



INCORPORACIÓN DEL PSYLLIUM EN PRODUCTOS ALIMENTARIOS TIPO PUDDING

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Curso: 2018/19

Alumna: Celia Sánchez Centeno

Tutor: Manuel Gómez Pallarés

Tutora externa: Mayara Lopes Da Silva Belorio

Máster en Calidad, Desarrollo e Innovación de Alimentos
E.T.S. Ingenierías Agrarias, Campus de la Yutera (Palencia)
Universidad de Valladolid

ÍNDICE:

RESUMEN:.....	3
ABSTRACT:.....	3
INTRODUCCIÓN:.....	4
OBJETIVO:.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS:	7
Materiales:.....	7
Métodos:	7
1. Elaboración de los puddings:	7
2. Medidas reológicas:	9
3. Textura y color de las muestras de pudding:	9
4. Sinéresis en refrigeración y en congelación:.....	10
5. Desplazamiento.....	11
6. Cata.....	12
7. Análisis estadístico:.....	13
RESULTADOS Y DISCUSIÓN:	13
1. Medidas reológicas:	13
2. Textura y color de las muestras de pudding:	15
3. Sinéresis en refrigeración y en congelación:.....	18
4. Desplazamiento:.....	19
5. Cata:.....	20
CONCLUSIONES:	22
AGRADECIMIENTOS:.....	22
BIBLIOGRAFÍA:.....	23

RESUMEN:

Actualmente, la industria alimentaria enriquece algunos alimentos con distintas fibras. El psyllium es una fibra natural que presenta propiedades beneficiosas para la salud, entre las cuales destaca disminuir los niveles de colesterol, la glucemia postprandial y regular el tránsito intestinal. Debido a los múltiples beneficios que presenta, su incorporación en los alimentos puede conllevar un health claim en el etiquetado, pero las cantidades necesarias para ello son elevadas, esto supone un problema por su gran capacidad espesante. En este trabajo se desarrolla un producto tipo pudding, se estudia cómo influye la incorporación de distintas cantidades de psyllium con diferentes concentraciones de agua, y se observa cómo afecta la reducción del contenido de almidón en las propiedades de este producto. Para ello, se evalúa su efecto en la reología de las masas, textura y color, así como la sinéresis tras refrigeración y congelación. Además, se estudia el efecto de incorporar esta fibra en la aceptabilidad por parte del consumidor de estos puddings, llegando a la conclusión de que la muestra elaborada con un 50% de almidón, 1/5 psyllium y 4/5 de agua presentaba una puntuación más alta por parte de distintos consumidores encuestados.

Palabras claves: psyllium, pudding, fibra vegetal, formulación, reología, sinéresis, textura.

ABSTRACT:

Currently, the food industry enriches some foods with different fibers. Psyllium is a natural fiber that has beneficial health properties, including lowering cholesterol levels, postprandial glycemia and also regulates intestinal transit. Due to these multiple benefits, its incorporation in foods can lead to a health claim in the labeling, but the quantities necessary for this are high, this is a problem due to the great thickener capacity of psyllium. In this work we develop a pudding product, studying the influence of the incorporation of different amounts of psyllium with different water concentrations, and we observed how the reduction of the content of starch affect in the properties of this product. For this we evaluated, its effect on the rheology of the masses, texture and color, as well as the syneresis after refrigeration and freezing. In addition, the effect of incorporating this fiber in the acceptability by the consumer of these puddings is studied, reaching the conclusion that the sample made with 50% starch, 1/5 psyllium and 4/5 of water had a higher score.

Key Words: psyllium, pudding, vegetal fiber, formulation, rheology, syneresis, texture.

Introducción:

En los países desarrollados cada vez son más frecuentes las enfermedades crónicas no transmisibles como las enfermedades cardiovasculares (ataques cardíacos, accidentes cerebrovasculares...), el cáncer, las enfermedades respiratorias crónicas (como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, el asma) y la diabetes (WHO et al., 2018; GBD Risk factor collaborators et al., 2016).

Los principales factores de riesgo, identificados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) que contribuyen a la aparición temprana de estas enfermedades crónicas son: tabaco, alcohol, alimentación poco saludable (consumo de frutas y verduras bajo, abuso de comida rápida...), inactividad física, sobrepeso, obesidad, la presión arterial elevada, glucemia elevada, colesterol... (Asociación española et al., 2013).

Además, los consumidores cada vez prestan una mayor atención a los valores nutricionales y al aporte energético de los alimentos que consumen; porque en los últimos años una gran parte de la población es cada vez más consciente de los peligros asociados a la ingesta excesiva de alimentos hipercalóricos y de bajo interés nutricional (Anna et al., 2018).

Garantizar una ingesta diaria suficiente de fibra dietética es fundamental para reducir el riesgo de padecer determinadas patologías como enfermedades coronarias, hipertensión, diabetes, hipercolesterolemia y trastornos gastrointestinales. Además, se ha observado que la industria alimentaria intenta enriquecer algunos alimentos con distintas variedades de fibras dietéticas (Beikzadeh et al., 2016).

El psyllium se considera una fuente de fibra dietética natural, que consta de una mezcla de fibras insolubles y solubles. El polisacárido bioactivo de las cáscaras de semillas de psyllium (*Plantago Ovata*) es un tipo de arabinosilano, cuya composición molecular es: 75% de xilosa, 23% de arabinosa y trazas de otros azúcares como la glucosa, manosa y galactosa (Fischer et al., 2004; Qaisrani et al., 2016).

Esta fibra presenta propiedades beneficiosas para la salud, entre las cuales destaca disminuir los niveles de colesterol (Anderson et al., 2000; Qaisrani et al., 2016), reducir la glucemia postprandial provocando una menor liberación de insulina (Cicero et al., 2010; Hannan et al., 2006), ayuda a regular el tránsito intestinal, ya que posee varios efectos laxantes complementarios: efecto de volumen (alta absorción de agua), es un estimulante intestinal y un efecto lubricante. Sin embargo, hay que prestar atención porque en algunas personas, produce efectos gastrointestinales adversos entre los cuales destacan hinchazón, diarrea y estreñimiento (Gelinás et al., 2013; Marlett et al.,

2000; Hara et al., 1996). Además, en algunos estudios se está observando que esta fibra puede ser útil a la hora de controlar el peso y de reducir el porcentaje de masa grasa (Kang et al., 2007).

Debido a los múltiples beneficios que presenta esta fibra a nivel fisiológico, tanto en Estados Unidos como en Canadá la incorporación de psyllium a los alimentos puede conllevar un health claim en el etiquetado. En Estados Unidos se determina que se deberán consumir 7 gramos o más por día de fibra soluble de la cáscara de la semilla de psyllium para que se pueda declarar la existencia de una relación causal entre la ingesta de esta fibra y un menor riesgo de padecer una enfermedad cardíaca coronaria. Además, especifica que para que un alimento tenga este health claim en el etiquetado deberá contener al menos 1,7 gramos de fibra soluble, por cantidad de referencia que se consuma habitualmente de dicho producto alimentario (Electronic code of federal regulations et al., 2019). Por otro lado, en Canadá la declaración nutricional especifica que la fibra de psyllium ayuda a reducir/ disminuir el colesterol (LDL), que se considera un factor de riesgo importante en el desarrollo de las enfermedades del corazón. También, determina que la cantidad diaria referida en la declaración es de 7 gramos de psyllium, esta cantidad especificada se basa en la evidencia disponible sobre la ingesta diaria eficaz más baja observada para reducir el colesterol. Además, establece que el producto alimentario deberá contener al menos 1,75 gramos de psyllium por cantidad de referencia de dicho producto para que se pueda hacer referencia a esta declaración nutricional (Health Canada et al., 2011).

