entre las muestras ( $p < 0,05$ ). Las letras mayúsculas (A, B, C) denotan diferencias significativas entre la temperatura de análisis ( $p < 0,05$ ).

En el caso de las muestras espesadas a nivel pudin, las salsas preparadas con GG y CSM presentaron los valores más altos de área y fuerza máxima, siendo en consecuencia, las muestras con mayor consistencia y firmeza. Estos resultados podrían deberse a: i) un entrelazamiento de las cadenas intermoleculares producido por la interacción de las moléculas de agua con las cadenas de galactosa de la GG (Thombare y col., 2016); y, ii) la capacidad de las partículas de CSM hidratadas de reducir la movilidad de la matriz y aumentar la consistencia y firmeza de las salsas (Ribes y col., 2021).

En relación a la temperatura de trabajo, cabe remarcar que su aumento en las muestras a ambos niveles provocó una disminución significativa ( $p < 0,05$ ) de los dos parámetros estudiados, siendo las muestras a 55 °C menos consistentes y menos firmes que a 25 y 37 °C. Este efecto podría atribuirse al debilitamiento de las cadenas intermoleculares de los hidrocoloides, dando lugar a productos menos firmes y consistentes. Arocas y col. (2009) observaron resultados similares en diferentes salsas elaboradas con almidón.

## **3.2 Caracterización reológica y viscoelástica de las muestras**

### **3.2.1 DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE FLUJO**

La Tabla 3 presenta los resultados obtenidos de la prueba de comportamiento de flujo en régimen estacionario, de las diferentes salsas con textura modificada. La viscosidad aparente de las muestras, determinada a 25 °C y a un gradiente de velocidad de  $50 \text{ s}^{-1}$ , fue cercana a 1350 mPa·s y 2400 mPa·s para las muestras espesadas a nivel miel y pudin, respectivamente. Además, la viscosidad de las muestras aumentó a medida que se incrementó la concentración de hidrocoloide utilizada (nivel pudin). Esto podría atribuirse al mayor contenido de sólidos totales, aumentando a su vez la viscosidad de las salsas debido a una mayor restricción en el movimiento intermolecular provocado por fuerzas hidrodinámicas y la formación de una red estructurada (Alpizar-Reyes y col., 2018). Este efecto también fue observado por Talens y col. (2021) en cremas de guisantes espesadas con distintos hidrocoloides.

El índice de comportamiento al flujo ( $n$ ) de las distintas muestras evaluadas fue menor a 1, tal y como se esperaba para un comportamiento de flujo no newtoniano. Las muestras espesadas a nivel miel presentaron valores de  $n$  comprendidos entre  $0,304 \pm 0,014$  y  $0,459 \pm 0,013$ , y a nivel pudin entre  $0,264 \pm 0,007$  y  $0,432 \pm 0,011$ . Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Talens y col. (2021) y Abu Zarim y col. (2018) en productos para personas con disfga. Al analizar los valores de  $n$  entre las distintas muestras espesadas, se observó que la salsa elaborada con GG presentó el valor de  $n$  más bajo, mientras que las muestras formuladas con CMC y CSM mostraron los valores de  $n$  más altos.

En cuanto al coeficiente de consistencia ( $K$ ), las salsas elaboradas con CMC presentaron los valores de  $K$  más bajos, mientras que las muestras preparadas con GG presentaron los valores de  $K$  más altos siendo, por lo tanto, las salsas más consistentes. Esto podría atribuirse a múltiples entrelazamientos provocados por la interacción de moléculas de agua con las cadenas del hidrocoloide (Thombare y col., 2016; Alpizar-Reyes y col., 2018).

También se observaron valores de K más altos en las muestras espesadas a nivel pudín, mejorando la consistencia de las salsas. Este efecto podría atribuirse a una mayor capacidad de fijación de agua de los hidrocoloides, debido a un aumento de las interacciones intermoleculares (Alpizar-Reyes y col., 2018). Este resultado también fue observado por Talens y col. (2021) al estudiar las propiedades reológicas de diferentes cremas de guisantes espesadas y destinadas a pacientes con problemas de deglución.

**TABLA 3.** Viscosidad aparente ( $\eta$ ) y parámetros reológicos de la muestra control, y de las muestras de salsa española con textura modificada.

Muestra	T (°C)	$\eta$ a 50 s <sup>-1</sup> (mPa·s)	K (Pa·s <sup>n</sup> )	n	R <sup>2</sup>	
CONTROL	25	40,1 ± 2,2 <sup>aC</sup>	0,33 ± 0,04 <sup>aB</sup>	0,462 ± 0,021 <sup>dA</sup>	0,988	
	37	37,2 ± 1,4 <sup>aB</sup>	0,237 ± 0,016 <sup>aA</sup>	0,527 ± 0,008 <sup>dB</sup>	0,993	
	55	33,8 ± 0,4 <sup>aA</sup>	0,337 ± 0,003 <sup>aB</sup>	0,47792 ± 0,00012 <sup>dA</sup>	0,996	
Nivel miel	25	NA	1301 ± 81 <sup>bB</sup>	16 ± 3 <sup>bcB</sup>	0,36 ± 0,03 <sup>bA</sup>	0,995
		GG	1335 ± 64 <sup>bcC</sup>	20,33 ± 0,11 <sup>dC</sup>	0,304 ± 0,014 <sup>aA</sup>	0,965
		GT	1417 ± 19 <sup>cC</sup>	18,2 ± 0,8 <sup>cC</sup>	0,348 ± 0,008 <sup>bA</sup>	0,970
		CMC	1307 ± 48 <sup>bC</sup>	12 ± 1 <sup>bC</sup>	0,435 ± 0,012 <sup>cAB</sup>	0,996
		CSM	1395 ± 153 <sup>bcB</sup>	14 ± 5 <sup>bcA</sup>	0,42 ± 0,06 <sup>cA</sup>	0,995
	37	NA	1102 ± 80 <sup>bAB</sup>	14 ± 3 <sup>bcAB</sup>	0,35 ± 0,04 <sup>abA</sup>	0,996
		GG	1268 ± 58 <sup>dB</sup>	18,3 ± 0,5 <sup>dB</sup>	0,317 ± 0,018 <sup>aA</sup>	0,963
		GT	1185 ± 11 <sup>bB</sup>	14,30 ± 0,04 <sup>cB</sup>	0,3633 ± 0,0017 <sup>bB</sup>	0,971
		CMC	1205,6 ± 1,5 <sup>cB</sup>	11,11 ± 0,22 <sup>bB</sup>	0,432 ± 0,005 <sup>cA</sup>	0,997
		CSM	1231 ± 163 <sup>cdAB</sup>	12 ± 5 <sup>bcA</sup>	0,42 ± 0,08 <sup>cA</sup>	0,992
	55	NA	1018 ± 51 <sup>cA</sup>	13,5 ± 2,4 <sup>dA</sup>	0,34 ± 0,03 <sup>abA</sup>	0,996
		GG	1075 ± 35 <sup>cA</sup>	14,9 ± 1,3 <sup>dA</sup>	0,33 ± 0,03 <sup>aA</sup>	0,964
		GT	1054 ± 16 <sup>cA</sup>	11,2 ± 0,3 <sup>cA</sup>	0,3938 ± 0,0018 <sup>bC</sup>	0,976
		CMC	857 ± 15 <sup>bA</sup>	7,1 ± 0,5 <sup>bA</sup>	0,459 ± 0,013 <sup>cB</sup>	0,999
		CSM	1004 ± 132 <sup>cA</sup>	11 ± 5 <sup>bcA</sup>	0,41 ± 0,09 <sup>bcA</sup>	0,991
Nivel pudín	25	NA	2447 ± 88 <sup>cC</sup>	32 ± 3 <sup>cB</sup>	0,34 ± 0,03 <sup>bA</sup>	0,991
		GG	2358 ± 67 <sup>bC</sup>	41,9 ± 2,3 <sup>dC</sup>	0,264 ± 0,007 <sup>aA</sup>	0,961
		GT	2357 ± 153 <sup>bcC</sup>	35,1 ± 0,9 <sup>cC</sup>	0,310 ± 0,004 <sup>bA</sup>	0,949
		CMC	2436 ± 80 <sup>cC</sup>	25,5 ± 2,2 <sup>bC</sup>	0,400 ± 0,014 <sup>cA</sup>	0,992
		CSM	2385 ± 305 <sup>bcC</sup>	26 ± 11 <sup>bcA</sup>	0,40 ± 0,08 <sup>cA</sup>	0,996
	37	NA	2273 ± 114 <sup>cB</sup>	30 ± 5 <sup>cAB</sup>	0,342 ± 0,003 <sup>bA</sup>	0,994
		GG	2225 ± 68 <sup>cB</sup>	38,4 ± 0,6 <sup>dB</sup>	0,272 ± 0,004 <sup>aAB</sup>	0,956
		GT	2111 ± 7 <sup>bB</sup>	28,81 ± 0,05 <sup>cB</sup>	0,3319 ± 0,0013 <sup>bB</sup>	0,954
		CMC	2058 ± 64 <sup>bB</sup>	20,1 ± 1,8 <sup>bB</sup>	0,418 ± 0,015 <sup>cAB</sup>	0,996
		CSM	2038 ± 236 <sup>bcB</sup>	21 ± 8 <sup>bcA</sup>	0,41 ± 0,07 <sup>bcA</sup>	0,997
	55	NA	1822 ± 62 <sup>dA</sup>	25 ± 4 <sup>cA</sup>	0,337 ± 0,006 <sup>bA</sup>	0,987
		GG	1981 ± 12 <sup>eA</sup>	33,2 ± 1,3 <sup>dA</sup>	0,280 ± 0,012 <sup>aB</sup>	0,951
		GT	1748,41 ± 0,18 <sup>cA</sup>	21,21 ± 0,07 <sup>cA</sup>	0,3621 ± 0,0009 <sup>bC</sup>	0,963
		CMC	1625 ± 29 <sup>bA</sup>	15,0 ± 0,9 <sup>bA</sup>	0,432 ± 0,011 <sup>cB</sup>	0,998
		CSM	1656 ± 176 <sup>bcA</sup>	18 ± 7 <sup>bcA</sup>	0,40 ± 0,08 <sup>bcA</sup>	0,993

