



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



INSTITUTO DE INGENIERÍA DE
ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ENRIQUECIMIENTO DE CREMAS DE VERDURAS CON HARINA DE LEGUMBRE. EFECTO EN LA REOLOGÍA, COMPORTAMIENTO EN BOCA Y PROPIEDADES SENSORIALES

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN GESTION DE
SEGURIDAD Y CALIDAD ALIMENTARIA

ALUMNO/A: LUIS ALFREDO ABREU QUEZADA

TUTOR/A ACADEMICO: DRA. PURIFICACIÓN GARCÍA SEGOVIA

COTUTOR/A: DRA. SUSANA FISZMAN

DRA. AMPARO TÁRREGA

DIRECTOR EXPERIMENTAL: DRA. MARÍA ALEJANDRA AGUDELO

Curso Académico: 2016/2017

VALENCIA, SEPTIEMBRE 2017

ENRIQUECIMIENTO DE CREMAS DE VERDURAS CON HARINA DE LEGUMBRE. EFECTO EN LA REOLOGÍA, COMPORTAMIENTO EN BOCA Y PROPIEDADES SENSORIALES

Abreu Q., L.¹; Tarrega, A.²; Agudelo, M.A.²; Fiszman, S.²; García S., P.¹

RESUMEN

Las cremas o purés de verduras son un alimento adecuado para consumir por determinados grupos de población que presentan dificultades de masticación. Sin embargo, estos grupos suelen presentar deficiencias en cuanto a la ingesta de nutrientes. El uso de harinas de legumbres ricas en proteína es una excelente opción para el enriquecimiento nutricional de cremas de verduras. En este contexto, el objetivo planteado en este trabajo es estudiar el efecto de la adición de diferentes harinas de legumbres en las características reológicas de las cremas de verdura, en su comportamiento en boca y en sus propiedades sensoriales. Se formularon 8 muestras: una control preparada solo con puré de verduras, otra con puré de verduras y adición de almidón de tapioca modificado y 6 formulaciones enriquecidas con proteína mediante la adición de distintos tipos de harina de legumbre (lenteja o garbanzo) con distinto contenido en proteína (20 o 55%). Se estudiaron dos niveles de proteína en el producto final: nivel 1 (0,75 g de proteína/100g de formulación) y nivel 2 (1,25 g de proteína/100g de formulación). El comportamiento de flujo de las cremas de verduras se midió en un reómetro de esfuerzo controlado, utilizando un sistema de platos paralelos (PP60 Ti) de 60 mm de diámetro y con 1 mm de espacio entre platos. Las curvas de flujo de las muestras se obtuvieron registrando los valores de esfuerzo a velocidades de cizallamiento ascendente de 1 a 200 s⁻¹ durante 60 s y luego en secuencia inversa durante el mismo tiempo a 35 °C. Los cambios de viscosidad o rotura estructural de las muestras, por acción de la saliva, simulando el procesamiento oral, se determinaron usando una *Starch Pasting Cell* (SPC) adaptada a un reómetro de esfuerzo controlado. Las medidas se efectuaron a velocidad de cizallamiento de 10 s⁻¹ durante 120 s a 35°C. Las diferencias sensoriales se evaluaron mediante pruebas de ordenación. 62 catadores evaluaron la intensidad de los atributos (consistencia manual, sabor a legumbre, consistencia bucal y cremosidad) y también la preferencia. Los resultados muestran que el efecto de la adición de harinas de legumbre varió en gran medida dependiendo principalmente de la cantidad de proteína en la harina. Cuando se utilizó la harina de legumbre con alto porcentaje de proteína (55%) no produjo cambios en la

¹Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo (IIAD). Departamento de Tecnología de Alimentos. Universitat Politècnica de València. C/ Camino de Vera, s/n, 46022, Valencia, España.

²Instituto de Agroquímica y Tecnología de alimentos (IATA-CSIC). Agustín Escardino 7, 46980, Paterna, Valencia, España.

viscosidad, ni en el comportamiento oral ni en las propiedades sensoriales de las cremas. Esta harina resulta interesante si lo que desea el fabricante es enriquecer las cremas de verdura con proteína sin cambiar la estructura del alimento (específicamente su textura). En cambio, las harinas de legumbre con bajo porcentaje de proteína (20%) producen un incremento muy importante en la viscosidad, modifican el comportamiento en boca e incrementan la consistencia, la cremosidad y el sabor a legumbre. Esto supone una limitación en la cantidad que se puede utilizar. Sin embargo a baja concentración, estas harinas pueden ser una buena elección para desarrollar productos con nuevas textura y sabor ya que presentaron mayor aceptabilidad por los consumidores.

PALABRAS CLAVES: Propiedades reológicas, crema de verdura, enriquecimiento en proteína, procesamiento oral.