Además de estas propiedades fisiológicas que presenta el psyllium también posee funcionalidades tecnológicas interesantes. Por ejemplo, en la industria alimentaria la adición de esta fibra dietética a los distintos alimentos ha demostrado que puede conferir algunas propiedades funcionales entre las cuales destacan las siguientes: aumentar la capacidad de retención de agua, por lo tanto, reduce la sinéresis, mejora la capacidad de formación de geles, puede emplearse como emulsionante, estabilizador, se considera un buen sustituto de las grasas y puede utilizarse como aditivo alimentario aumentando la vida útil de los productos (aunque el psyllium es un producto natural, por lo tanto no se considera un aditivo) (Beikzadeh et al., 2016; Staffolo et al., 2017). De esta manera, el psyllium tiene propiedades funcionales interesantes que permiten desarrollar algunos productos enriquecidos con esta sustancia que presentan una textura mejorada y una menor sinéresis (Staffolo et al., 2017).

Por lo tanto, todas estas propiedades tecnológicas que presenta el psyllium en muchas ocasiones suponen una ventaja, pero en otros casos la elevada capacidad de absorción de agua y gelificación del psyllium pueden resultar un problema (Yu et al., 2008).

Otro aspecto a tener en cuenta a la hora de elaborar distintos productos con psyllium, es la cantidad de esta fibra vegetal que hay que incorporar a los alimentos para poder declarar los beneficios que presenta para la salud en la etiqueta de dichos productos. Esto provoca que su incorporación en algunos tipos de productos sea inviable; ya que tendríamos que incorporar una cantidad elevada de psyllium a los productos, teniendo en cuenta que esta fibra dietética posee una gran capacidad espesante (Health Canada et al., 2011).

Además, hay que tener en cuenta que al añadir una elevada cantidad de psyllium a los productos alimentarios, es necesaria la incorporación de una elevada cantidad de agua adicional en la formulación; lo cual facilita que la textura del producto que obtenemos sea tipo pudding (Yu et al., 2008).

El pudding es un postre lácteo que generalmente se formula con leche, sacarosa, aromas y espesantes como el almidón u otros hidrocoloides (Ares et al., 2009). La estructura de gel que obtenemos en este tipo de productos alimentarios se consigue debido a que en el proceso de elaboración sufren una etapa de calentamiento y posteriormente una fase de enfriamiento. Además, de que contienen almidón y carragenato en su formulación (Alamprese et al., 2011; Thaiudom et al., 2016; Staffolo et al., 2017).

En el caso de los postres lácteos se ha visto que los carragenatos son uno de los hidrocoloides más empleados, debido a que interactúan favorablemente con las proteínas de la leche, incrementando la cremosidad, mejorando la textura y la sensación en boca. Además, se ha visto que tanto en la preparación de yogures, flanes y natillas industriales se utilizan principalmente carragenatos, agar agar, goma de garrofin, goma xantana y almidones modificados. La utilización de estos hidrocoloides se fundamenta principalmente en su capacidad gelificante, la cual es un requisito fundamental en la elaboración de productos con textura tipo pudding (EFSA et al., 2013).

Teniendo en cuenta estos criterios de referencia, con este trabajo se presenta el desarrollo de un producto tipo pudding con una alta incorporación de psyllium, que resulte atractivo y saludable para el consumidor, ya que de esta forma conseguiremos mejorar su composición nutricional. Esto se consigue estudiando el efecto de la incorporación de distintas concentraciones de psyllium en la formulación del pudding,

junto con una mayor o menor cantidad de agua. De esta manera el producto desarrollado presentará un contenido calórico menor, debido a que intentaremos emplear la mayor cantidad de agua posible en su elaboración, además de las potenciales ventajas mencionadas anteriormente que posee el psyllium. Por lo tanto, conseguiremos mejorar nutricionalmente el producto en comparación con otros productos de la misma gama, debido a que presenta un contenido reducido en sal y grasas saturadas, manteniendo en la medida de lo posible las propiedades tecnológicas de estos productos tipo pudding.

Objetivo:

El objetivo principal de este trabajo de investigación es estudiar cómo influye la incorporación de distintas cantidades de psyllium, con diferentes concentraciones de agua, y de observar cómo afecta la reducción del contenido de almidón en las propiedades de un producto con una textura tipo pudding.

Para ello, se ha evaluado su efecto en la reología de las masas, la textura y color de los distintos puddings, así como en la sinéresis tras refrigeración y congelación. También se ha evaluado el efecto de la incorporación de esta fibra en la aceptabilidad por parte del consumidor de estos puddings.

Materiales y métodos:

Materiales:

Los ingredientes usados para la elaboración de los distintos puddings han sido: vitacel psyllium P95 (Rettenmaier Ibérica, Barcelona, España), almidón de maíz (Syrat Iberia, Zaragoza, España), azúcar blanco (Azucarera Iberia, Madrid, España), carragenato kappa en polvo (Emulift Ibérica, Barcelona, España), aroma de vainilla (Vahine, Sabadell, España), leche en polvo (Nestlé España, Barcelona) y agua obtenido de la red local.

Métodos:

1. Elaboración de los puddings:

La formulación utilizada para la elaboración de los puddings es la que se muestra en la siguiente tabla (Ares et al., 2009):

Ingredientes	Gramos	%
Azúcar	24,00	8,00%
Leche en polvo desnatada	27,00	9,00%
Almidón de maíz	12,60	4,20%
Vainilla	7,50	2,50%
k-carragenato	0,06	0,02%
Agua	228,85	76,28%

Tabla 1: Formulación del pudding

Todas las formulaciones de los distintos puddings fueron preparadas usando la misma proporción de ingredientes excepto la cantidad de agua, psyllium y almidón; cuya concentración fue variando de acuerdo con la sustitución del almidón por una mezcla de psyllium y agua en diferentes proporciones: $1/n$ psyllium + $(n-1)/n$ de agua, donde $n= 3, 5$ y 10 .

La tabla 2 refleja las cantidades empleadas de cada uno de estos ingredientes, en función del porcentaje de almidón sustituido (50% o 100%)

Mezclas	Porcentaje de almidón sustituido (%)	Psyllium (gramos)	Agua (gramos)
1/3 psyllium + 2/3 agua	50	2,1	4,2
	100	4,2	8,4
1/5 psyllium + 4/5 agua	50	1,3	5
	100	2,5	10,1
1/10 psyllium + 9/10 agua	50	0,6	5,7
	100	1,3	11,3

Tabla 2: Concentraciones de psyllium y agua en las distintas formulaciones de pudding

Para la elaboración de los puddings, en primer lugar, se pesaron y mezclaron todos los ingredientes correspondientes a cada formulación. Por un lado, en un recipiente pusimos los ingredientes sólidos: almidón, azúcar, leche en polvo, k-carragenato y psyllium. Por otro lado, mezclamos los ingredientes líquidos: el agua y el aroma de vainilla.