Los valores son el promedio de dos ensayos independientes. Las letras minúsculas (a, b, c, d, e) indican diferencias significativas entre las muestras ( $p < 0,05$ ). Las letras mayúsculas (A, B, C) denotan diferencias significativas entre las temperaturas de análisis ( $p < 0,05$ ).

Asimismo, también se investigó el efecto de la temperatura sobre la viscosidad aparente a 50 s<sup>-1</sup> de las salsas espesadas a nivel miel y pudín. Como se muestra en la Tabla 3, la viscosidad aparente de las muestras disminuyó a medida que la temperatura aumentó de 25 °C a 55 °C, indicando

la dependencia de los hidrocoloides con la temperatura de trabajo. Los resultados observados podrían atribuirse a la separación de las moléculas del polímero, que aumenta a mayor temperatura, favoreciendo la disminución de la viscosidad (Alpizar-Reyes y col., 2018). El modelo de Arrhenius ha sido ampliamente utilizado para describir el comportamiento de gomas y mucílagos a diferentes temperaturas (Marcotte y col., 2001; Pérez-Orozco y col., 2019). La Tabla 1 resume los parámetros de Arrhenius de las diferentes muestras de salsa española espesadas a nivel miel y pudín. Cabe remarcar que no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en los valores de  $E_a$  a distintas concentraciones de hidrocoloide (nivel miel y pudín). Entre muestras, las salsas preparadas con CMC presentaron los valores de  $E_a$  más altos, mientras que las muestras formuladas con GG exhibieron los valores de  $E_a$  más bajos. Según Pérez-Orozco y col. (2019), valores bajos de  $E_a$  describen escasas interacciones entre las cadenas de polímeros, ocasionando una menor sensibilidad a los cambios de temperatura.

### 3.2.2 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES VISCOELÁSTICAS

A fin de determinar los límites de la LVR y establecer el punto de flujo ( $G' = G''$ ) de las muestras, se realizó un ensayo oscilatorio de larga amplitud (LAOS). En la Tabla 4, se ven reflejados los parámetros del ensayo,  $G'_{LVR}$ ,  $\sigma_{LVR}$  y  $G' = G''$  de las muestras de salsa española con textura modificada. El valor de  $G'_{LVR}$  está relacionado con la rigidez del material (Mezger y Stellrecht, 2000). Las muestras espesadas a nivel miel y elaboradas con GT y CMC presentaron los valores más bajos de  $G'_{LVR}$  a 25, 37 y 55 °C, considerándose por tanto productos de baja rigidez. Por el contrario, las salsas elaboradas con NA y GG como agentes espesantes reflejaron una estructura más rígida, con valores  $G'_{LVR}$  significativamente ( $p < 0,05$ ) más altos. En cuanto a las salsas espesadas a nivel pudín, las muestras preparadas con GT y CMC mostraron valores de  $G'_{LVR}$  significativamente menores ( $p < 0,05$ ) y, en consecuencia, baja rigidez del material, siendo especialmente patente a 37 y 55 °C. Talens y col. (2021) observaron resultados similares al investigar la rigidez del material en cremas de guisantes espesadas con NA, GT y CMC entre otros. Además, cabe mencionar que las salsas preparadas con GG y CSM mostraron mayores valores de  $G'_{LVR}$  a medida que aumentaba la temperatura, pudiendo atribuirse este efecto a la presencia de interacciones hidrofóbicas fortalecidas por dicho parámetro (Hosseini-Parvar y col., 2010).

Los valores de  $\sigma_{LVR}$  se relacionan con la estabilidad estructural del material (Herranz y col., 2021). En este sentido, las salsas espesadas a nivel miel y elaboradas con NA, GG y CSM reflejaron los valores más altos de  $\sigma_{LVR}$ , mientras que aquellas muestras que contenían GT y CMC como agentes espesantes mostraron valores más bajos de  $\sigma_{LVR}$ , siendo más marcados a 37 y 55 °C. Por tanto, las salsas preparadas con NA, GG y CSM presentaron mejor estabilidad estructural que las muestras que contenían GT y CMC como agentes espesantes. Las muestras espesadas a nivel pudín, mostraron un comportamiento similar al descrito anteriormente, pero en ese caso, cabe remarcar que las salsas formuladas con CSM presentaron la mejor estabilidad estructural. Además, se observaron valores de  $\sigma_{LVR}$  significativamente ( $p < 0,05$ ) más altos en el caso de las muestras preparadas con GG y CSM a 55

°C que a 25 y 37 °C, probablemente debido a la presencia de interacciones hidrofóbicas que se vuelven más fuertes con la temperatura (Hosseini-Parvar y col., 2010). Asimismo, el punto  $G' = G''$  de las salsas preparadas con NA, GG y CSM fue superior al de las muestras con GT y CMC, con independencia de la consistencia y temperatura de trabajo utilizada. Por lo tanto, se requirió un estrés más elevado para provocar la ruptura de la estructura interna de estas muestras, siendo mayor cuando aumentó la concentración de hidrocoloide (nivel pudín).

**TABLA 4.** Parámetros viscoelásticos obtenidos de la determinación de la LVR, de las muestras de salsa española con textura modificada.