RESUM

Les cremes o purés són un aliment adequat per a consumir per determinats grups de població que presenten dificultats de masticació. No obstant això, estos grups solen presentar deficiències quant a la ingesta de nutrients. L'ús de harines de llegums riques en proteïna és una excellent opció per a l'enriquiment nutricional de cremes de verdures. En este context, l'objectiu plantejat en este treball és estudiar l'efecte de l'addició de diferents farines de lleguminoses en les característiques reològiques de les crema de verdura, en el seu comportament en boca i en les seues propietats sensorials. Es van formular 8 mostres: una control preparada només amb puré de verdures, una altra amb puré de verdures i addició de midó de tapioca modificat i 6 formulacions enriquides amb proteïna a què li ls va addicionar farines de lleguminoses (llentilles i cigró) amb 20 i 55% de proteïna. Es van avaluar 2 nivells de proteïna: nivell 1 (0,75 g de proteïna/100g de formulació) i nivell 2 (1,25 g de proteïna/100g de formulació). El comportament de flux es va mesurar en un reòmetre d'esforç controlat, utilitzant un sistema de plats paral·lels (PP60 Tu) de 60 mm de diàmetre i amb 1 mm d'espai entre plats. Les corbes de flux de les mostres es van obtenir registrant els valors d'esforç a velocitats de cisalla ascendent d'1 a 200 s⁻¹ durant 60 s i després en seqüència inversa durant el mateix temps a 35 °C. Els canvis de viscositat o ruptura estructural de les mostres, per acció de la saliva, simulant el processament oral, es van determinar usant una Starch Pasting Cell (SPC) adaptada a un reòmetre d'esforç controlat. Es van efectuar a velocitat de cisallament de 10 s⁻¹ durant 120 s a 35°C. Les diferències sensorials es van avaluar per mitjà de proves d'ordenació. 62 tastadors van avaluar la intensitat dels atributs (consistència manual, sabor a llegum, consistència bucal, cremosidad) i també la preferència. Els resultats mostren que l'efecte de l'addició de farines de llegum va variar en gran manera depenent principalment de la quantitat de proteïna en la farina. Quan s'utilitzen la farina de llegum amb alt percentatge de proteïna (55%) no va produir canvis en la viscositat, ni en el comportament oral ni en les propietats

sensorials de les cremes. Esta farina resulta interessants si el que desitja el fabricant és enriquir les cremes de verdura amb proteïna sense canviar l'estructura de l'aliment (específicament la seua textura). En canvi, les farines de llegum amb baix percentatge de proteïna (20%) produeixen un increment molt important en la viscositat, modifiquen el comportament en boca i incrementen la consistència, la cremosidad i el sabor a llegum. Açò suposa una limitació en la quantitat que es pot utilitzar. No obstant això a baixa concentració, estes farines poden ser una bona elecció per a desenrotllar productes amb noves textura i sabor ja que van presentar major acceptabilitat pels consumidors.

PARAULES CLAU: Propietats reològiques, crema de verdura, enriquiment en proteïna, processament oral.

ABSTRACT

Vegetable creams or purees are suitable food to be consumed by certain population groups that present difficulties of chewing. However, these groups often present deficiencies in nutrient intake. The use of protein-rich legumes is an excellent choice for nutritional enrichment of vegetable creams. In this context, the objective of this work is to study the effect of the addition of different leguminous flours on the rheological characteristics of vegetable cream, its behavior in the mouth and its sensorial properties. Eight samples were formulated: a control prepared only with vegetable puree, another with vegetable puree and addition of modified tapioca starch and 6 formulations enriched with protein to which were added leguminous flours (lentils and chickpeas) with 20 and 55 % Protein. Two levels of protein were evaluated: level 1 (0.75 g protein / 100g formulation) and level 2 (1.25 g protein / 100g formulation). The flow behavior was measured in a controlled stress rheometer using a parallel plate system (PP60 Ti) of 60 mm diameter and with 1 mm of space between plates. The flow curves of the samples were obtained by recording the stress values at ascending shear rates of 1 to 200 s⁻¹ for 60 s and then in reverse sequence during the same time at 35 ° C. Changes in viscosity or structural rupture of the samples by saliva, simulating oral processing, were determined using a Starch Pasting Cell (SPC) adapted to a controlled stress rheometer. They were performed at 10 sec⁻¹ shear rate for 120 s at 35 ° C. Sensorial differences were assessed by order tests. 62 tasters evaluated the intensity of attributes (manual consistency, legume flavor, oral consistency, creaminess) and also preference. The results show that the effect of the addition of legume flours varied greatly depending mainly on the amount of protein in the flour. When used Flour meal with high protein percentage (55%) did not change viscosity, oral behavior or sensory properties of creams. This flour is interesting if what the manufacturer wants is to enrich vegetable creams with protein without changing the structure of the food (specifically its texture). In contrast, low-protein (20%) vegetable flours produce a very significant increase in viscosity, modify the behavior in the mouth and increase consistency, creaminess and legume flavor. This is a

limitation on the amount that can be used. However at low concentration, these flours may be a good choice to develop products with new texture and taste as they were more acceptable by consumers.

KEYWORDS: Rheological properties, vegetable cream, protein enrichment, oral processing.

INTRODUCCION

Existe un gran número de personas que no se nutren de la manera más adecuada por diferentes razones. Entre ellas, se puede mencionar la disfagia o dificultad para tragar alimentos de ciertas texturas; esta enfermedad es muy frecuente en ancianos y enfermos de Alzheimer, y puede alterar de una forma importante la calidad de vida y agravar su problema de malnutrición al no poder consumir alimentos sólidos y por lo tanto no ingieren ciertos nutrientes presentes en este tipo de alimentos (Aguilera, 2009). El enriquecimiento con proteínas es una mejora nutricional comúnmente necesaria en productos diseñados para cubrir los requerimientos nutricionales de este grupo poblacional y de otros grupos como deportistas, y en el diseño de productos saciantes y suplementarios para dietas vegetarianas y veganas.

Los purés o cremas de verduras obtenidos de patata, zanahoria, calabacín, etc. tienen especial aceptación por parte del consumidor español. Se preparan a base de cocer la verdura fresca y troceada siguiendo una preparación tradicional mediante homogeneizado y tamizado hasta alcanzar la consistencia y textura deseadas (Fernández, 2008). Sin embargo, las verduras presentan deficiencias en cuanto al contenido de proteína, por tal razón elaborar un puré de verdura con harinas de legumbres es una excelente opción para su enriquecimiento nutricional. Además, se les puede dar una textura adecuada para las personas que no pueden ingerir cualquier tipo de textura. Las legumbres también forman parte de la dieta mediterránea y son de gran interés por su valor nutritivo como fuente de proteína, hidratos de carbono, fibra, minerales, vitaminas hidrosolubles y compuestos fenólicos (Aguilera, 2009). Las harinas de legumbres son relativamente nuevas fuentes de proteínas (Torre et al., 2014) y una buena alternativa a las proteínas más comunes como las de soja y suero de leche, porque están libres de alérgenos, permiten tener una etiqueta limpia y son una fuente sostenible de proteínas.