Posteriormente, introducimos en la Thermomix TM 21 (Vorwerk, España) la mezcla de los líquidos preparada anteriormente, a continuación, añadimos la mezcla de los

ingredientes sólidos. El tiempo programado en la thermomix fue de 10 minutos a una temperatura de 90°C y la velocidad se aumentó de forma progresiva hasta llegar a “speed 3” (1000 rpm).

2. Medidas reológicas:

El comportamiento reológico de las distintas muestras de pudding se determinó 30 minutos después de que las mismas salieran de la thermomix. Para ello, se empleó un reómetro (Haake RheoStress 1, Thermo Fisher Scientific, Scheverte, Alemania). Se evaluaron las medidas reológicas de cada una de las distintas muestras por duplicado, es decir, de cada muestra realizamos dos ensayos reológicos.

Para realizar este análisis de la reología, en primer lugar, se colocaron cada una de las muestras de pudding en platos de titanio paralelos, con 60 mm de diámetro y 3 mm de separación entre ellos. Estas muestras se estabilizaron a 50°C y fueron recubiertas con aceite de vaselina Panreac (Panreac Química S. A; Castellar del Vallés, España), con el objetivo de evitar que las muestras se secan durante la realización de los ensayos.

Para evaluar las medidas reológicas de las distintas muestras se realizó en primer lugar, el ensayo oscilatorio, en el cual se llevó a cabo un barrido de deformación a una frecuencia constante (1Hz), de esta forma se determinó la máxima deformación alcanzable por cada una de las muestras en un rango viscoelástico lineal. A continuación, con la máxima deformación obtenida en el primer ensayo, se realizaron dos barridos de frecuencia en un rango de 0,01-100 Hz. De esta manera se obtuvieron los siguientes módulos: G' (módulo de elasticidad), G'' (módulo viscoso) y $\tan \delta$ que equivale a G''/G' .

3. Textura y color de las muestras de pudding:

Una vez elaboradas las muestras de pudding en la thermomix, depositamos las mismas en unos vasos de plástico con una altura de 8 cm, y un diámetro de 6,5 cm. En estos vasos, se marcó una línea a los 6 cm que se correspondía con la altura de la muestra en el recipiente, ya que en el análisis de textura es fundamental que todas las muestras que se evaluaron tuvieran una misma altura, porque si no podríamos obtener sesgos en los resultados.

Antes de cerrar los vasos con sus correspondientes tapas de plástico, las muestras fueron sometidas a reposo durante una hora a temperatura ambiente, de esta manera se consiguió la estabilización de la temperatura del pudding. Después, los vasos fueron almacenados en refrigeración (0-5°C) durante 24 horas.

Pasado este periodo, se procedió a analizar la textura de dichas muestras. Para ello se llevó a cabo un ensayo de compresión en los distintos tipos de puddings, en el cual se evaluaron las distintas muestras por duplicado, es decir, se realizó una repetición.

En este ensayo se aplicó una fuerza de activación de 5 gramos y se realizó una primera compresión empleando para ello una sonda de 25 cm de diámetro a una velocidad constante de 1 mm/s y a una profundidad de 30 mm respecto a la muestra, volviendo después a su posición original.

De esta manera se obtuvo una curva de tiempo y fuerza, que permitió calcular la dureza que es la fuerza máxima que se observa durante la compresión y la pendiente (N/mm).

Por otro lado, también se determina el color de las muestras. Para ello se prepararon los distintos puddings, y las muestras se depositaron en un recipiente redondo de plástico transparente, de 5 cm de diámetro y 1,4 cm de alto. Se dejaron en reposo durante 30 minutos a temperatura ambiente y se puso papel de film con el objetivo de que la superficie de la muestra no se quedara seca después de mantenerla en la nevera. Estas muestras se almacenaron en refrigeración (a una temperatura de 0-5°C) durante 24 horas.

Para determinar el color de las distintas muestras de pudding se utilizó un espectrofotómetro Minolta CN-508i (Minolta, Co. LTD, Tokio, Japón). En primer lugar, se realizó la calibración del aparato, para ello, se utilizó un blanco. Los resultados que se obtienen con este equipo son las coordenadas del espacio de color CIE $L^*a^*b^*$, donde el parámetro L determina la luminosidad y a^* y b^* representan las coordenadas cromáticas.

Para realizar esta determinación del color, al igual que con la textura, se evaluaron las distintas muestras por duplicado, es decir, se realizó una única repetición.

4. Sinéresis en refrigeración y en congelación:

La sinéresis es la separación de las dos fases que aparecen en una mezcla o suspensión (Kunitz et al., 1928).

Para determinar la presencia de sinéresis en estos productos, se depositaron 15 gramos de estas muestras en cada uno de los tubos de tipo falcon, y se dejaron durante 30 minutos a temperatura ambiente (22°C) antes de cerrarlos, para que se estabilizara la muestra. Posteriormente, se introdujeron dos de estos tubos en refrigeración (0-5°C) y otros dos en congelación (-18°C) durante 24 horas.

Después de que pasaran las 24 horas, se sacaron los tubos que estaban almacenados en congelación y en refrigeración. En el caso de los tubos que estaban en la nevera se dejaron 30 minutos a temperatura ambiente antes de introducirlos en la centrifuga, mientras que los tubos que habían permanecido 24 horas en el congelador, se dejaron 2 horas a temperatura ambiente antes de ponerlos en la centrifuga a una velocidad de 4000 rpm durante 15 minutos.

El sobrenadante fue retirado con ayuda de una pipeta y se pesaron en la balanza. De esta manera, se pudo calcular la cantidad de sinéresis que había en cada muestra, mediante la diferencia que había entre la cantidad inicial de la muestra y la que había permanecido después de pasar las muestras por la centrifuga y de retirar la sinéresis de las mismas. Es decir, empleando la fórmula que se muestra a continuación:

$$\text{Sinéresis} = \text{Peso de la muestra inicial} - \text{Peso de la muestra tras la retirada del sobrenadante}$$

Hay que tener en cuenta que para poder realizar este análisis, también se preparan las distintas muestras por duplicado, es decir, por cada muestra de pudding se analiza la sinéresis en refrigeración y en congelación utilizando dos tubos de 15 gramos para refrigeración, y otros dos para congelación, con su correspondiente repetición.

5. Desplazamiento:

Para determinar el grado de desplazamiento que se produjo en cada una de las distintas muestras se pusieron en unos vasos de cristal transparentes de 4,5 cm de altura y 4 cm de diámetro. Además, se utilizó una plantilla modelo idéntica para todas ellas.