	Muestra	T (°C)	$G'_{LVR}$ (Pa)	$\sigma_{LVR}$ (Pa)	Punto de flujo (Pa)
Nivel miel	NA	25	240 ± 24 <sup>dAB</sup>	0,8017 ± 0,0007 <sup>cA</sup>	17 ± 5 <sup>bA</sup>
	GG		206 ± 28 <sup>cB</sup>	0,5534 ± 0,0003 <sup>bA</sup>	12,755 ± 0,007 <sup>bA</sup>
	GT		94 ± 6 <sup>aB</sup>	0,41 ± 0,13 <sup>aA</sup>	1,44 ± 0,23 <sup>aA</sup>
	CMC		94,4 ± 1,4 <sup>aB</sup>	0,42 ± 0,13 <sup>aA</sup>	2,3 ± 0,4 <sup>aA</sup>
	CSM		113 ± 5 <sup>bA</sup>	0,91 ± 0,15 <sup>cA</sup>	16,300 ± 0,014 <sup>bA</sup>
	NA	37	225 ± 8 <sup>dA</sup>	1,14 ± 0,18 <sup>bA</sup>	16,18 ± 0,04 <sup>bA</sup>
	GG		173 ± 7 <sup>cA</sup>	0,6 ± 0,5 <sup>abA</sup>	12,765 ± 0,007 <sup>bA</sup>
	GT		80 ± 7 <sup>aAB</sup>	0,25535 ± 0,00021 <sup>aA</sup>	0,8081 ± 0,0004 <sup>aA</sup>
	CMC		90 ± 12 <sup>aB</sup>	0,2561 ± 0,0005 <sup>aA</sup>	1,8 ± 0,3 <sup>aA</sup>
	CSM		101 ± 18 <sup>bA</sup>	1,15 ± 0,19 <sup>bA</sup>	16,42 ± 0,10 <sup>bA</sup>
	NA	55	247 ± 53 <sup>dB</sup>	4,18 ± 3,07 <sup>abB</sup>	23 ± 14 <sup>bB</sup>
	GG		189 ± 45 <sup>bAB</sup>	4,5 ± 0,7 <sup>bB</sup>	21 ± 7 <sup>bB</sup>
	GT		77 ± 22 <sup>aA</sup>	1,5 ± 1,4 <sup>aB</sup>	4 ± 4 <sup>aB</sup>
	CMC		68 ± 6 <sup>aA</sup>	0,6 ± 0,5 <sup>aB</sup>	3,1 ± 1,4 <sup>aB</sup>
	CSM		215 ± 12 <sup>cB</sup>	7,2 ± 1,2 <sup>cB</sup>	30 ± 5 <sup>bB</sup>
Nivel pudín	NA	25	381 ± 5 <sup>dB</sup>	1,0 ± 0,3 <sup>bA</sup>	40,290 ± 0,014 <sup>cA</sup>
	GG		263 ± 7 <sup>cA</sup>	1,6 ± 0,0 <sup>cA</sup>	36 ± 6 <sup>bB</sup>
	GT		170,3 ± 2,4 <sup>aB</sup>	0,8 ± 0,3 <sup>abA</sup>	10,1 ± 0,0 <sup>aB</sup>
	CMC		204 ± 13 <sup>bB</sup>	0,8012 ± 0,0003 <sup>aA</sup>	9,1 ± 1,5 <sup>aAB</sup>
	CSM		183 ± 9 <sup>aA</sup>	2,1 ± 1,5 <sup>dA</sup>	29 ± 5 <sup>bA</sup>
	NA	37	337 ± 29 <sup>dA</sup>	1,8 ± 0,3 <sup>cA</sup>	40,37 ± 0,11 <sup>cA</sup>
	GG		255 ± 47 <sup>cA</sup>	0,6355 ± 0,0008 <sup>aA</sup>	25,38 ± 0,03 <sup>bA</sup>
	GT		134,3 ± 1,3 <sup>aA</sup>	1,0 ± 0,0 <sup>bA</sup>	5,7 ± 0,9 <sup>aA</sup>
	CMC		194 ± 4 <sup>bB</sup>	0,63680 ± 0,00014 <sup>aA</sup>	8,0380 ± 0,0014 <sup>aA</sup>
	CSM		313 ± 194 <sup>cdB</sup>	2,3 ± 0,4 <sup>dA</sup>	42 ± 13 <sup>cAB</sup>
	NA	55	358 ± 10 <sup>bA</sup>	2,8 ± 1,7 <sup>aB</sup>	46 ± 7 <sup>bB</sup>
	GG		464 ± 62 <sup>cB</sup>	12,645 ± 0,007 <sup>cB</sup>	63,75 ± 0,11 <sup>cC</sup>
	GT		227 ± 24 <sup>aC</sup>	5,7 ± 0,9 <sup>bB</sup>	16,0 ± 0,0 <sup>aC</sup>
	CMC		170 ± 32 <sup>aA</sup>	1,5 ± 0,7 <sup>aB</sup>	10,140 ± 0,014 <sup>aB</sup>
	CSM		735 ± 295 <sup>dC</sup>	23 ± 4 <sup>dB</sup>	64,2 ± 0,0 <sup>cB</sup>

Los valores son el promedio de dos ensayos independientes. Las letras minúsculas (a, b, c, d) indican diferencias significativas entre las muestras ( $p < 0,05$ ). Las letras mayúsculas (A, B, C) denotan diferencias significativas entre las temperaturas de análisis ( $p < 0,05$ ).

Con el objetivo de caracterizar las propiedades viscoelásticas lineales de las salsas se realizó el ensayo SAOS. La Figura 1 muestra la evolución de  $G'$ ,  $G''$  y  $\tan \delta$  de todas las muestras de salsa española con textura modificada, a las tres temperaturas de trabajo. Las curvas muestran la baja contribución de  $G''$  a las propiedades viscoelásticas de las muestras, con una  $G'$  mayor a  $G''$  en toda la LVR, evidenciando el comportamiento de gel débil, con

independencia de la temperatura y nivel de consistencia de las muestras. Este comportamiento fue descrito también por Capitani y col. (2015) y Talens y col. (2021) en dispersiones acuosas con mucílago de semillas de chía y crema de guisantes espesada con distintos hidrocoloides, respectivamente. Asimismo, la tangente del ángulo de fase ( $\text{Tan } \delta = G''/G'$ ) proporciona información sobre el equilibrio del módulo elástico y viscoso de un material (Sharma y col., 2017). Valores de  $\text{Tan } \delta$  por debajo de 0,1 indican geles fuertes, mientras que valores entre 0,1 y 1 indican geles débiles (Irani y col., 2019). Todas las muestras exhibieron valores de  $\text{Tan } \delta$  entre 0,2 y 1 en todo el rango de frecuencias estudiado, confirmando el comportamiento de gel débil. En relación a los perfiles de  $\text{Tan } \delta$ , se observó una menor dependencia de la frecuencia en el caso de las salsas preparadas con CMC. No obstante, las salsas de textura modificada que contenían GG y GT como espesantes reflejaron un comportamiento muy distinto. En este caso, los valores de  $\text{Tan } \delta$  disminuyeron a medida que aumentaba la frecuencia. Talens y col. (2021) también reportaron este efecto en cremas de guisantes espesadas con GG, GT y konjac. En cuanto al efecto temperatura, las curvas de las muestras elaboradas con NA, GG y CMC presentaron un comportamiento similar con independencia de la temperatura de análisis. Sin embargo, la muestra formulada con CSM a nivel pudín presentó valores de  $\text{Tan } \delta$  más bajos a 55 °C que las mismas salsas espesadas a nivel miel. Según Moret-Tatay y col. (2015), estos resultados podrían deberse a la obtención de sistemas más estructurados a 55 °C, con un comportamiento elástico predominante.

Desde un punto de vista estructural, las pendientes ( $n'$  y  $n''$ ) de las curvas  $\text{Ln } G'_0$  y  $\text{Ln } G''_0$  vs frecuencia, también pueden utilizarse como criterio para evaluar las propiedades del gel, ya que están relacionadas con la estabilidad del mismo. Cabe remarcar que la pendiente ( $n'$  o  $n''$ ) en geles verdaderos es igual a 0, mientras que en geles débiles y soluciones concentradas tiene valores positivos (Alvarez y col., 2017; Irani y col., 2019). La Tabla 5 presenta los parámetros de las propiedades del gel de las diferentes muestras de salsa española con textura modificada a las 3 temperaturas. Todas las muestras analizadas presentaron valores de  $n'$  y  $n''$  entre 0 y 1, lo que podría atribuirse al comportamiento de geles débiles (Irani y col., 2019). Asimismo, se observaron valores de  $n'$  significativamente menores ( $p < 0,05$ ) en el caso de las muestras elaboradas con NA y GG como agentes espesantes, lo que indica una menor dependencia de la frecuencia, mientras que los valores de  $n''$  más bajos se observaron en el caso de las salsas preparadas con GG, independientemente de la consistencia y temperatura de análisis. Además, el uso de una mayor concentración de hidrocoloide (nivel pudín) presentó una menor dependencia de  $G'$  y  $G''$  con la frecuencia. Este efecto podría explicarse por la mayor capacidad hidratante de los hidrocoloides, aumentado a su vez el número de interacciones intermoleculares a medida que aumentó su concentración. Talens y col. (2021) reportaron resultados similares en cremas de guisantes espesadas con diez hidrocoloides diferentes.