Actualmente, existe en el mercado una amplia gama de cremas de verduras que presentan una gran variabilidad en cuanto a sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales, dependiendo no solo del tipo de verdura sino también en función de las diferentes marcas existentes. Están compuestas principalmente de agua, hortalizas, espesantes o aditivos (estabilizantes, colorantes y potenciadores del sabor). Las características particulares de cada uno de estos ingredientes, sus cantidades relativas y las interacciones entre ellos, pueden dar lugar a diferencias notables en las propiedades reológicas y sensoriales del producto final que pueden incidir en la respuesta del consumidor (Martínez et al., 2011).

En las últimas décadas se han realizado avances en la caracterización de la rotura estructural de los alimentos durante el procesamiento oral y establecer posibles correlaciones entre el comportamiento reológico del alimento en boca y la percepción sensorial (Chen, 2009).

El procesamiento oral consiste en triturar los alimentos sólidos en partículas de tamaños pequeños, mezclarlos con la saliva y formar un bolo que luego se traga y transfiere al estómago. Independientemente del estado

inicial todos los alimentos sufren una conversión a una forma que es cómoda y segura adecuada para tragar (Stokes et al., 2013).

Tanto la percepción sensorial como la rotura estructural de los alimentos se ven además normalmente afectadas por la acción de la saliva debida a los numerosos compuestos que presenta, entre los cuales están las proteínas (mucinas) que desempeñan un posible papel en la quimiorrecepción del gusto y en la percepción de la astringencia, viscosidad y otros atributos o sensación de boca. También la alfa amilasa presente en la saliva inicia la digestión del almidón en la boca, mediante el rompimiento de las cadenas largas de glucosa en los enlaces alfa (1-4), lo cual reduce la capacidad del almidón para ligar agua dando por resultado una menor viscosidad del producto (Engelen et al., 2007). La interacción de la enzima amilasa con el almidón produce un efecto casi inmediato sobre la hidrólisis y, por lo tanto, hace que el alimento sea fácilmente mezclable y digerible en el estómago (Hoebler et al., 2000).

Las propiedades organolépticas de los alimentos, incluida la percepción de la textura, dependen de la constante evolución del estado de los alimentos durante el procesamiento oral, así como el cambio de la película salivar que cubre las superficies orales y de la propia saliva. Utilizar el conocimiento del procesamiento oral en el diseño racional de los alimentos es un reto y son necesarias técnicas de medición *in vitro* que proporcionan una visión mecánica de la textura en boca y puedan usarse en el diseño de la estructura alimentaria. Y lógicamente, también requieren validación usando estudios *in vivo* (Stokes et al., 2013).

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de harinas de legumbre (lenteja y garbanzo) con diferente concentración de proteína, sobre las propiedades reológicas, el comportamiento en boca y las propiedades sensoriales de cremas de verduras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ingredientes

Los ingredientes utilizados fueron zanahoria congelada (0,7% proteína, zanahoria baby, Dujardin, Bélgica), cebolla troceada congelada (1,2% proteína, Hacendado, España), aceite refinado de girasol (Hacendado, España), caldo casero de verdura (0,3% proteína, Gallina Blanca), almidón de tapioca (0,4% de proteína, humedad 10,5%, hidroxipropil fosfato de almidón, C* cream tex 75720, Cargill, Tailandia), harina de lenteja (55% proteína, 4% de almidón, 8% humedad y tamaño de partícula mínimo 90% en el tamiz de 74um, Vitessence Pulse 2550, Ingredion, Reino Unido), harina de lenteja (20% proteína, 40% de almidón, 13% humedad y tamaño de partícula mínimo 95% en el tamiz de 149 um, Homecraft Pulse 2101, Ingredion, Reino Unido), harina de garbanzo (20% proteína, 30% de almidón, 13% humedad y tamaño de partícula mínimo 95% en el tamiz de 149 um, Homecraft Pulse 4101, Ingredion, Reino Unido), sal refinada de mesa (Hacendado, España).

Preparación de las muestras

Se formularon 8 muestras de crema de verduras: una muestra control preparada solo con puré de verduras, otra con puré de verduras y con almidón de tapioca modificado para obtener una textura similar a la de las cremas de verduras comerciales y 6 formulaciones enriquecidas con proteína mediante la adición de harina de legumbre. Se evaluaron 2 niveles de proteína: nivel 1 (0,75 g de proteína/100g de formulación) y nivel 2 (1,25 g de proteína/100g de formulación).

TABLA 1. Ingredientes y formulación de las muestras

Muestra	Ingredientes g/100g					
	*Puré	AT	HG20	HL20	HL55	Agua
C	81,75	0	0	0	0	18,25
AT	81,75	1	0	0	0	17,52
HL20 1	81,75	0	4,31	0	0	13,94
HL20 2	81,75	0	7,18	0	0	11,07
HG20 1	81,75	0	0	4,31	0	13,94
HG20 2	81,75	0	0	7,18	0	11,07
HL55 1	81,75	0	0	0	1,56	16,69
HL55 2	81,75	0	0	0	2,61	15,64

*Todas las muestras contienen 81,75 g de puré /100g muestra, composición del puré: 45,9 g de zanahoria/100g de puré, 41,6 g de caldo de verduras /100g de puré, 9,8 g de cebolla /100g de puré, 2,4 g de aceite /100g de puré, 0,3 g de sal /100g de puré.

AT: Almidón de tapioca modificado, HG20: harina de garbanzo con 20% de proteína, HL20: harina de lenteja con 20% de proteína, HL55: harina de lenteja con 55% de proteína.