Esta plantilla modelo se elaboró en un folio de tamaño A4, sobre el cual se dibujaron líneas rectas y diagonales desde cada una de sus esquinas a su esquina contraria. En el centro se dibujó un círculo con 4 cm de diámetro, que correspondía al diámetro del vaso que se utilizó para preparar las muestras necesarias para este ensayo.

De esta forma se consiguió la plantilla que se muestra en la imagen 1:

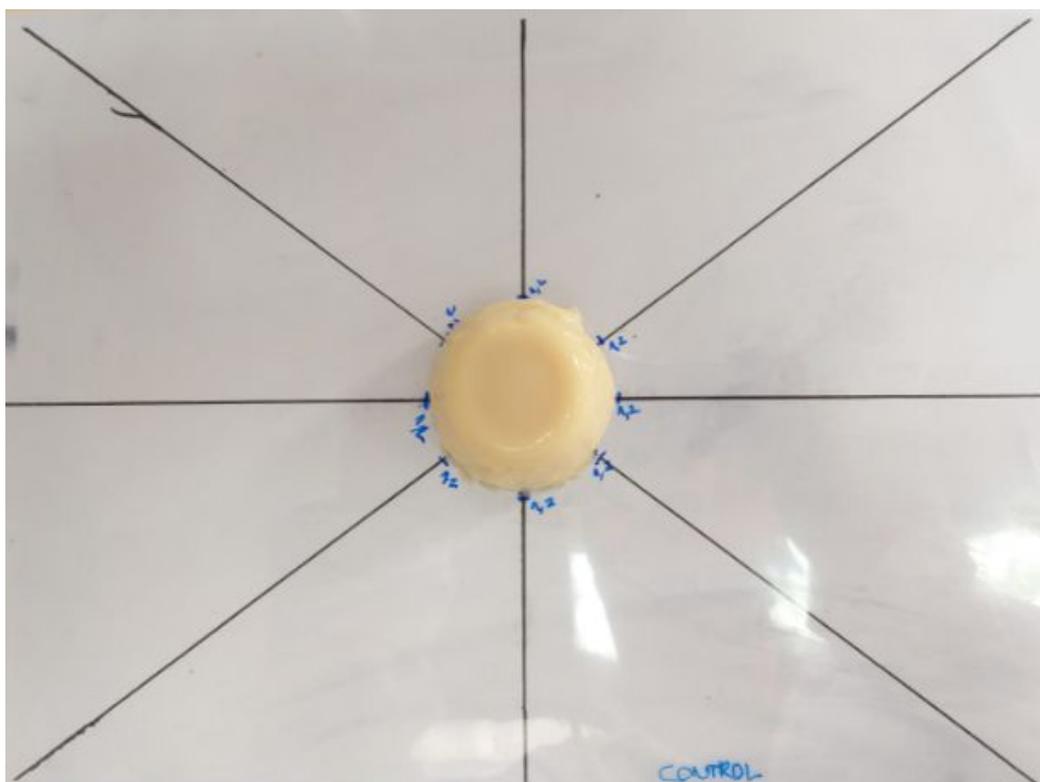


Imagen 1: Plantilla modelo para evaluar el grado de desplazamiento

Una vez elaborada la plantilla, se colocaron las muestras sobre dicha plantilla, se cronometraron 0, 5, 10 y 15 minutos, y se utilizó un rotulador para marcar el desplazamiento de las muestras en los diferentes tiempos. La distancia desde el centro de la plantilla hasta el punto de desplazamiento, rotulado en cada una de las rectas, se midió obteniendo un total de ocho valores para cada muestra. La media de estas distancias fue calculada y así se obtuvo el desplazamiento. Hay que tener en cuenta que este análisis se ha realizado a la temperatura ambiente (22°C), porque a diferentes temperaturas el grado de desplazamiento de la muestra varía.

6. Cata:

Después de realizar los análisis instrumentales de los distintos tipos de pudding, se seleccionaron el 50% almidón 1/5 psyllium, el 50 % almidón 1/3 psyllium, el 0% almidón 1/3 psyllium y el control para realizar una cata, ya que eran aquellos que presentaban los siguientes parámetros: reología de las masas, textura, color, sinéresis tras refrigeración y congelación, más semejantes a los datos obtenidos en la muestra control.

Una vez elegidas estas muestras se procedió a realizar una evaluación sensorial hedónica de los distintos tipos de puddings, en la que participaron 70 voluntarios, personal y estudiantes de la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias de Palencia (España), cuyas edades estaban comprendidas entre los 18 y 54 años, de diversos orígenes socioeconómicos. Las muestras se analizaron un día después de su preparación, mantenidas en refrigeración. Para la evaluación sensorial, las muestras se presentaron en pequeños vasitos transparentes, para que el catador pudiera valorar el aspecto del pudding, tenían unas medidas de 4,4 cm de alto y 3,4 de ancho. Además, estaban codificados con números aleatorios de cuatro dígitos y se sirvieron en orden aleatorio, inmediatamente después de sacarlas de refrigeración. Los puddings se evaluaron en función de la aceptabilidad de su aspecto, olor, textura, sabor y apreciación general en una escala hedónica de nueve puntos. La escala de valores varió desde "me gusta extremadamente" a "no me gusta extremadamente", correspondiendo a las puntuaciones más altas y más bajas de "9" y "1" respectivamente.

7. Análisis estadístico:

Para evaluar los resultados obtenidos de las diferentes mediciones se realizó un análisis de varianza simple (ANOVA). El método que se empleó para determinar las diferencias mínimas significativas fue el test de Fisher, con un nivel de significación del 95% ($p < 0,05$). Empleando para ello el software Statgraphics 18-X64 (Statpoint Technologies, Inc., Warrenton, USA).

Resultados y discusión:

1. Medidas reológicas:

En la tabla 3, observamos que en todos los casos los valores de G' son más altos si los comparamos con G'' , lo que indica que en las distintas muestras de puddings predomina el módulo elástico (G') sobre el módulo viscoso (G'') en todo el rango de frecuencia en el cual se realiza el análisis. Esto quiere decir que los diferentes puddings presentan una débil estructura tipo gel (Clark et al., 1987).

Otros investigadores también observaron espectros mecánicos similares en otros postres lácteos (Bayarri et al., 2010; González et al., 2008; Kersiene et al., 2008; Tarrega et al., 2006).

Además de G' y G'' , se usó otro parámetro diferente para evaluar las propiedades viscoelásticas de las muestras como es la $\tan \delta$, que equivale a G''/G' , que indica la medida relativa de la pérdida de energía asociada frente a la energía almacenada en una deformación (Ahmed et al., 2007).

Los valores de $\tan \delta$ de las muestras fueron inferiores a 1 en el rango de frecuencia utilizado en este ensayo, lo que indica que estas muestras presentan un comportamiento elástico. Lo que concuerda con otro estudio en el que se evaluó la reología de distintos postres lácteos (Toker et al., 2013)

Además, en este trabajo se observó que las muestras que contenían 50% de almidón presentaban un valor de G' superior que sus correspondientes muestras sin almidón. Esto puede deberse a que el almidón potencia el efecto de que se produzcan diferentes interacciones partícula-partícula y a que la estructura tipo red se establezca (Carreau et al. 2002; Hirashima et al. 2004).