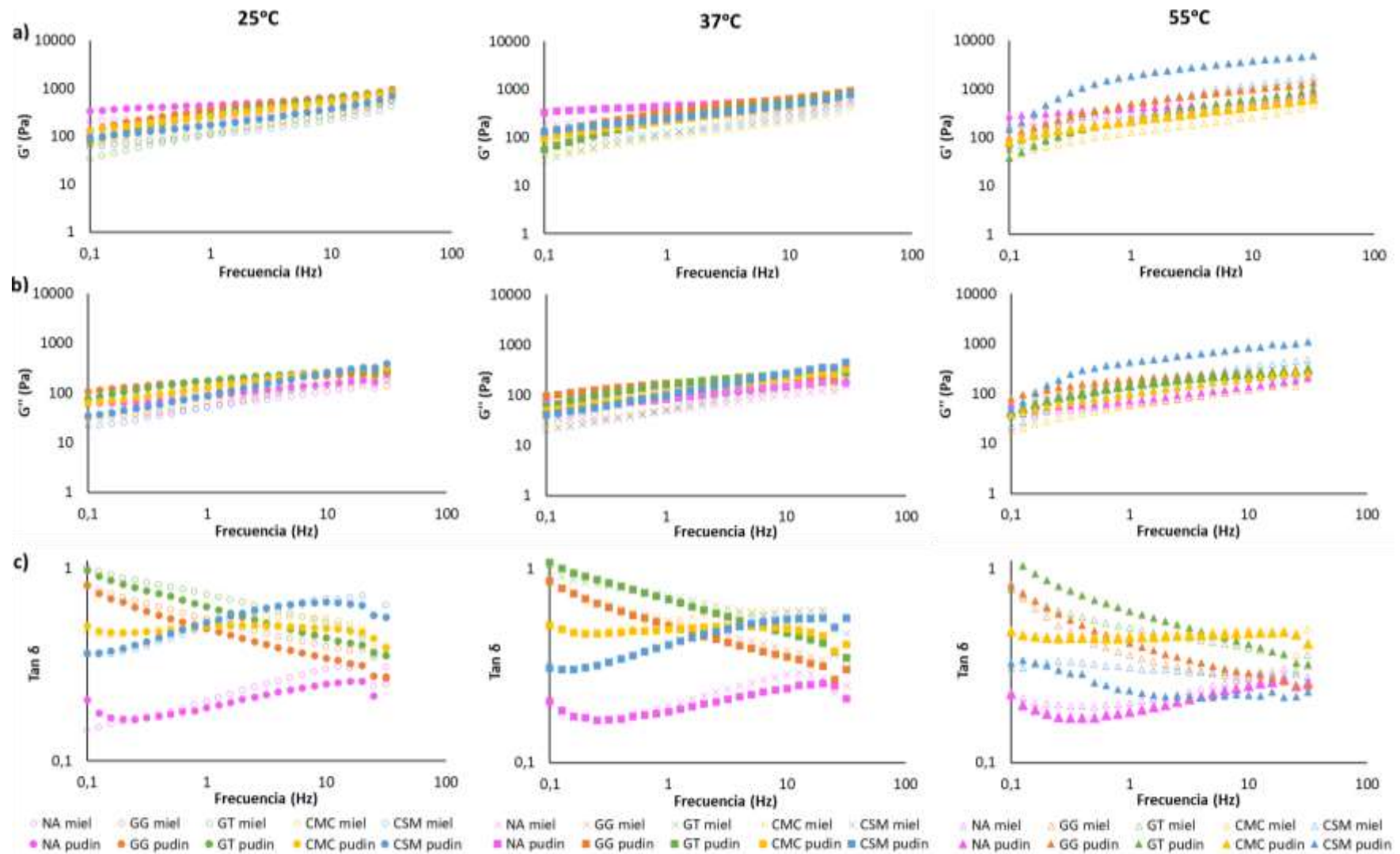
En relación a la dureza del gel ( $G'_0 - G''_0$ ), a ambas consistencias y dentro de la misma temperatura de análisis, las salsas elaboradas con NA, GG y CSM exhibieron valores de dureza del gel relativamente altos. En general, las muestras preparadas con GT presentaron el valor de dureza de gel más bajo.

Los valores de dureza de gel más altos se observaron trabajando a 55 °C, y con las salsas espesadas con CSM. Según Hosseini-Parvar y col. (2010) este comportamiento podría explicarse por la presencia de interacciones hidrofóbicas que se vuelven más fuertes con la temperatura, ocasionando mayores interacciones entre las moléculas de los polímeros.

La Tabla 5 también presenta las propiedades viscoelásticas de las distintas muestras determinadas con el ensayo SAOS. Con fines comparativos, los valores de  $G'$ ,  $G''$ ,  $G^*$ ,  $\eta^*$  y  $\tan \delta$ , fueron registrados a 1 Hz de frecuencia. Como era de esperar, todas las muestras de salsa española mostraron un predominio del componente elástico frente al viscoso ( $G' > G''$ ), evidenciando el comportamiento típico de sistemas viscoelásticos débiles. Cabe destacar que el módulo complejo ( $G^*$ ) indica la resistencia total de un producto frente a la deformación aplicada, y proporciona una idea de la rigidez del material, mientras que la viscosidad compleja ( $\eta^*$ ) es una medida de la resistencia total al flujo en función de la frecuencia angular (Talens y col., 2021).

En general, las formulaciones preparadas con NA, GG, GT y CSM mostraron una mayor rigidez, siendo más marcada en el caso de las salsas con CSM a medida que aumentaba la temperatura. Este efecto podría atribuirse a la presencia de interacciones más fuertes entre polímeros a medida que aumenta la temperatura, pudiendo estar a su vez asociadas a la presencia de interacciones hidrofóbicas (Hosseini-Parvar y col., 2010). A mayor cantidad de hidrocoloide (nivel pudín) se obtuvieron productos más rígidos, siendo este efecto más evidente en el caso de las salsas preparadas con CSM como agente espesante. El uso de mayores cantidades de hidrocoloide podría aumentar la rigidez del producto debido a la formación de una estructura en forma de red. En cuanto a  $\eta^*$ , las muestras que presentaron una mayor resistencia al flujo fueron las preparadas con NA y GG, mientras que el uso de CMC como agente espesante disminuyó la resistencia al flujo de las salsas. En relación a la temperatura de análisis, a 55 °C, las muestras elaboradas con GG y CSM reflejaron los valores más altos de  $\eta^*$ , siendo este efecto más marcado en el caso de la muestra con CSM y espesada a nivel pudín como consecuencia de las mayores interacciones intermoleculares originadas. Finalmente, todas las formulaciones mostraron valores de  $\tan \delta$  entre 0,1 y 1, rango considerado como seguro en productos para personas con disfagia (Ishihara y col., 2011). Nyström y col. (2015) demostraron que los pacientes disfágicos perciben los líquidos con mayor componente elástico como más fáciles de deglutir. Considerando que los productos con un alto grado de elasticidad (valores de  $\tan \delta$  más bajos), mayor resistencia a la deformación (valores de  $G^*$  más altos) y mayor estabilidad estructural (valores de  $\sigma_{LVR}$  más altos) pueden ser más seguros en relación a la deglución (Herranz y col., 2021), las muestras espesadas con NA, GG y CSM podrían ser más apropiadas para personas con problemas de deglución o disfagia.





**FIGURA 1.** Dependencia del módulo elástico (a), viscoso (b), y tangente del ángulo de fase (c) frente a la frecuencia, de las muestras de salsa española con textura modificada. Los valores son el promedio de dos ensayos independientes, determinados a 25, 37 y 55 °C.