Las muestras de crema de verdura se prepararon en un equipo de cocción culinaria (Thermomix) provisto con controles de temperatura y velocidad de agitación. Se colocaron el aceite y la cebolla pesados en el equipo a una velocidad de 2000 rpm durante 4 s. Se calentó a 100 °C durante 4 min a 100 rpm; se incorporaron la zanahoria, el caldo y la sal, y se mantuvo durante 15 minutos a 40 rpm (velocidad cuchara) a 100 °C. Se trituró la mezcla a 6500 rpm durante 25 s a 80 °C. Se recogió todo el producto que pudiera haber quedado en la pared del recipiente y se mantuvo 2 min a 40 rpm a 80 °C. Se hizo una segunda trituración a 6500 rpm durante 20 s a 80 °C. En las muestras que corresponden se dispersó el almidón en el agua, se añadió a la mezcla, y se mantuvo durante 15 min a 80°C a 700 rpm. Las muestras se dejaron enfriar a temperatura ambiente durante 30 min y se almacenaron en frascos plásticos a 4 °C por 24 horas. Se realizaron dos repeticiones de cada muestra en días diferentes.

Preparación de saliva artificial

La saliva artificial se preparó siguiendo el método descrito por Morell et al. (2014) que a su vez es una modificación del utilizado por (Mishellany-Dutour et al. (2011)). Se mezclaron: agua destilada, bicarbonato de sodio

(5,208 g/L), fosfato de potasio (1,369 g/L), cloruro de sodio (0,877 g/L), cloruro de potasio (0,477 g/L), cloruro de calcio (0,441 g/L), mucina de estómago de porcino tipo II (PGM) (Sigma, M2378) (2,16 g/L) y alfa-amilasa tipo VIB de páncreas porcina (Sigma, A3176) (8,70 g/L). Cada día de ensayo se preparó saliva artificial nueva.

Colección de saliva humana estimulada

Se recogió saliva de un donante humano con la cual se hicieron unos ensayos preliminares de comparación del efecto de la saliva humana con la saliva artificial sobre algunas muestras de las cremas de verduras. El procedimiento para obtener la saliva se realizó de acuerdo con Sanz y Luyten, (2006): el donante se enjuagó la boca tres veces con agua antes de la estimulación, luego masticó una lámina cuadrada de 5x5 cm de parafina sin sabor (Parafilm, Bemis, Estados Unidos) durante 30 min y recoge la saliva producida continuamente, en un vaso de precipitados colocado dentro de un baño con hielo. La saliva se empleó siempre antes de transcurridas 2 horas y se conserva en todo momento a 4°C hasta su uso.

Determinación de las propiedades reológicas

CURVAS DE FLUJO

La medida del comportamiento de flujo se realizó en un reómetro de esfuerzo controlado RS1 (Thermo Haake, Karlsruhe, Alemania), utilizando un sistema de platos paralelos (PP60 Ti) de 60 mm de diámetro y con 1 mm de espacio entre platos y monitorizado con el software Rheo Win Job Pro v 3.1 (Thermo Haake, Karlsruhe, Alemania). La temperatura se mantuvo constante a 35 °C durante las mediciones, utilizando un dispositivo de circulación Phoenix P1 (Thermo Haake, Karlsruhe, Alemania). Cada muestra se midió al menos por duplicado, utilizando una muestra fresca para cada medición. Después de colocar la muestra en el reómetro, se dejó reposar durante 5 min para alcanzar la temperatura deseada. Las curvas de flujo de las muestras se obtuvieron registrando los valores de esfuerzo al aplicar velocidades de cizallamiento de 1 a 200 s⁻¹ durante 60 s y luego en secuencia inversa durante el mismo tiempo. Los datos obtenidos de la curva de flujo se ajustaron al modelo de Ostwald–de Waale con la ecuación 1.

$$\sigma = K \dot{\gamma}^n \quad (1)$$

Donde σ (Pa) es el esfuerzo de cizallamiento, $\dot{\gamma}$ (s⁻¹) es el gradiente de velocidades, K (Pa sⁿ) es el índice de consistencia y n es el índice de comportamiento al flujo.

CAÍDA DE LA VISCOSIDAD DURANTE EL PROCESADO ORAL IN VITRO

Los cambios de viscosidad debido a la rotura estructural por acción de la saliva y la manipulación oral, se estudió *in vitro* usando una *Starch Pasting*

Cell (SPC) adaptada a un reómetro de esfuerzo controlado (AR-G2, TA-Instruments, Inglaterra). La SPC consiste en una pala impulsora y un contenedor cilíndrico (3,6 cm de diámetro y 6,4 cm de alto). Se adicionaron 20 gr de la muestra en el contenedor cilíndrico, se atemperó a 35 °C, se adicionaron 2 ml de saliva o agua. Se efectuaron dos ensayos diferentes a dos velocidades de cizallamiento diferentes (10 s^{-1} y 50 s^{-1}) durante 120 s a temperatura constante de 35 °C, aunque en este trabajo sólo se presentan los resultados de las experiencias realizadas a 10 s^{-1} . Los datos de viscosidad aparente en el tiempo se registraron y se analizaron con el software de análisis de TA instruments.

Evaluación Sensorial

Se prepararon 6 muestras (C, AT, HL20, HL55, HL55 y HG20) y se almacenaron a 4 °C durante 24 horas. La evaluación sensorial de las muestras se llevó a cabo mediante pruebas de ordenación con el programa Compusense Cloud (Canadá). Participaron 62 catadores. Se evaluaron 4 atributos: consistencia manual, sabor a legumbres, cremosidad y consistencia en boca. A cada catador se le entregaron las 6 muestras (aproximadamente 30 gr de cada una) y se les pidió que las ordenaran de menor a mayor intensidad en cada atributo. Las muestras se sirvieron a 35 °C en vaso térmicos desechables de 100 ml con una cuchara pequeña y codificadas con números de 3 dígitos generados al azar. Al final se les pidió que las ordenaran según su preferencia desde la muestra que menos hasta la que más les gustó.