Muestra	G' ($\times 10^{-2}$)(Pa)	G'' ($\times 10^{-3}$) (Pa)	$\tan \delta$ ($\times 10^{-7}$)
Control	0,1715 \pm 0,0000 ab	4,5350 \pm 3,0901 a	13,664 \pm 19,284 a
50% almidón 1/3 psyllium 2/3 agua	1,3950 \pm 0,0494 c	9730,0 \pm 523,26 b	22,85 \pm 0,4950 a
0% almidón 1/3 psyllium 2/3 agua	0,0040 \pm 0,0049 a	100,71 \pm 140,84 a	8,5501 \pm 12,091 a
50% almidón 1/5 psyllium 4/5 agua	0,4945 \pm 0,3599 b	1021,0 \pm 0,6208 a	29,150 \pm 0,7778 a
0% almidón 1/5 psyllium 4/5 agua	0,0031 \pm 0,0014 a	2780,2 \pm 3931,18 a	24,650 \pm 4,7376 a
50% almidón 1/10 psyllium	0,0053 \pm 0,0022 a	3806,7 \pm 5378,7 ab	37,458 \pm 52,952 a

9/10 agua			
0% almidón			
1/10 psyllium	0,0004 ± 0,0000 a	0,0404 ± 0,0504 a	0,0003 ± 0,0003 a
9/10 agua			

Tabla 3: Evaluación de los distintos puddings en las pruebas oscilatorias.

Valores medios ± SD (desviación estándar) seguidos por la misma letra en cada columna no fueron significativamente diferentes con un $p \leq 0,05$.

G' y G'' representan los módulos de elasticidad y viscosidad, respectivamente, a 1 Hz, los coeficientes “a” y “b” indican la dependencia de frecuencia de los módulos de elasticidad y viscosidad respectivamente, δ (G'/G'')

2. Textura y color de las muestras de pudding:

En la tabla 4, se observan los datos de textura donde el control presenta una fuerza mayor, en comparación con el resto de formulaciones. Esto se debe a que la fuerza que requiere el control para alcanzar una deformación determinada es superior a la que necesitan el resto de muestras. Es decir, el pudding control presenta más resistencia a la rotura que el resto de formulaciones.

También, se ha visto como la concentración de almidón puede influir en la dureza de los distintos puddings. Si nos fijamos en los datos de la tabla 4, podemos apreciar como aquellas muestras que no contienen almidón en su composición presentan una mayor dureza (resistencia de la estructura del producto a la rotura del mismo) que sus respectivos puddings con un 50% de almidón a mayores en su formulación. Aunque no existe una tendencia clara en este aspecto, ya que el pudding 0% almidón 1/10 psyllium es el que presenta una dureza y una pendiente menor en comparación con el resto de las muestras analizadas, pero no hay diferencias significativas en esta última muestra.

Por otro lado, observamos que las diferentes muestras presentan una mayor dureza cuando aumentamos las concentraciones de psyllium en los distintos puddings. Ya que al aumentar la cantidad de psyllium en dichas muestras, reducimos la concentración de agua de las mismas. Esto coincide con los resultados obtenidos en otros proyectos de investigación en los cuales se han estudiado distintos postres lácteos y se ha observado que a medida que aumenta el nivel de hidratación de los distintos productos, generalmente disminuye el efecto que el psyllium ejerce sobre la dureza de los mismos (Staffolo et al., 2007; Abdo et al., 2016; Borwankar et al., 1992).

Muestra	Fuerza (N)	Pendiente (N/seg)
Control	5,81 ± 0,03 c	0,21 ± 0,02 c
50% almidón 1/3 psyllium	4,26 ± 0,39 b	0,14 ± 0,01 b
0% almidón 1/3 psyllium	5,50 ± 0,31 c	0,20 ± 0,01 c
50% almidón 1/5 psyllium	1,68 ± 0,38 a	0,06 ± 0,02 a
0% almidón 1/5 psyllium	4,39 ± 0,05 b	0,19 ± 0,02 c
50% almidón 1/10 psyllium	1,74 ± 0,01 a	0,06 ± 0,00 a
0% almidón 1/10 psyllium	1,25 ± 0,19 a	0,05 ± 0,00 a

Tabla 4. Resultados de la textura de los geles de las muestras analizadas

Valores medios ± SD (desviación estándar) seguidos por la misma letra en cada columna no fueron significativamente diferentes con un $p \leq 0,05$.

Los resultados de color de las distintas formulaciones de puddings son los que se muestran en la tabla 5.

La luminosidad fue mayor en los puddings elaborados con pequeñas concentraciones de psyllium; esto se debe a que el psyllium aporta color a las distintas muestras. Por lo tanto, a medida que aumentamos la cantidad de agua y reducimos la cantidad de psyllium en las formulaciones de puddings obtenemos muestras ligeramente más claras.

Además, se muestran diferencias significativas entre las muestras 0% almidón 1/3 psyllium y 50% almidón 1/3 psyllium, también en el caso del 0% almidón 1/10 psyllium y 50% almidón 1/10 psyllium, por lo tanto, parece que la interacción con el almidón puede presentar una ligera diferencia en el color de las muestras, resultando algo más claras las muestras que presentan almidón en su formulación.

Por otro lado, las coordenadas cromáticas (a y b) del espacio de color CIE L* a* b* reflejadas en la tabla 5, no muestran que exista una tendencia clara entre las diferentes formulaciones de los distintos puddings. Ya que los parámetros a y b, se mantienen similares en las muestras de los distintos puddings, a excepción del 0% almidón 1/3 psyllium que presenta diferencia significativa respecto al control y es en el que obtenemos un valor más alto del parámetro a. Mientras que en el 50% almidón 1/10 psyllium también observamos una diferencia significativa respecto al control, ya que esta muestra es la que presenta un valor más bajo en relación al parámetro b.

Además, se observa que todas las muestras (incluyendo el control), presentaron una mayor proporción de color amarillo ($b^* > 0$) y de color rojo ($a^* > 0$).

Estos datos resultan de interés, ya que el color del producto es uno de los primeros factores que influyen en la decisión del consumidor a la hora de comprar o no un determinado producto (Dorota et al., 2018).

Muestra	L	A*	B*
Control	72,79 ± 0,51 b	0,13 ± 0,03 ab	11,74 ± 0,01 b
50% almidón 1/5 psyllium	74,01 ± 0,16 c	0,07 ± 0,08 ab	11,36 ± 0,32 ab
0% almidón 1/5 psyllium	74,59 ± 0,50 c	0,11 ± 0,23 ab	11,16 ± 0,39 ab
50% almidón 1/3 psyllium	72,60 ± 0,24 b	0,38 ± 0,17 bc	11,67 ± 0,42 b
0% almidón 1/3 psyllium	70,75 ± 0,52 a	0,57 ± 0,03 c	11,17 ± 0,61 ab
50% almidón 1/10 psyllium	77,42 ± 0,52 d	-0,13 ± 0,19 a	10,58 ± 0,35 a
0% almidón 1/10 psyllium	74,79 ± 0,16 c	0,36 ± 0,05 bc	11,67 ± 0,75 b

Tabla 5. Resultados de color de las muestras de puddings analizadas
Valores medios ± SD (desviación estándar) seguidos por la misma letra en cada columna no fueron significativamente diferentes con un $p \leq 0,05$.
L (Luminosidad), a y b (cromaticidad).