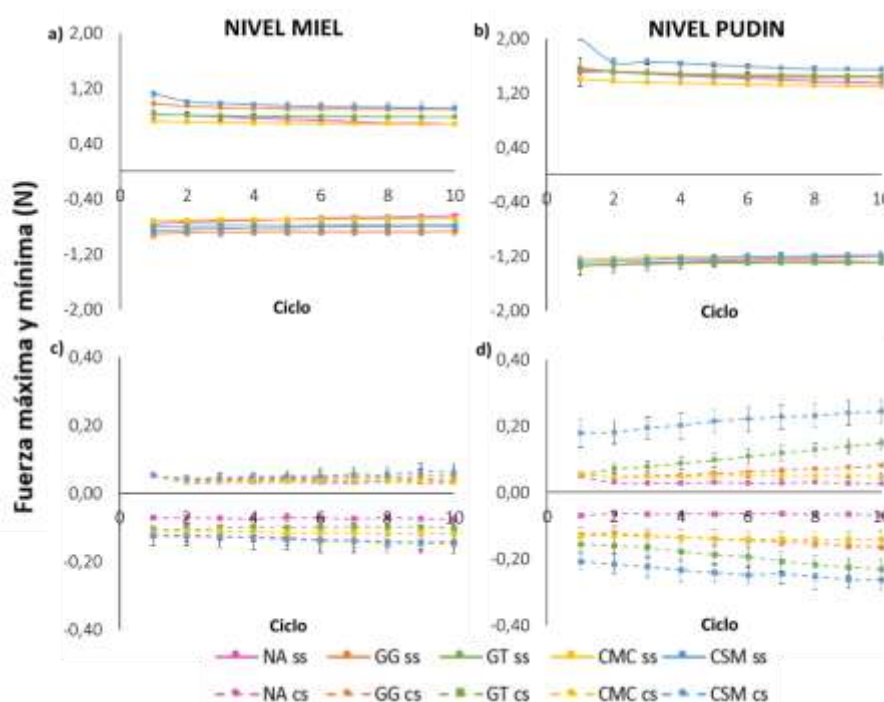
**TABLA 5.** Parámetros de las propiedades del gel y parámetros viscoelásticos de las muestras de salsa española con textura modificada.

		Parámetros de las propiedades del gel			Parámetros viscoelásticos del ensayo SAOS a 1 Hz					
Muestra	T (°C)	n'	n''	G'₀ - G''₀ (Pa)	G' (Pa)	G'' (Pa)	G* (Pa)	η* (Pa·s)	tan δ	
Miel	25	NA	0,32 ± 0,04 <sup>aA</sup>	0,48 ± 0,06 <sup>bB</sup>	201 ± 20 <sup>cAB</sup>	253 ± 24 <sup>cAB</sup>	52 ± 4 <sup>aAB</sup>	258 ± 25 <sup>dAB</sup>	41 ± 4 <sup>cAB</sup>	0,204 ± 0,003 <sup>aA</sup>
		GG	0,328 ± 0,005 <sup>aA</sup>	0,34 ± 0,08 <sup>aA</sup>	64 ± 28 <sup>abA</sup>	191 ± 10 <sup>bA</sup>	104 ± 5 <sup>dA</sup>	217 ± 11 <sup>cA</sup>	34,6 ± 1,7 <sup>bA</sup>	0,545 ± 0,004 <sup>cB</sup>
		GT	0,58 ± 0,05 <sup>dA</sup>	0,46 ± 0,03 <sup>abB</sup>	31 ± 13 <sup>aA</sup>	114 ± 23 <sup>aA</sup>	82 ± 10 <sup>cB</sup>	140 ± 25 <sup>bA</sup>	22 ± 4 <sup>aA</sup>	0,73 ± 0,06 <sup>dB</sup>
		CMC	0,513 ± 0,024 <sup>cA</sup>	0,520 ± 0,009 <sup>bcA</sup>	59 ± 15 <sup>abAB</sup>	124 ± 20 <sup>aA</sup>	65 ± 5 <sup>bb</sup>	140 ± 20 <sup>bb</sup>	22 ± 3 <sup>aA</sup>	0,53 ± 0,04 <sup>bcB</sup>
		CSM	0,44 ± 0,06 <sup>bA</sup>	0,601 ± 0,006 <sup>cB</sup>	52,0 ± 1,4 <sup>bA</sup>	103 ± 3 <sup>aA</sup>	51 ± 2 <sup>aA</sup>	115 ± 4 <sup>aA</sup>	18,3 ± 0,6 <sup>aA</sup>	0,4960 ± 0,0013 <sup>bc</sup>
	37	NA	0,3486 ± 0,0013 <sup>aA</sup>	0,408 ± 0,012 <sup>bA</sup>	196 ± 13 <sup>dA</sup>	244 ± 17 <sup>cA</sup>	48 ± 4 <sup>aA</sup>	248 ± 17 <sup>cA</sup>	39 ± 3 <sup>cA</sup>	0,196 ± 0,003 <sup>aA</sup>
		GG	0,50 ± 0,05 <sup>bB</sup>	0,33 ± 0,12 <sup>aA</sup>	99 ± 34 <sup>cA</sup>	212 ± 55 <sup>cA</sup>	113 ± 21 <sup>dAB</sup>	240 ± 58 <sup>cA</sup>	38 ± 9 <sup>cA</sup>	0,54 ± 0,04 <sup>cB</sup>
		GT	0,53 ± 0,06 <sup>bA</sup>	0,36 ± 0,05 <sup>abA</sup>	33 ± 5 <sup>aA</sup>	120 ± 4 <sup>bA</sup>	87,1 ± 0,4 <sup>cA</sup>	148 ± 3 <sup>bA</sup>	23,6 ± 0,5 <sup>bA</sup>	0,73 ± 0,03 <sup>dB</sup>
		CMC	0,511103 ± 0,000010 <sup>bA</sup>	0,53 ± 0,04 <sup>cA</sup>	46 ± 4 <sup>bA</sup>	100 ± 8 <sup>aA</sup>	54 ± 4 <sup>bA</sup>	113 ± 9 <sup>aA</sup>	18,0 ± 1,4 <sup>aA</sup>	0,538 ± 0,003 <sup>cB</sup>
		CSM	0,40 ± 0,11 <sup>abA</sup>	0,542 ± 0,004 <sup>cA</sup>	72 ± 21 <sup>bcB</sup>	122 ± 29 <sup>abB</sup>	50 ± 9 <sup>abA</sup>	132 ± 31 <sup>abA</sup>	21 ± 5 <sup>abA</sup>	0,41 ± 0,03 <sup>bB</sup>
55	NA	0,32 ± 0,05 <sup>aA</sup>	0,43 ± 0,08 <sup>abAB</sup>	242 ± 36 <sup>bB</sup>	304 ± 47 <sup>bB</sup>	62 ± 11 <sup>ab</sup>	311 ± 48 <sup>bB</sup>	49 ± 8 <sup>bB</sup>	0,203 ± 0,006 <sup>aA</sup>	
	GG	0,43 ± 0,03 <sup>bB</sup>	0,37 ± 0,03 <sup>aA</sup>	305 ± 54 <sup>cB</sup>	473 ± 65 <sup>cB</sup>	168 ± 11 <sup>cB</sup>	502 ± 64 <sup>cB</sup>	80 ± 10 <sup>cB</sup>	0,36 ± 0,03 <sup>bA</sup>	
	GT	0,49 ± 0,20 <sup>abA</sup>	0,40 ± 0,03 <sup>abAB</sup>	117 ± 70 <sup>abB</sup>	224 ± 98 <sup>abB</sup>	106 ± 28 <sup>b</sup>	248 ± 101 <sup>abB</sup>	39 ± 16 <sup>abB</sup>	0,50 ± 0,09 <sup>cA</sup>	
	CMC	0,48 ± 0,08 <sup>bcA</sup>	0,53 ± 0,05 <sup>bA</sup>	58 ± 5 <sup>ab</sup>	124 ± 10 <sup>aA</sup>	56 ± 5 <sup>aA</sup>	136 ± 11 <sup>ab</sup>	21,7 ± 1,7 <sup>aA</sup>	0,455 ± 0,004 <sup>cA</sup>	
	CSM	0,495 ± 0,015 <sup>cA</sup>	0,53 ± 0,08 <sup>bAB</sup>	335 ± 107 <sup>bcC</sup>	483 ± 149 <sup>bcC</sup>	148 ± 42 <sup>bcB</sup>	505 ± 155 <sup>bcB</sup>	80 ± 25 <sup>cB</sup>	0,308 ± 0,008 <sup>bA</sup>	
Pudín	25	NA	0,253 ± 0,009 <sup>aA</sup>	0,398 ± 0,004 <sup>bA</sup>	360 ± 34 <sup>dB</sup>	443 ± 40 <sup>dAB</sup>	83 ± 6 <sup>ab</sup>	451 ± 41 <sup>dB</sup>	72 ± 6 <sup>dB</sup>	0,188 ± 0,004 <sup>aA</sup>
		GG	0,37 ± 0,07 <sup>abA</sup>	0,27 ± 0,07 <sup>aA</sup>	181 ± 8 <sup>cB</sup>	355 ± 10 <sup>cB</sup>	173 ± 3 <sup>cA</sup>	395 ± 10 <sup>cAB</sup>	62,9 ± 1,7 <sup>cAB</sup>	0,489 ± 0,007 <sup>bB</sup>
		GT	0,44 ± 0,03 <sup>bA</sup>	0,349 ± 0,016 <sup>abA</sup>	102 ± 12 <sup>bB</sup>	278 ± 19 <sup>bB</sup>	177 ± 7 <sup>cB</sup>	330 ± 20 <sup>bA</sup>	52 ± 3 <sup>bB</sup>	0,635 ± 0,019 <sup>dA</sup>
		CMC	0,41 ± 0,04 <sup>bA</sup>	0,415 ± 0,012 <sup>bA</sup>	130 ± 25 <sup>bB</sup>	260 ± 32 <sup>bB</sup>	130 ± 7 <sup>bB</sup>	291 ± 32 <sup>bB</sup>	46 ± 5 <sup>bB</sup>	0,50 ± 0,04 <sup>bcB</sup>
		CSM	0,40 ± 0,11 <sup>abA</sup>	0,54 ± 0,03 <sup>cB</sup>	81 ± 5 <sup>aA</sup>	170 ± 8 <sup>aA</sup>	89 ± 4 <sup>aA</sup>	192 ± 9 <sup>aA</sup>	30,6 ± 1,5 <sup>aA</sup>	0,522 ± 0,004 <sup>cC</sup>
	37	NA	0,268 ± 0,006 <sup>aA</sup>	0,38 ± 0,05 <sup>bA</sup>	368 ± 31 <sup>dB</sup>	451 ± 36 <sup>dB</sup>	82 ± 5 <sup>ab</sup>	458 ± 37 <sup>dB</sup>	73 ± 6 <sup>dB</sup>	0,183 ± 0,003 <sup>aA</sup>
		GG	0,37 ± 0,09 <sup>bA</sup>	0,2427 ± 0,0018 <sup>aA</sup>	164,0 ± 0,6 <sup>cA</sup>	333 ± 4 <sup>cA</sup>	169 ± 4 <sup>bcA</sup>	373 ± 5 <sup>cA</sup>	59,4 ± 0,9 <sup>cA</sup>	0,508 ± 0,005 <sup>cB</sup>
		GT	0,48 ± 0,08 <sup>bcAB</sup>	0,3646 ± 0,0008 <sup>bA</sup>	71 ± 16 <sup>aA</sup>	231 ± 32 <sup>abA</sup>	159 ± 16 <sup>bAB</sup>	280 ± 35 <sup>bA</sup>	45 ± 6 <sup>bA</sup>	0,69 ± 0,03 <sup>dB</sup>
		CMC	0,47 ± 0,03 <sup>cA</sup>	0,4878 ± 0,0017 <sup>cB</sup>	112 ± 23 <sup>bA</sup>	219 ± 36 <sup>aA</sup>	106 ± 13 <sup>aAB</sup>	243 ± 38 <sup>aAB</sup>	39 ± 6 <sup>aA</sup>	0,488 ± 0,022 <sup>cB</sup>
		CSM	0,41 ± 0,04 <sup>bcA</sup>	0,528 ± 0,006 <sup>dB</sup>	148 ± 24 <sup>bcB</sup>	247 ± 33 <sup>bB</sup>	182 ± 9 <sup>cB</sup>	267 ± 34 <sup>abB</sup>	42 ± 5 <sup>abA</sup>	0,404 ± 0,016 <sup>bB</sup>
55	NA	0,30881 ± 0,00007 <sup>ab</sup>	0,456 ± 0,007 <sup>dB</sup>	321 ± 19 <sup>dA</sup>	392 ± 27 <sup>bA</sup>	72 ± 8 <sup>aA</sup>	399 ± 28 <sup>cA</sup>	63 ± 4 <sup>cA</sup>	0,182 ± 0,008 <sup>aA</sup>	
	GG	0,34 ± 0,04 <sup>abA</sup>	0,297 ± 0,022 <sup>aA</sup>	286 ± 107 <sup>cC</sup>	482 ± 140 <sup>cC</sup>	196 ± 33 <sup>dA</sup>	520 ± 142 <sup>cB</sup>	83 ± 23 <sup>dB</sup>	0,41 ± 0,05 <sup>bA</sup>	
	GT	0,54 ± 0,05 <sup>cB</sup>	0,426 ± 0,006 <sup>cB</sup>	98 ± 21 <sup>aAB</sup>	245 ± 31 <sup>aAB</sup>	147 ± 10 <sup>cA</sup>	286 ± 32 <sup>bA</sup>	46 ± 5 <sup>bA</sup>	0,60 ± 0,04 <sup>cA</sup>	
	CMC	0,40 ± 0,05 <sup>bA</sup>	0,468 ± 0,019 <sup>dB</sup>	122 ± 3 <sup>bAB</sup>	219 ± 48 <sup>aA</sup>	96,5 ± 1,1 <sup>bA</sup>	239 ± 4 <sup>aA</sup>	38,0 ± 0,7 <sup>aA</sup>	0,442 ± 0,004 <sup>bA</sup>	
	CSM	0,431 ± 0,013 <sup>bA</sup>	0,379 ± 0,014 <sup>bA</sup>	1395 ± 132 <sup>eC</sup>	1823 ± 192 <sup>dC</sup>	428 ± 60 <sup>eC</sup>	1872 ± 200 <sup>dC</sup>	298 ± 32 <sup>eB</sup>	0,234 ± 0,008 <sup>aA</sup>	