Análisis de datos

Se realizaron análisis de la varianza (ANOVA), para estudiar el efecto de la adición de diferentes tipos de harina de legumbre sobre las propiedades reológicas de las cremas de verdura y se comparó con las muestras control. Se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey para determinar las diferencias entre muestras ($\alpha=0,05$). Todos los cálculos fueron realizados usando el programa estadístico XLSTAT (Addinsoft, France).

Para el tratamiento de los datos obtenidos en la evaluación sensorial se hicieron pruebas de Friedman para datos no paramétricos y el test de Tukey para estudiar las diferencias entre muestras.

RESULTADOS Y DISCUSION

Comportamiento de flujo de las cremas de verduras comerciales

Inicialmente con el fin de conocer las características reológicas que presentan las cremas de verduras disponibles en el mercado español, se analizaron 5 cremas de marcas conocidas para observar su comportamiento reológico, los resultados se pueden ver en la figura 1. Las cremas comerciales analizadas presentaron comportamiento al flujo dependiente del

tiempo y pseudoplástico caracterizado por el modelo de Ostwald-de Waele con ajustes de regresión entre (0,93-0,99), los valores del índice de consistencia (K) que variaron entre 3,46 y 55,65 Pa.sⁿ y valores del índice de flujo (n) entre 0,06 y 0,38.

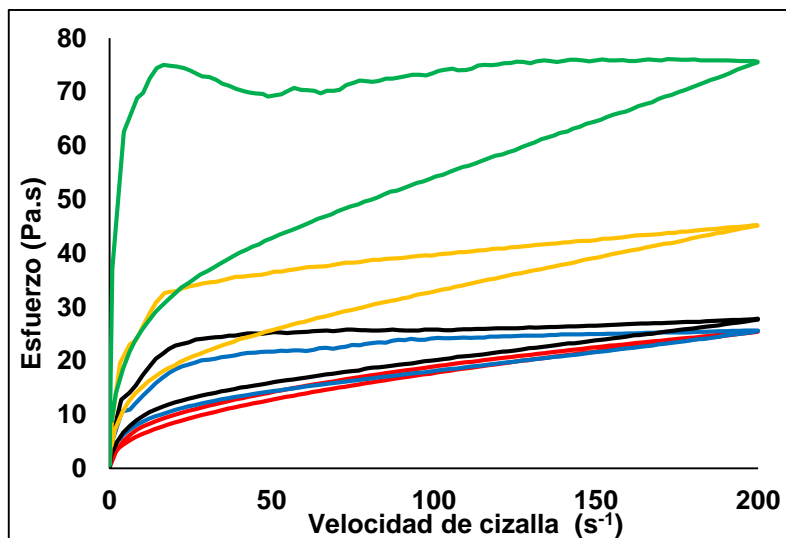


FIGURA 1. Curvas de flujos de las cremas comerciales a 35°C y velocidad de cizallamiento de 1-200 y 200-1 (s⁻¹). — C1; Crema 1 (Alicia Knorr), — C2; Crema 2 (Ligeresa Knorr), — C3; Crema 3 (Crema de calabaza Carrefour), — C4; Crema 4 (Verduras de la Huerta), — C5; Crema 5 (Verduras Mediterránea de Carrefour).

Efecto de la adición de harinas de legumbres en el comportamiento de flujo de las cremas de verduras

En principio se prepararon un total de 8 muestras de crema de verduras (C, AT, HL20 1, HL20 2, HG20 1, HG20 2, HL55 1, HL55 2) siguiendo las formulaciones descritas en la tabla 1. Las muestras HL20 2 y HG20 2 elaboradas con harinas con bajo porcentaje de proteína (20%) presentaron una consistencia muy elevada en comparación con el resto y muy por encima del intervalo de variación observado para las muestras comerciales. Esto se debe probablemente a que para alcanzar el nivel alto de proteína propuesto, se adicionó una cantidad elevada de harina que además contenía un alto porcentaje de almidón, que durante la gelatinización, capta agua incrementando así la viscosidad. Estas dos muestras se descartaron del estudio por presentar una textura no adecuada para crema de verduras.

Al igual que las cremas de verduras comerciales, las muestras mostraron un comportamiento de flujo dependiente del tiempo y pseudoplástico que se ajustó bien ($0,94 \leq R^2 \leq 0,99$), al modelo de Ostwald-de Waele con valores de K entre 2,23- 39,12 Pa.sⁿ y los valores de n entre (0,12- 0,39). Los rangos de los valores de caracterización de las muestras están también dentro del rango de características de las cremas de verduras comerciales (Tabla 2).

TABLA 2. Parámetros de flujo de ajuste al modelo Ostwald-de Waele y área tixotrópica de las cremas de verduras.

*Muestra	Parámetros de flujo		Área Tixotrópica
	K	n	
HL20	39,12 a	0,12 d	2155 a
HG20	29,37 b	0,14 d	2105 a
AT	9,24 c	0,25 c	239 b
HL55 1	3,99 cd	0,32 b	198 bc
HL55 2	3,63 cd	0,32 b	94 cd
C	2,23 d	0,39 a	19 d
p valor	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Significativo	Sí	Sí	Sí

Las letras diferentes en la misma columna indican que existen diferencias significativas ($p > 0.05$) de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de Tukey, * ver descripción en la tabla 1, K (Pa s^n) es el índice de consistencia y n es el índice de flujo

En la figura 2 se observan las curvas de flujo; se puede ver que algunas muestras presentaron tixotropía, siendo más evidente en las muestras con harinas de menor contenido en proteína, la HL20 y HG20. Los valores del área tixotrópica estuvieron entre 19- 2155 Pa.