3. Sinéresis en refrigeración y en congelación:

La sinéresis o pérdida de agua, es un parámetro que se emplea para evaluar la estabilidad de los distintos postres lácteos durante el almacenamiento de los mismos, ya que en ocasiones puede resultar un problema en este tipo de productos (Lucey et al., 2002; Jridi et al., 2015).

Esto se debe a que este tipo de productos alimenticios presentan almidón en su composición, por lo tanto, se produce sinéresis a través de la retrogradación del almidón, que en ocasiones para este tipo de productos se considera un efecto no deseado que hay que controlar, especialmente si la vida útil de estos puddings se prolonga en el tiempo (Valencia et al., 2016).

Para solucionar este problema, en otros trabajos de investigación se han empleado diferentes hidrocoloides en distintos postres lácteos con el objetivo de reducir el índice de sinéresis de estos productos, ya que las gomas se caracterizan por su capacidad para formar dispersiones viscosas y/o geles cuando entran en contacto con el agua, además de tener capacidad espesante y estabilizante (EFSA et al., 2013; Pangborn et al., 1978; Haque et al., 1993; Ispirli et al., 2018).

Los resultados obtenidos de la sinéresis en refrigeración y en congelación de las distintas formulaciones de puddings son los que se muestran en la tabla 6.

Estos hallazgos ilustran que todas las muestras presentaban una liberación parcial de su contenido de agua durante el periodo de almacenamiento. También se observó que esta reducción de agua era superior en aquellos puddings que se habían almacenado en congelación que sus respectivas muestras en refrigeración.

Por otro lado, se vio que aquellos puddings que contenían almidón en su formulación presentaban una menor sinéresis que sus correspondientes muestras sin almidón en su composición. Esto puede deberse a que el almidón de maíz posee un efecto espesante, que podría actuar de forma sinérgica con el k-carragenato y con el psyllium (Alamprese et al., 2011; Thaiudom et al., 2016; Staffolo et al., 2017).

Además, se observa que la sinéresis de las distintas muestras de pudding es menor a medida que aumentamos la concentración de psyllium; tanto en refrigeración como en congelación. A excepción del pudding elaborado con 50% almidón 1/10 psyllium cuyos resultados no muestran una tendencia clara.

Muestra	Sinéresis refrigeración	Sinéresis congelación
Control	98,96 ± 0,13 e	74,760 ± 0,380 b
50% almidón 1/3 psyllium	99,04 ± 0,03 e	81,190 ± 1,503 d
0% almidón 1/3 psyllium	98,48 ± 0,03 d	99,833 ± 0,058 e
50% almidón 1/5 psyllium	98,05 ± 0,09 c	73,397 ± 0,548 a
0% almidón 1/5 psyllium	86,45 ± 0,09 b	79,633 ± 0,356 c
50% almidón 1/10 psyllium	99,75 ± 0,04 e	72,670 ± 0,520 a
0% almidón 1/10 psyllium	74,94 ± 0,34 a	73,403 ± 0,662 a

Tabla 6. Resultados de la sinéresis en refrigeración y en congelación de las distintas muestras de puddings analizadas.
Valores medios ± SD (desviación estándar) seguidos por la misma letra en cada columna no fueron significativamente diferentes con un $p \leq 0,05$.

4. Desplazamiento:

Los resultados del grado de desplazamiento de los distintos puddings son los que se muestran en la tabla 7.

Estos hallazgos muestran como a medida que aumentamos la cantidad de psyllium en las distintas formulaciones de puddings el grado de desplazamiento de las mismas es menor; esta situación se asemeja más a lo que sucede en la muestra control. Por ejemplo, en el caso de las fórmulas de pudding elaboradas a base de 0% almidón 1/3 psyllium y 50% almidón 1/3 psyllium, no encontramos diferencias significativas con el control.

Por otro lado, en las formulaciones que presentan solamente una concentración de 1/10 de psyllium encontramos que el grado de desplazamiento que se produce en estas muestras es muchísimo mayor.

Otro aspecto que hay que tener en cuenta es si estas muestras poseen almidón o no en su composición. Ya que observamos que aquellos puddings que no presentan almidón en su formulación poseen un grado de desplazamiento mayor, que sus respectivas muestras sin almidón. Esto puede tener una explicación relacionada con el poder espesante que posee el almidón de maíz (Alamprese et al., 2011).

Muestra	Desplazamiento (%)
Control	6,3 ± 1,6 a
50% almidón 1/3 psyllium	17,4 ± 0,8 ab
0% almidón 1/3 psyllium	17,7 ± 1,1 ab
50% almidón 1/5 psyllium	21,3 ± 0,7 bc
0% almidón 1/5 psyllium	42,4 ± 12,6 d
50% almidón 1/10 psyllium	29,3 ± 0,3 c
0% almidón 1/10 psyllium	48,5 ± 0,2 d

Tabla 7. Resultados del grado de desplazamiento de las distintas muestras de puddings analizadas.

Valores medios ± SD (desviación estándar) seguidos por la misma letra en cada columna no fueron significativamente diferentes con un $p \leq 0,05$.

5. Cata:

Se realizó una prueba sensorial hedónica para evaluar la viabilidad de incluir diferentes concentraciones de psyllium y de almidón en las distintas formulaciones de puddings.

Las muestras que se seleccionaron para la cata, tras realizar los análisis instrumentales de las mismas fueron: 50% almidón 1/5 psyllium, el 50 % almidón 1/3 psyllium, el 0% almidón 1/3 psyllium y el control.

El resto de muestras (0% almidón 1/5 psyllium, 50% almidón 1/10 psyllium y 0% almidón 1/10 psyllium) no se consideraron para el análisis sensorial; debido a que su textura, sinéresis y grado de desplazamiento eran muy dispares en comparación con los parámetros obtenidos en la muestra control.

En la tabla 8 se muestran los resultados obtenidos en la cata. Se evaluaron distintos aspectos de cada una de las muestras: aspecto visual, olor, textura, sabor y una valoración global de las mismas.

La evaluación individual de estos descriptores sensoriales mostró que el control no presenta diferencias significativas con respecto a la formulación de pudding elaborada con 50% almidón 1/5 psyllium, en ninguno de estos aspectos.

De hecho, se observó que la muestra 50% almidón 1/5 psyllium presentaba una puntuación más alta en los aspectos relacionados con el olor, sabor y la valoración global del producto en comparación con la muestra control.

En resumen, estos resultados obtenidos confirmarían que los consumidores aceptarían este tipo de producto. Lo que nos da la posibilidad de incluir esta fibra dietética natural que es el psyllium en la formulación de puddings, presentando un contenido de fibra superior al de la muestra control, además de los múltiples beneficios que presenta esta fibra a nivel fisiológico.