Los valores son el promedio de dos ensayos independientes. Las letras minúsculas (a, b, c, d, e) indican diferencias significativas entre las muestras ( $p < 0,05$ ). Las letras mayúsculas (A, B, C) denotan diferencias significativas entre las temperaturas de análisis ( $p < 0,05$ ).

### 3.3 Ensayo de masticación simulada

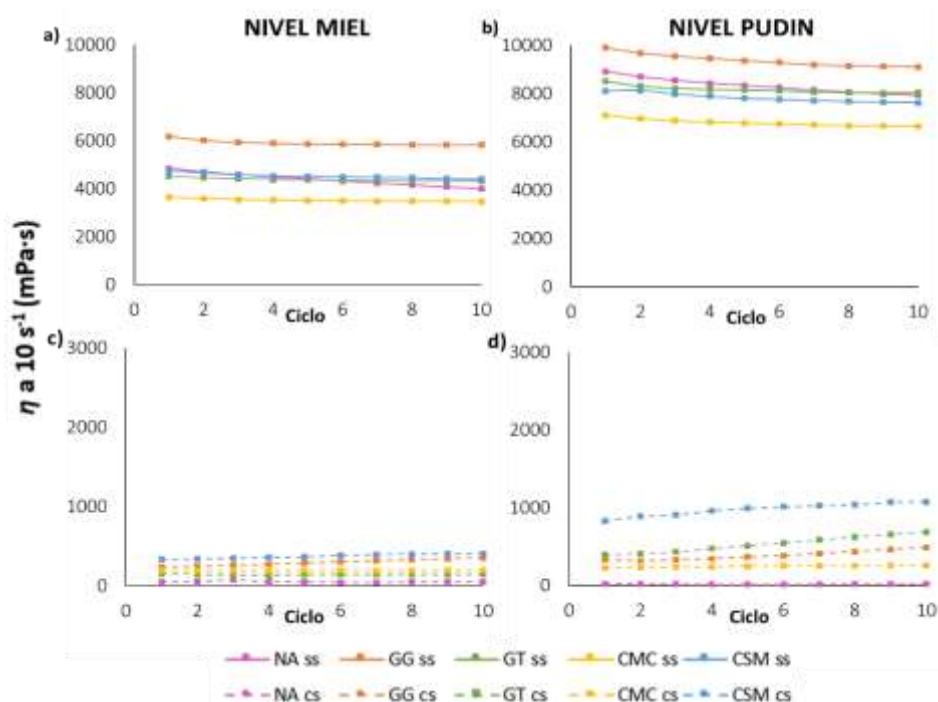
La Figura 2 presenta la evolución de la fuerza máxima y mínima (N) de las muestras de salsa española con textura modificada (nivel miel y pudin), obtenida tras aplicar los 10 ciclos del ensayo, en ausencia (ss) y presencia (cs) de saliva y a 37 °C. De cada ciclo, la fuerza máxima positiva ( $F_{m\acute{a}x}$ ) alcanzada en el espacio más pequeño entre placas (1 mm) se tomó como una medida de “consistencia”. Durante la etapa de descompresión, la fuerza máxima negativa ( $F_{m\acute{i}n}$ ) registrada en la distancia más amplia entre placas (3 mm) se relacionó con la “adhesividad” de las salsas (Chung y col., 2013).