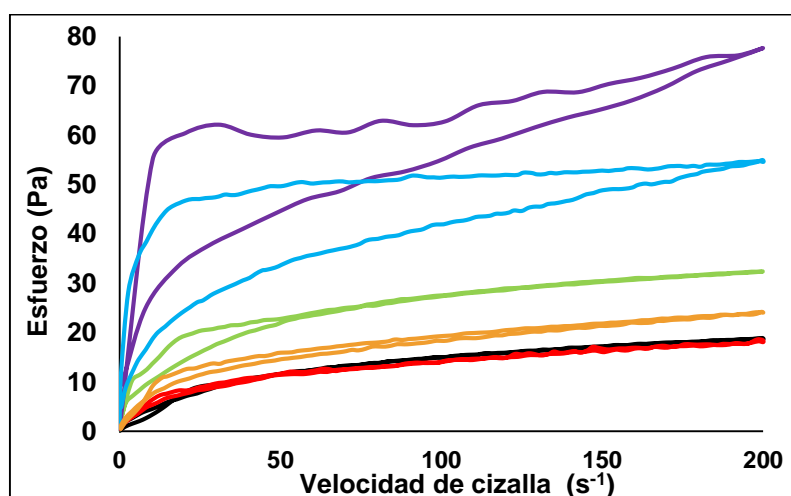


FIGURA 2. Curvas de flujos de las muestras de cremas de verduras a 35°C y velocidades de cizallamiento de 1-200 y 200-1 (s^{-1}). — C: Muestra Control, — AT; Almidón de Tapioca, — HL20; Harina de Lenteja con 20% de proteína, — HG20; Harina de Garbanzo con 20% de proteína, — HL55 1; Harina de Lenteja (55% de proteína) con 0,75g de proteína/100g de formulación, — HL55 2; Harina de Lenteja (55% de proteína) con 1,25g/100g de formulación.

Cambios reológicos en boca mediante estudio *in vitro*

Con el propósito de conocer si existía diferencia entre la simulación con saliva artificial y saliva humana, se realizaron pruebas preliminares con las

cremas de verduras bajo la acción de saliva humana y al mismo tiempo con saliva artificial usando los mismos parámetros. Los resultados fueron muy similares y por tanto se decidió utilizar saliva artificial en lugar de humana por la complejidad que llevaba realizar el estudio con esta última.

Las curvas de los valores de viscosidad aparente con el tiempo de agitación y tras la adición de saliva se ajustaron a un modelo cinético de rotura estructural de segundo orden (Ecuación 2) que refleja la destrucción de la estructura interna de las muestras causadas por el cizallamiento y la actividad de la saliva.

$$[(\eta_0 - \eta_e) / (\eta - \eta_e)] = kt + 1 \quad (2)$$

donde η_0 (Pa.s) es la viscosidad aparente inicial cuando el tiempo (t) tiende a cero, η_e (Pa.s) es la Viscosidad aparente en equilibrio cuando el tiempo tiende a infinito y llega a un estado de equilibrio y k (s^{-1}) es la constante de velocidad de rotura de la estructura.

Las muestras HL20, HG20 y AT sometidas a la acción de la saliva a una velocidad de cizallamiento de $10 s^{-1}$ presentaron rotura en su estructura disminuyendo su viscosidad aparente con el tiempo. Por el contrario, las muestras C, HL55 1 y HL55 2 que presentaron una estructura inicial más débil, mantuvieron valores de viscosidad constantes bajo la acción de la saliva o del agua. La muestra HL20 tuvo la mayor caída en su viscosidad y por lo tanto mayor rotura estructural; esto es debido a su alto contenido de almidón y la muestra con más baja viscosidad y sin rotura fue la muestra control, a la cual no se le adicionó ninguna harina. Este mismo comportamiento de viscosidad constante durante la simulación en boca, lo presentaron también las muestras con la harina que contenía 55 % de proteína (HL55 1 y HL55 2). Estos resultados se pueden observar en la figura 3a.

En la figura 3b se observan las muestras después de adicionar 2 ml de agua, bajo las mismas condiciones de simulación en boca que con la adición de saliva artificial; en las mismas muestras que presentan rotura de la estructura con la saliva, se observa también una caída en la viscosidad pero mucho menor y debida a la dilución y a la velocidad de deformación. Se puede observar que la muestra control sin harinas ni almidón y las muestras que tienen harina de legumbres con mayor proporción de proteína (y menor proporción de almidón) en su estructura (C, HL55 1 y HL55 2) mantuvieron sus viscosidades constantes durante los 2 minutos de simulación, no se observó rotura de la estructura.

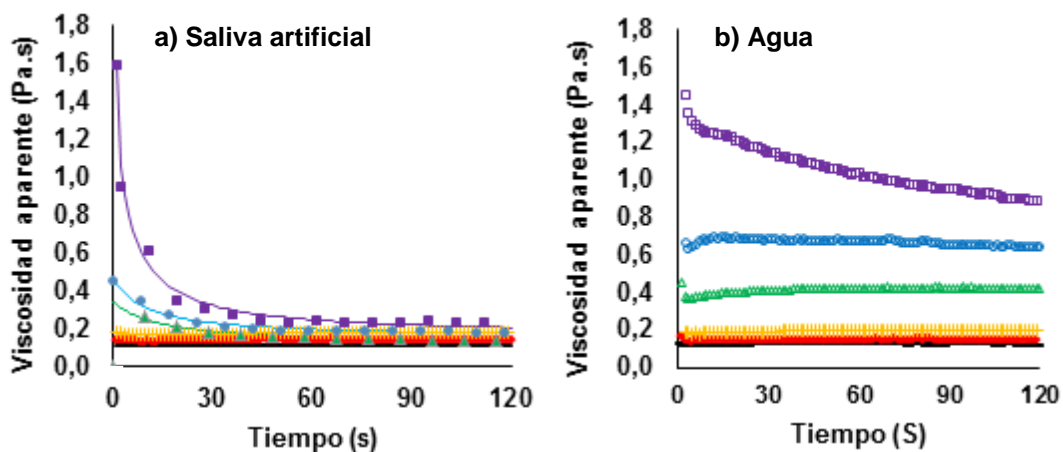


FIGURA 3. Caída de la viscosidad aparente de las cremas de verduras durante la simulación de proceso en boca a velocidad de cizallamiento constante de 10 s^{-1} y temperatura de 35°C . a) 2ml de saliva artificial, b) 2ml de agua. \blacktriangle AT: Almidón de Tapioca, \bullet HG20: Harina de Garbanzo con 20 % de proteína, \blacksquare HL20; Harina de Lenteja con 20 % de proteína, $—$ C; Control, \blacklozenge HL55 1; Harina de Lenteja (55% de proteína) con 0,75g de proteína/100g de formulación, $+$ HL55 2; Harina de Lenteja (55% de proteína) con 1,25g/100g de formulación. Las líneas continuas en la gráfica son el ajuste al modelo de estructura cinética.