Muestra	Aspecto visual	Olor	Textura	Sabor	Valoración global
Control	6,50 ± 1,49 b	6,17 ± 1,66 b	6,70 ± 1,53 c	6,89 ± 1,56 c	6,89 ± 1,47 c
0% almidón 1/3 psyllium	5,74 ± 1,6 a	5,54 ± 1,58 a	4,30 ± 1,82 a	4,79 ± 1,96 a	5,00 ± 1,81 a
50% almidón 1/3 psyllium	6,19 ± 1,59 ab	5,89 ± 1,80 ab	5,11 ± 1,58 b	5,90 ± 1,63 b	5,86 ± 1,59 b
50% almidón 1/5 psyllium	6,39 ± 1,54 b	6,37 ± 1,75 b	6,61 ± 1,30 c	6,94 ± 1,42 c	7,04 ± 1,30 c

Tabla 8. Resultados de la cata de los puddings seleccionados.

Valores medios ± SD (desviación estándar) seguidos por la misma letra en cada columna no fueron significativamente diferentes con un $p \leq 0,05$.

Conclusiones:

Este estudio de investigación se ha demostrado que la incorporación de distintas cantidades de psyllium, de diferentes concentraciones de agua y de almidón pueden influir en las propiedades reológicas, la textura y el color de las distintas muestras de puddings, así como en la sinéresis tras refrigeración y congelación. También se ha evaluado la incorporación de esta fibra en la aceptabilidad por parte del consumidor de estos puddings y se ha llegado a la conclusión de que la muestra elaborada con un 50% de almidón, 1/5 psyllium y 4/5 de agua presentaba una puntuación más alta por parte de distintos consumidores encuestados. Por lo tanto, estos resultados obtenidos confirmarían que los consumidores aceptarían este tipo de producto, lo que nos permite incluir esta fibra dietética natural que es el psyllium en la formulación de puddings, presentando un producto diferente, con un contenido de fibra superior al de la muestra control, que además aporta los múltiples beneficios que presenta esta fibra a nivel fisiológico.

Agradecimientos:

Me gustaría agradecer a todas las personas que me han ayudado y han hecho posible la realización de este proyecto de investigación en la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias de Palencia. También quiero dar las gracias a mis compañeros de clase que me han ayudado en todo lo posible y a todas las personas que fueron a la cata ya que gracias a su colaboración se ha podido realizar este trabajo. No quería pasar por alto la oportunidad de agradecer a todos los profesores que he tenido durante el curso del Máster, con una mención especial para mi tutor, Manuel Gómez Pallarés y a mi co-tutora Mayara Lopes da Silva Belório.

Bibliografía:

Abdo, Q., A. A., Alamri, M. S., Mohamed, A. A., Hussain, S., Mahmood, K., & Ibraheem, M. A. (2016). High Soluble-Fiber Pudding: Formulation, Processing, Texture and Sensory Properties. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(3). <https://doi.org/10.1111/jfpp.12931>

Ahmed, J., & Ramaswamy, H. S. (2007). Dynamic rheology and thermal transitions in meat-based strained baby foods. *Journal of Food Engineering*, 78 (4), 1274–1284. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.12.035>

Alamprese, C., & Mariotti, M. (2011) Effects of different milk substitutes on pasting, rheological and textural properties of puddings. *Food Science and Technology*, 44(10), 2019–2025. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.06.012>

Anderson, J. W., Davidson, M. H, Blonde, L., Brown, W. V., Howard, W. J., Giinsberg, H., Allgood, D. L & Weingand, K. W. (2000). Long- term cholesterol-lowering effects of psyllium as an adjunct to diet therapy in the treatment of hypercholesterolemia. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(6), 1433–1438. <https://doi.org/10.1093/ajcn/71.6.1433>

Anna, Z., Malgorzata, K., & Joanna, P. (2018). Assessment of shortcrust biscuits with reduced fat content of microcrystalline cellulose and psyllium as fat replacements. *Journal of food processing and preservation*, 42 (8). <https://doi.org/10.1111/jfpp.13675>

Ares, G., Baixauli, R., Sanz, T., Varela, P., & Salvador, A. (2009). New functional fibre in milk puddings: effect on sensory properties and consumers acceptability. *Food Science and Technology*, 42 (3), 710-716. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.10.004>

Asociación española (2013). Enfermedades crónicas no transmisibles. Retrived from: <https://www.asesp.com.uy/Salud/Enfermedades-cronicas-no-transmisibles-uc77>

Bayarri, S., Chuliá, I., & Costell, E. (2010). Comparing l-carrageenan and an inulin blend as fat replacers in carboxymethyl cellulose dairy desserts. Rheological and sensory aspects. *Food Hydrocolloids*, 24 (6), 578–587. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.02.004>

Beikzadeh, S., Oerighambardoust, S. H., Beikzadeh, M., Asghari Javar-Abadi, M., & HomayouniRad, A. (2016). Effect of Psyllium Husk on Physical , Nutritional , Sensory , and Staling Properties of Dietary Prebiotic Sponge Cake. *Czech Journal Food Science*, 2016(6), 534– 540. <https://doi.org/10.17221/551/2015-CJFS>

Bijkerk, C. J., Muris, J. W. M., Knottnerus, J. A., Hoes, A. W., & De Wit, N. J. (2004). Systematic review: The role of different types of fibre in the treatment of irritable bowel syndrome. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*, 19(3), 245–251. <https://doi.org/10.1111/j.0269-2813.2004.01862.x>

Borwankar, R. P. (1992). Food texture and rheology: A tutorial review. *Journal of Food Engineering*, 16(1-2), 1–16. [https://doi:10.1016/0260-8774\(92\)90016-y](https://doi:10.1016/0260-8774(92)90016-y)

Carreau, P. J., Cotton, F., Citerne, G. P., & Moan, M. (2002). Rheological properties of concentrated suspensions: Application to foodstuffs. *Engineering and food for the 21st century*, 327–346.