**FIGURA 2.** Evolución de la fuerza máxima y fuerza mínima de las muestras, en ausencia (a y b) y presencia (c y d) de saliva, a nivel miel y pudin. Los valores son el promedio de dos ensayos independientes.

En la Figura 2 se observa que, del primer al segundo ciclo, los valores de  $F_{m\acute{a}x}$  y  $F_{m\acute{i}n}$  descendieron ligeramente para todas las muestras en ausencia de saliva artificial, siendo más marcado en las salsas con CSM. Según Chung y col. (2013), este efecto podría estar relacionado con la ruptura de la estructura de las muestras durante las etapas de compresión, gap fijo y descompresión. Además, todas las salsas formuladas con CMC exhibieron los valores de consistencia más bajos durante el estudio, mientras que las muestras con GG y CSM presentaron los valores más altos. No obstante, en ausencia de saliva, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en cuanto a la adhesividad de las muestras. En presencia de saliva y a ambos niveles, los valores de  $F_{m\acute{a}x}$  y  $F_{m\acute{i}n}$  disminuyeron significativamente ( $p < 0,05$ ), siendo esto atribuible a la dilución de las muestras. Cabe remarcar que dicho efecto fue más evidente en las salsas con NA (espesante comercial a base de almidón de maíz modificado), lo que podría deberse a la acción de la  $\alpha$ -amilasa salival,

enzima encargada de hidrolizar los gránulos de almidón presentes en los alimentos (Herranz y col., 2021). La Figura 3 muestra la evolución de la viscosidad aparente ( $\eta$ ) de las muestras de salsa española con textura modificada, determinada a  $10 \text{ s}^{-1}$  y a  $37 \text{ °C}$ , a ambos niveles y en ausencia (ss) y presencia (cs) de saliva, durante los 10 ciclos del ensayo de masticación.



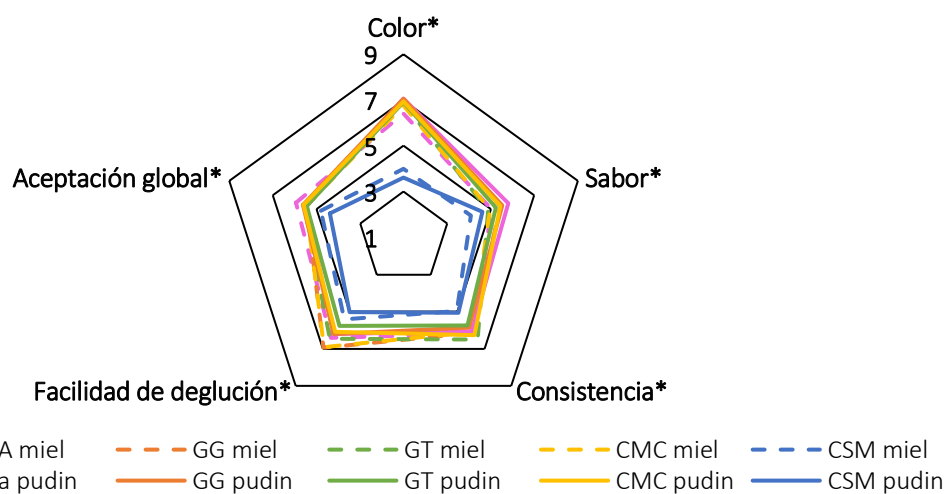
**FIGURA 3.** Evolución de la viscosidad aparente ( $\eta$ ) de las muestras, en ausencia (a y b) y presencia (c y d) de saliva. Los valores son el promedio de dos ensayos independientes.

En cuanto a la  $\eta$  registrada durante la etapa de gap fijo y en ausencia de saliva, las muestras formuladas con GG y CMC exhibieron los valores más altos y más bajos, respectivamente, independientemente del nivel de consistencia. Por el contrario, en presencia de saliva, los valores de  $\eta$  aumentaron ligeramente en las muestras con CSM, siendo este efecto más evidente a nivel pudín. Así pues, las muestras elaboradas con CSM ofrecieron el mayor deslizamiento de la lengua contra el paladar. Por el contrario, los valores de  $\eta$  más bajos fueron reflejados por las salas espesadas con NA a ambos niveles de consistencia. Cabe remarcar que, durante el procesamiento oral de alimentos, los productos se mezclan con saliva que contiene  $\alpha$ -amilasa, responsable de la degradación de los componentes del almidón y de la reducción de la viscosidad (Sharma y col., 2020).

### 3.4 Evaluación sensorial

La Figura 4 presenta la puntuación promedio de los distintos atributos evaluados en las muestras de salsa española con textura modificada a nivel miel y pudín. Las salsas de textura modificada elaboradas con GG y a nivel

miel, mostraron las puntuaciones más altas en cuanto a color, sabor y facilidad de deglución. En el caso de las muestras espesadas a nivel pudín, las salsas formuladas con NA, GG y CMC presentaron las puntuaciones más altas en cuanto a color, sabor y facilidad de deglución. Con respecto a la consistencia percibida por los panelistas, las muestras espesadas con NA, GG y GT fueron percibidas como las más consistentes a nivel miel, mientras que las salsas preparadas con NA, GG Y CMC presentaron las puntuaciones más altas para el nivel pudín. Por el contrario, las salsas con CSM y a ambos niveles, exhibieron menor puntuación en relación al color, sabor, consistencia, facilidad de deglución y aceptación global que las muestras elaboradas con NA, GG, GT y CMC. Finalmente, cabe remarcar que las salsas preparadas con NA y GG, a ambos niveles, presentaron la puntuación más elevada en cuanto a aceptación del producto.



**FIGURA 4.** Puntuación promedio de los atributos evaluados en las muestras. 1: No me gusta nada, difícil deglución; y, 9: Me gusta mucho, fácil deglución. \* Indica diferencias significativas entre las muestras ( $p < 0,05$ ) ( $n = 34$ ).

#### 4. CONCLUSIONES

Las muestras de salsa española con textura modificada presentaron valores similares de viscosidad aparente a 25 °C y 50 s<sup>-1</sup>. Sin embargo, las muestras exhibieron diferentes propiedades texturales, reológicas, viscoelásticas, de masticación y sensoriales. Entre las salsas analizadas, la muestra espesada con CMC fue la menos consistente y menos firme, mostrando también menor resistencia al flujo y una estructura menos rígida que las formulaciones con NA, GG, GT y CSM. Cabe destacar que el comportamiento de todas ellas se vio influenciado por la temperatura de análisis, siendo más evidente en la muestra espesada con CSM. Además, todas las salsas presentaron valores de Tan  $\delta$  comprendidos entre 0,1 y 1, por lo que podrían ser utilizadas para el tratamiento de pacientes con disfagia. La adición de saliva también fue un factor a tener en cuenta, ya que provocó una disminución de la consistencia, adhesividad y viscosidad de las muestras, siendo más evidente en las salsas con NA, debido a la acción ejercida por la

$\alpha$ -amilasa sobre el almidón del espesante, lo que puede suponer un riesgo en este tipo de pacientes debido a una mayor facilidad de aspiración del bolo alimenticio. En base a todo lo mencionado y debido a su elevada elasticidad, resistencia a la deformación y estabilidad estructural, las salsas con textura modificada espesadas con GG y CSM podrían ser consideradas como las más apropiadas para pacientes disfágicos. No obstante, las salsas espesadas con CSM y a ambos niveles de consistencia, exhibieron las puntuaciones más bajas en cuanto color, sabor, consistencia, facilidad de deglución y aceptación global, por lo que debería considerarse la reformulación de estas muestras a fin de mejorar sus características organolépticas.