En la tabla 3 se presentan los parámetros del modelo cinético de rotura estructural, en los cuales se encontraron diferencias significativas entre todas las muestras. La velocidad mayor de rotura de la estructura la presentó la muestra HL20, que presentaba mayor estructura inicial por su mayor contenido de almidón.

TABLA 3. Parámetros del modelo cinético de rotura estructural de las cremas de verduras a 10 s^{-1}

*Muestra	Parámetros del modelo cinético		
	η_0	η_e	K
HL20	1,652 ab	0,166 ab	0,301 a
HG20	0,501 b	0,163 b	0,088 b
AT	0,380 c	0,088 d	0,067 bc
HL55 1	0,132 d	0,132 bc	<0,001 c
HL55 2	0,179 d	0,179 a	<0,001 c
C	0,113 d	0,113 cd	<0,001 c
p valor	< 0,0001	<0,001	<0,0001
Significativo	Sí	Sí	Sí

Las letras diferentes en la misma columna indican que existen diferencias significativas ($p > 0.05$) de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de Tukey. η_0 (Pa.s) es la viscosidad aparente inicial, η_e (Pa.s) es la Viscosidad aparente en equilibrio y $k(\text{s}^{-1})$ es la constante de rotura estructural. * ver descripción en la tabla 1.

Efecto del enriquecimiento con harina de legumbres en las características sensoriales de crema de verdura

Los resultados del análisis de Friedman mostraron que las muestras presentaron diferencias significativas, en cuanto a consistencia manual ($F=262,25$, $p<0,001$), sabor a legumbre ($F=18,52$, $p<0,001$), consistencia en boca ($F=216,77$, $p<0,001$), cremosidad ($F=126,79$, $p<0,001$) y preferencia ($F=115,06$, $p<0,001$).

En general, y como se puede observar en la figura 7, la adición de harina de garbanzo o lenteja con un 20% de proteína, para conseguir cremas con un 0,75% de proteína produjo un aumento significativo del sabor a legumbre, la consistencia y la cremosidad. Sin embargo la harina de lenteja con 55% de proteína, no modificó sensiblemente las propiedades sensoriales de las cremas (0,75 y 1,25%) con respecto a las muestras control con o sin espesante.

Aunque las diferencias en preferencia fueron poco significativas, los consumidores mostraron mayor preferencia por la muestra enriquecida con harina de garbanzo con 20% proteína (HG20) que por las muestras control y HL55 1 que fueron las que menos gustaron.

Existe una correlación evidente entre los resultados de las mediciones reológicas y la percepción sensorial de consistencia. La consistencia manual pareció estar más relacionada con los valores del índice de flujo y la percibida en boca más relacionada con los valores del área tixotrópica. Manualmente, los consumidores discriminaron mejor las diferencias en viscosidad entre muestras más viscosas y en boca discriminaron mejor las diferencias en viscosidad de muestras poco viscosas.