Cicero, A.F.G., Derosa, G., Bove, M. Imola, F., Borghi C & Gaddi., A. (2010). Psyllium improves dyslipidaemia, hyperglycaemia and hypertension, while guar reduces body weight more rapidly in patients affected by metabolic syndrome following an AHA step 2 diet. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 3 (1) 47-54. <https://doi.org/10.1007/s12349-009-0056-1>

Clark, A. H., & Ross-Murphy, S. B. (1987). Structural and mechanical properties of biopolymer gels. *Advances in Polymer Science*, 83, 57–192. <https://doi.org/10.1007/BFb0023332>

Dorota, G. M. K., Korus, A., Korus, J. & Sikora, M. (2018). Physicochemical Properties and Sensory Acceptance of Biscuits Fortified With Plantago Psyllium Flour. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 30(9), 758-63, <https://doi.org/10.9755/ejfa.2018.v30.i9.1799>

EFSA (2013). Los hidrocoloides, aditivos de alta funcionalidad. http://www.aditivosalimentarios.es/php_back/noticias/archivos/EPsAempresasTF90.pdf

Electronic code of federal regulations. (2019). Health claims: Soluble fiber from certain foods and risk of coronary heart disease (CHD). Retrived from: https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=c7e427855f12554dbc292b4c8a7545a0&mc=true&node=pt21.2.101&rgn=div5#se21.2.101_181

Fischer, M. H., Yu, N., Gray, G. R., Ralph, J., Anderson, L., & Marlett, J. A. (2004). The gelforming polysaccharide of psyllium husk (*Plantago ovata* Forsk). *Carbohydrate Research*, 339(2004), 2009–2017. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2004.05.023>

GBD Risk Factors Collaborators (2016). Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet*, 388 (10053), 1659–1724. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)31679-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31679-8)

Gélinas, P. (2013). Preventing constipation: A review of the laxative potential of food ingredients. *International Journal of Food Science and Technology*, 48(3), 445–467. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03207.x>

González, T., L., Bayarri, S., Taylor, A. J., & Costell, E. (2008). Rheology, flavour release and perception of low-fat dairy desserts. *International Dairy Journal*, 18 (8), 858–866. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.09.010>

Hannan, J. M. A., Ali, L., Khaleque, J., Akhter, M., Flatt, P. R., & Abdel-Wahab, Y. H. A. (2006). Aqueous extracts of husks of *Plantago ovata* reduce hyperglycaemia in type 1 and type 2 diabetes by inhibition of intestinal glucose absorption. *British Journal of Nutrition*, 96(01), 131. <https://doi.org/10.1079/BJN20061819>

Hara, H., Suzuki, K., Kobayashi, S., & Kasai, T. (1996). Fermentable property of dietary fiber may not determine cecal and colonic mucosal growth in fiber-fed rats. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 7(10), 549–554. [https://doi.org/10.1016/S0955-2863\(96\)00105-2](https://doi.org/10.1016/S0955-2863(96)00105-2)

Haque, A., Richardson, R. K., Morris, E. R., & Dea I. C. M. (1993). Xanthan-like weak gel rheology from dispersions of ispaghula seed husk. *Carbohydrate Polymers*, 22, 223–232. [https://doi.org/10.1016/0144-8617\(93\)90124-M](https://doi.org/10.1016/0144-8617(93)90124-M)

Health Canada. (2011). *Psyllium Products and Blood Cholesterol Lowering Summary of Health Canada's Assessment of a Health Claim about Food Products Containing Psyllium and Blood Cholesterol Lowering*. 1–5.

Hirashima, M., Takasashi, R., & Nishinari, K. (2004). Effects of citric acid on the viscoelasticity of corn starch pastes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 (10), 2929–2933. <https://doi.org/10.1021/jf0347867>

Ispirli, H., Demirbaş, F., & Dertli, E. (2018). Glucan type exopolysaccharide (EPS) shows prebiotic effect and reduces syneresis in chocolate pudding. *Journal of Food Science and Technology*, 55(9), 3821–3826. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3181-3>

- Jridi, M., Souissi, N., Salem, M. B., Ayadi, M. A., Nasri, M., & Azabou, S. (2015). Characterization and potential effects on sensory, textural and antioxidant properties of dairy desserts. *Food Chemistry*, 188, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.107>
- Kang, D. H., Jung, E. Y., Chang, U. J., Bae, S. H., & Suh, H. J. (2007). Psyllium husk combined with hydroxycitrate reduces body weight gain and body fat in diet-induced obese rats. *Nutrition Research*, 27(6), 349–355. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2007.04.010>
- Kersiene, M., Adams, A., Dubra, A., De Kimpe, N., & Leskauskaite, D. (2008). Interactions between flavour release and rheological properties in model custard desserts: Effect of starch concentration and milk fat. *Food Chemistry*, 108 (4), 1183–1191. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.011>
- Kunitz, M. (1928). Syneresis and swelling of gelatin. *The journal of general physiology*, 12 (2), 289-312. <https://doi.org/10.1085/jgp.12.2.289>
- Lucey, J. A. (2002). Formation and physical properties of milk protein gels. *Journal of Dairy Science*, 85 (2), 281-294. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(02\)74078-2](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(02)74078-2)
- Marlett, J. A., Kajs, T. M., & Fischer, M. H. (2000). An unfermented gel component of psyllium seed husk promotes laxation as lubricant in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72(3), 784-789. <https://doi.org/10.1093/ajcn/72.3.784>
- Mancebo, C. M., San Miguel, M. Á., Martínez, M. M., & Gómez, M. (2015). Optimisation of rheological properties of gluten-free doughs with HPMC, psyllium and different levels of water. *Journal of Cereal Science*, 61, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.10.005>
- Pangborn, R., Gibbs, Z. M., & Tassan, C. (1978) Effect of hydrocolloids on apparent viscosity and sensory properties of selected beverages. *Journal of Texture Studies*, 9 (4), 415–436. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1978.tb01216.x>
- Staffolo, M. D., Sato, A. C. K., & Cunha, R. L. (2017). Utilization of plant dietary fibers to reinforce low-calorie dairy dessert structure. *Food and Bioprocess Technology* 10(5), 914-925. <https://doi.org/10.1007/s11947-017-1872-9>.
- Staffolo, M., Martino, M., & Bevilacqua, A. (2007). Texture and sensory properties of dairy desserts with dietary fibres of different sources. *Acta Alimentaria* 36 (3). <https://doi.org/10.1556/AAlim.36.2007.3.6>

Tarrega, A., & Costell, E. (2006). Effect of composition on the rheological behaviour and sensory properties of semisolid dairy dessert. *Food Hydrocolloids*, 20 (6), 914–922. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2005.09.006>

Thaiudom, S., & Pracham, S. (2016). The influence of rice protein content and mixed stabilizers on textural and rheological properties of jasmine rice pudding. *Food Hydrocolloids*, 76 (2018), 204-215. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.11.027>

Toker, O. S., Dogan, M., Canyılmaz, E., Ersöz, N. B., & Kaya, Y. (2012). The Effects of Different Gums and Their Interactions on the Rheological Properties of a Dairy Dessert: A Mixture Design Approach. *Food and Bioprocess Technology*, 6(4), 896–908. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0787-8>

Qaisrani, T. B., Qaisrani, M. M., & Qaisrani, T. M. (2016). Arabinoxylans from psyllium husk: A review. *Journal of Environmental & Agricultural Sciences*. 6, 33-39.

WHO (2018). Enfermedades no transmisibles. Retrived from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>.

Valencia, M. S., Salgado, S. M., Andrade, S. A. C, Padilha V. M., Livera A. V. S., & Stamford, T. L. M (2016). Development of creamy milk chocolate dessert added with fructo-oligosaccharide and *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* LBC 81. *Food Science and Technology*, 69, 104–109. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.01.039>

Yu, L., Lutterodt, H., & Cheng, Z. (2008). Chapter 4 Beneficial Health Properties of Psyllium and Approaches to Improve Its Functionalities. *Advances in Food and Nutrition Research*, 55 (08), 193–220. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(08\)00404-X](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(08)00404-X)