## 5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (España) por el apoyo financiero proporcionado a través del Proyecto RTI2018-098842-B-I00.

## 6. REFERENCIAS

- Abu Zarim, N., Zainul Abidin, S., & Ariffin, F. (2018). Rheological studies on the effect of different thickeners in texture-modified chicken rendang for individuals with dysphagia. *Journal of Food Science and Technology*, 55(11), 4522-4529.
- Alpizar-Reyes, E., Román-Guerrero, A., Gallardo-Rivera, R., Varela-Guerrero, V., Cruz-Olivares, J., & Pérez-Alonso, C. (2018). Rheological properties of tamarind (*Tamarindus indica* L.) seed mucilage obtained by spray-drying as a novel source of hydrocolloid. *International Journal of Biological Macromolecules*, 107, 817-824.
- Alvarez, M. D., Fuentes, R., Guerrero, G., & Canet, W. (2017). Characterization of commercial Spanish hummus formulation: Nutritional composition, rheology, and structure. *International Journal of Food Properties*, 20(4), 845-863.
- Arocas, A., Sanz, T., & Fiszman, S. M. (2009). Influence of corn starch type in the rheological properties of a white sauce after heating and freezing. *Food Hydrocolloids*, 23(3), 901-907.
- Capitani, M. I., Corzo-Rios, L. J., Chel-Guerrero, L. A., Betancur-Ancona, D. A., Nolasco, S. M., & Tomás, M. C. (2015). Rheological properties of aqueous dispersions of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage. *Journal of Food Engineering*, 149, 70-77.
- Chung, C., Olson, K., Degner, B., & McClements, D. J. (2013). Textural properties of model food sauces: Correlation between simulated mastication and sensory evaluation methods. *Food Research International*, 51(1), 310-320.
- Herranz, B., Criado, C., Pozo-Bayón, M. Á., & Álvarez, M. D. (2021). Effect of addition of human saliva on steady and viscoelastic rheological properties of some commercial dysphagia-oriented products. *Food Hydrocolloids*, 111, 106403.
- Hosseini-Parvar, S. H., Matia-Merino, L., Goh, K. K. T., Razavi, S. M. A., & Mortazavi, S. A. (2010). Steady shear flow behavior of gum extracted from *Ocimum basilicum* L. seed: Effect of concentration and temperature. *Journal of Food Engineering*, 101(3), 236-243.
- Irani, M., Razavi, S. M. A., Abdel-Aal, E.-S. M., Hucl, P., & Patterson, C. A. (2019). Viscoelastic and textural properties of canary seed starch gels in comparison with wheat starch gel. *International Journal of Biological Macromolecules*, 124, 270-281.
- Ishihara, S., Nakauma, M., Funami, T., Odake, S., & Nishinari, K. (2011). Swallowing profiles of food polysaccharide gels in relation to bolus rheology. *Food Hydrocolloids*, 25(5), 1016-1024.
- Koocheki, A., Taherian, A. R., Razavi, S. M. A., & Bostan, A. (2009). Response surface methodology for optimization of extraction yield, viscosity, hue and emulsion stability of

- mucilage extracted from *Lepidium perfoliatum* seeds. *Food Hydrocolloids*, 23(8), 2369-2379.
- Laguna, L., Farrell, G., Bryant, M., Morina, A., & Sarkar, A. (2017). Relating rheology and tribology of commercial dairy colloids to sensory perception. *Food & Function*, 8(2), 563-573.
- Marcotte, M., Taherian Hoshahili, A. R., & Ramaswamy, H. S. (2001). Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. *Food Research International*, 34(8), 695-703.
- Mezqer, T., & Stellrecht, P. (2000). Rheology: The behaviour at rest. *European Coating Journal*, 9, 18-25.
- Minikus, M., Alminger, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, T., Bourlieu, C., Carrière, F., Boutrou, R., Corredig, M., Dupont, D., Dufour, C., Egger, L., Golding, M., Karakaya, S., Kirkhus, B., Feunteun, S. L., Lesmes, U., Macierzanka, A., Mackie, A., ... Brodkorb, A. (2014). A standardised static in vitro digestion method suitable for food – an international consensus. *Food & Function*, 5(6), 1113-1124.
- Moret-Tatay, A., Rodríguez-García, J., Martí-Bonmatí, E., Hernando, I., & Hernández, M. J. (2015). Commercial thickeners used by patients with dysphagia: Rheological and structural behaviour in different food matrices. *Food Hydrocolloids*, 51, 318-326.
- Nyström, M., Muhammad Qazi, W., Ekberg, O., & Stading, M. (2015). *Effects of rheological factors on perceived ease of swallowing*. 9.
- Payne, C., Methven, L., Fairfield, C., Gosney, M., & Bell, A. E. (2012). Variability of Starch-Based Thickened Drinks for Patients with Dysphagia in the Hospital Setting. *Journal of Texture Studies*, 43(2), 95-105.
- Pérez-Orozco, J. P., Sánchez-Herrera, L. M., & Ortiz-Basurto, R. I. (2019). Effect of concentration, temperature, pH, co-solutes on the rheological properties of *Hyptis suaveolens* L. mucilage dispersions. *Food Hydrocolloids*, 87, 297-306.
- Ribes, S., Peña, N., Fuentes, A., Talens, P., & Barat, J. M. (2021). Chia (*Salvia hispanica* L.) seed mucilage as a fat replacer in yogurts: Effect on their nutritional, technological, and sensory properties. *Journal of Dairy Science*, 104(3), 2822-2833.
- Segura-Campos, M., Acosta-Chi, Z., Rosado-Rubio, G., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2014). Whole and crushed nutlets of chia (*Salvia hispanica*) from Mexico as a source of functional gums. *Food Science and Technology*, 34(4), 701-709.
- Sharma, M., Kristo, E., Corredig, M., & Duizer, L. (2017). Effect of hydrocolloid type on texture of pureed carrots: Rheological and sensory measures. *Food Hydrocolloids*, 63, 478-487.
- Sharma, M., Pico, J., Martinez, M. M., & Duizer, L. (2020). The dynamics of starch hydrolysis and thickness perception during oral processing. *Food Research International*, 134, 109275.
- Suhag, Y., Nayik, G. A., Karabagias, I. K., & Nanda, V. (2021). Development and Characterization of a Nutritionally Rich Spray-Dried Honey Powder. *Foods*, 10(1), 162.
- Sukkar, S. G., Maggi, N., Travalca Cupillo, B., & Ruggiero, C. (2018). Optimizing Texture Modified Foods for Oro-pharyngeal Dysphagia: A Difficult but Possible Target? *Frontiers in Nutrition*, 5.
- Talens, P., Castells, M. L., Verdú, S., Barat, J. M., & Grau, R. (2021). Flow, viscoelastic and masticatory properties of tailor made thickened pea cream for people with swallowing problems. *Journal of Food Engineering*, 292, 110265.
- Thombare, N., Jha, U., Mishra, S., & Siddiqui, M. Z. (2016). Guar gum as a promising starting material for diverse applications: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 88, 361-372.
- UNE-ISO 4121. (2003). *Sensory analysis. Guidelines for the use of quantitative response scale*. AENOR.
- Vieira, J. M., Oliveira, F. D., Salvaro, D. B., Maffezzolli, G. P., de Mello, J. D. B., Vicente, A. A., & Cunha, R. L. (2020). Rheology and soft tribology of thickened dispersions aiming the development of oropharyngeal dysphagia-oriented products. *Current Research in Food Science*, 3, 19-29.
- Yang, H.-W., Dai, H.-D., Huang, W.-C., & Sombatngamwilai, T. (2020). Formulations of dysphagia-friendly food matrices with calorie-dense starchy thickeners and their stability assessments. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(6), 3089-3102.