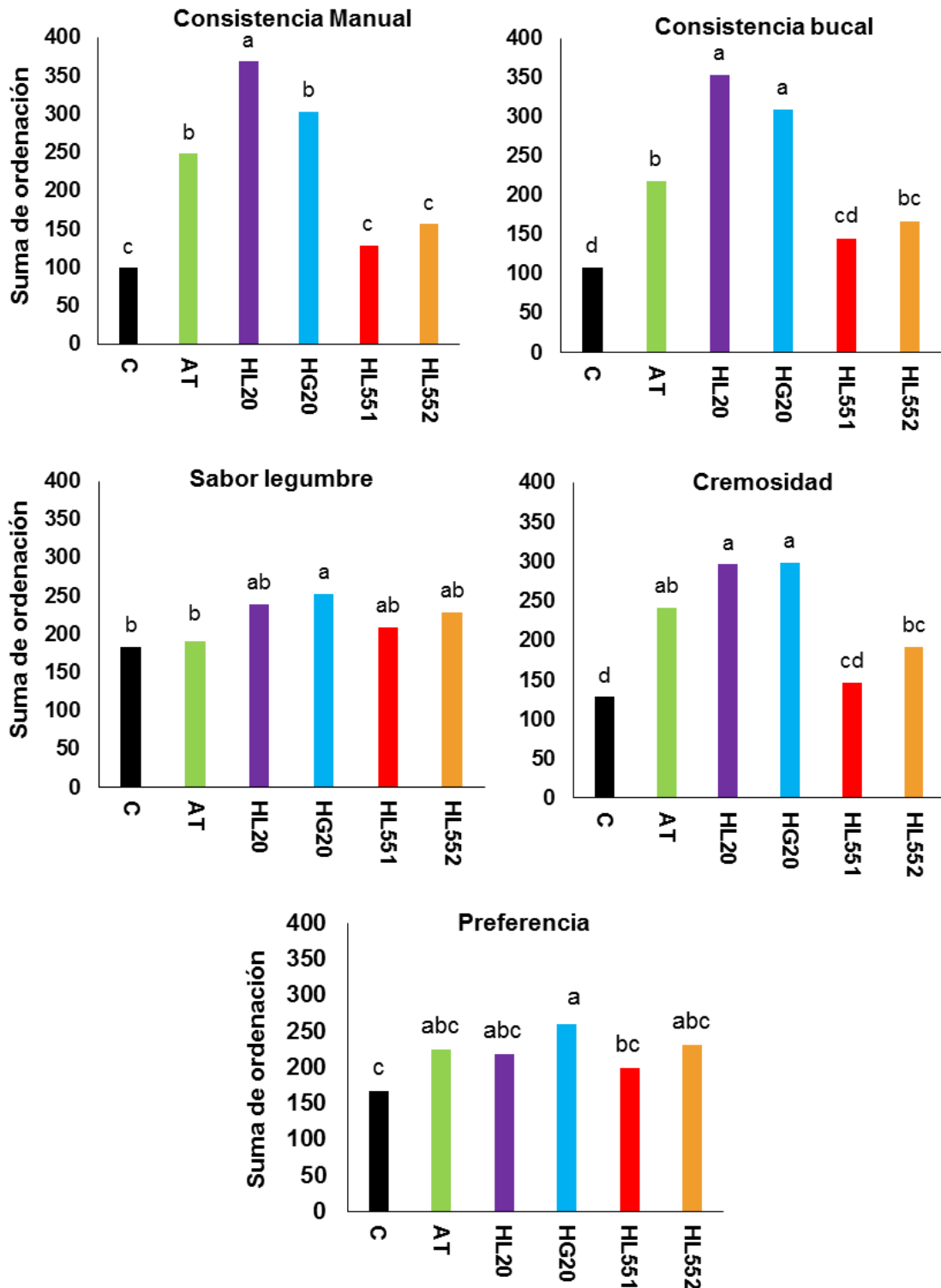


FIGURA 7. Resultados de la evaluación sensorial (prueba de ordenación) de las diferentes cremas de verduras para cada atributo y la preferencia. Las letras diferentes sobre las barras indican que existen diferencias significativas ($p > 0,05$) de acuerdo a la prueba de comparación múltiple de Tukey.

CONCLUSIONES

Los resultados muestran que el efecto de la adición de harina de legumbre varió en gran medida dependiendo principalmente de la cantidad de proteína de la harina. La harina de legumbre con alto porcentaje de proteína (55%) no produjo cambios ni en la viscosidad, ni en el comportamiento oral ni en las propiedades sensoriales de las cremas. Estas harinas resultan interesantes si lo que desea el fabricante es enriquecer las cremas de verdura con proteína sin cambiar la estructura del alimento. En cambio, las harinas de legumbre con bajo porcentaje de proteína (20%) producen un incremento muy importante en la viscosidad, modifican el comportamiento en boca e incrementan la consistencia, la cremosidad y el sabor a legumbre. Esto supone una limitación en la cantidad que se puede utilizar. Sin embargo a baja concentración, estas harinas pueden ser una buena elección para desarrollar productos con nuevas textura y sabor que puedan presentar incluso mayor aceptabilidad por los consumidores.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (MESCYT) por haber financiado a Luis Abreu Quezada su master en la Universidad Politécnica de Valencia, a UNIVAR por proveer las harinas de legumbres (INGREDION) para elaboración de las muestras, al IATA-CSIC especialmente a las directoras de este trabajo de investigación que pertenecen al departamento de calidad de los alimentos.

REFERENCIAS

- Aguilera Gutiérrez, Y. 2009. Harinas de leguminosas deshidratadas: Caracterización nutricional y valoración de sus propiedades tecno-funcionales. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
- Chen, J. 2009. Food oral processing-A review. *Food Hydrocolloids*, **23** (1): 1–25.
- Engelen, L.; van den Keybus, P. A.M.; A. de Wijn, Rene; C.I Veerman, Enno; Nieuw Amerongen, Arie V.; Bosman, F.; Prinz, J. F.; van der Bilt, A. 2007. The effect of saliva composition on texture perception of semi-solids. *Oral Biology*, **52**: 518-525.
- Fernández Fraguas, C. 2008. Caracterización reológica y optimización de la textura de purés de patata frescos y congelados. Efectos del proceso y adición de crioprotectores. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- Hoebler, C.; Karinthi, A.; Devaux, M.F.; Belleville, C.; Barry, J.L. 2000. Particle size of solid food after human mastication and in vitro simulation of oral breakdown. *International Journal of food science and nutrition*, **51** (5): 353-66.
- Martínez Las Heras, R.; Periche, A.; Andrés, A.; Escriche, I. 2011. Caracterización de las propiedades fisicoquímicas, ópticas y mecánicas de cremas vegetales comerciales. Instituto Universitario de Ingeniería de los Alimentos para el Desarrollo (IU-IAD).
- Mishellany-Dutour, A.; Peyron, M.-A.; Croze, J.; François, O.; Hartmann, C.; Alric, M., et al. (2011). Comparison of food boluses prepared in vivo and by the AM2 mastication simulator. *Food Quality and Preference*, **22**(4), 326-331.
- Morell, P.; Fiszman, S.M.; Varela, P.; Hernando, I. 2014. Hydrocolloids for enhancing satiety: Relating oral digestion to rheology, structure and sensory perception. *Food Hydrocolloids*, **41**: 343-353.

- Sanz, T.; Luyten, H. 2006 .Release, partitioning and stability of isoflavones from enriched custards during mouth, stomach and intestine in vitro simulations. *Food Hydrocolloids*, **20**: 892-900.
- Stokes, J. R.; Boehm, M. W.; Baier, S. K. 2013. Oral processing, texture and mouthfeel: From rheology to tribology and beyond. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, **18** (4): 349–359.
- Torres González, M.P.; Jiménez Munguía, M.T.; Bárcenas Pozos, M.E. 2014. Harinas de frutas y/o leguminosas y su combinación con harina de trigo. Universidad de las Américas Puebla, México.