



**Universitat Autònoma  
de Barcelona**

# **El psyllium com a ingredient per millorar la textura i el perfil nutricional del pa sense gluten**

Treball de Fi de Grau en Aprenentatge i Servei

Autora: Queralt Garcia Vila

Tutora institucional: Núria Aguilar Puig

Tutor de l'entitat: Cristóbal Pérez Sixto



**FACULTAT DE VETERINÀRIA**

Grau de Ciència i Tecnologia dels Aliments

Universitat Autònoma de Barcelona

Cerdanyola del Vallès, 31 de maig del 2022



# Índex

1.	NECESSITAT SOCIAL	1
1.1.	Detecció de la necessitat social	1
1.2.	Descripció de l'entitat	1
1.3.	Objectius	1
2.	MARC TEÒRIC	2
2.1.	Introducció	2
2.1.1.	Dieta sense gluten	2
2.1.2.	Pa sense gluten	2
2.2.	Psyllium	3
2.2.1.	Beneficis nutricionals	4
2.2.2.	Propietats funcionals	4
2.2.3.	Aplicació del psyllium en el pa sense gluten	5
2.3.	Prova pilot d'introducció del psyllium en el pa sense gluten	7
2.3.1.	Descripció de la prova pilot	7
2.3.2.	Resultats	8
2.4.	Conclusions del marc teòric	10
3.	DESCRIPCIÓ DEL SERVEI REALITZAT	11
3.1.	Plantejament del servei a realitzar	11
3.2.	Desenvolupament del servei	11
3.3.	Avaluació del servei realitzat	12
4.	REFLEXIÓ PERSONAL	13
5.	BIBLIOGRAFIA	15
6.	ANNEXOS	18
6.1.	ANNEX 1: Enquesta d'avaluació sensorial de la prova pilot	18
6.2.	ANNEX 2: Respostes escrites de l'enquesta d'avaluació sensorial	27
6.3.	ANNEX 3: Presentació de diapositives pel servei realitzat	28

# 1. NECESSITAT SOCIAL

El present Treball de Fi de Grau (TFG) en Aprenentatge i Servei (ApS) consisteix en la realització d'un projecte orientat a resoldre una necessitat social real relacionada amb alguna de les àrees de coneixement del grau en Ciència i Tecnologia dels Aliments. La modalitat de TFG ApS inclou la realització d'un servei comunitari a una entitat sense ànim de lucre. En el present TFG s'abordarà la resolució de la necessitat social plantejada realitzant un servei comunitari a l'Associació de Celíacs de Catalunya.

## 1.1. Detecció de la necessitat social

Avui en dia la malaltia celíaca (MC) es considera una de les malalties cròniques més comuns del món que afecta al voltant de l'1% en els països occidentals. A Espanya s'estima una prevalença que oscil·la entre 1/71 en la població infantil i 1/357 en la població adulta (Grupo de trabajo del Protocolo para el diagnóstico precoz de la enfermedad celíaca 2018). Per altra banda, la prevalença de la sensibilitat al gluten no celíaca (SGNC) s'estima que és del 6% segons els estudis realitzats més rellevants (Reig-Otero et al. 2017) i l'al·lèrgia al blat presenta una prevalença entre el 2% i 9% en infants i del 0,5% al 3% en adults (Sapone et al. 2012).

El pa es considera un aliment bàsic en la dieta de les persones i el seu consum els últims anys arriba als 60 kg per càpita per any en els països occidentals (Eglite and Daiga 2017). No obstant, el pa convencional s'elabora amb farina de blat, la qual conté gluten. Atenent a l'extensa població amb MC o altres sensibilitats al gluten, hi ha una gran necessitat social en desenvolupar formulacions de pa sense gluten (SG) que proporcionin un producte saludable i sensorialment similar als seus anàlegs.

## 1.2. Descripció de l'entitat

L'Associació Celíacs de Catalunya és una entitat creada el 1977 en defensa dels interessos de les persones celíaques i sensibles al gluten no celíaques. En l'associació es duen a terme múltiples funcions per tal d'oferir una millor qualitat de vida a les persones celíaques i aquelles que l'envolten. Aquestes funcions comprenen la proporció d'informació i formacions als socis, assessories personals des de les diferents delegacions d'arreu del territori i activitats d'oci. També financen la investigació en patologies relacionades amb la ingesta de gluten i també són l'organisme d'acreditació i de referència pels fabricants, distribuïdors, restauradors i empreses de servei del sector alimentari situades a Catalunya i Menorca (Associació de Celíacs de Catalunya 2022a).

## 1.3. Objectius

L'objectiu principal d'aquest TFG en ApS és aportar informació sobre l'ús del psyllium en el pa sense gluten per millorar-ne la textura i el seu perfil nutricional al col·lectiu de persones que segueixen una dieta sense gluten (DSG) i altres parts interessades a través de l'Associació de Celíacs de Catalunya.

Per tal d'assolir l'objectiu principal, es realitzarà una cerca bibliogràfica sobre el psyllium com a ingredient en els pans SG, la seva funcionalitat organolèptica i nutricional i quina és la millor manera d'aplicar-lo. També es proposarà com introduir el psyllium en la formulació del pa en base a la recerca bibliografia realitzada i es comprovarà la seva viabilitat mitjançant un estudi pilot. Finalment, s'oferirà a l'Associació de Celíacs de Catalunya un servei en el que es pugui aportar tota la informació rellevant sobre l'ús del psyllium en el pa SG i la viabilitat de la proposta d'introducció del psyllium definida en el present TFG.

## 2. MARC TEÒRIC

### 2.1. Introducció

#### 2.1.1. Dieta sense gluten

La DSG es basa en l'exclusió total del gluten, una fracció proteica present en els següents cereals: blat, sègol, ordi, civada<sup>1</sup>, espelta, kamut o les seves varietats híbrides. La DSG conté aliments i productes naturalment SG o amb un contingut inferior a 20 ppm (DOUE 2009).

La DSG és un tractament necessari per a persones que pateixen la MC, la SGNC o l'al·lèrgia al blat. La MC és una patologia multisistèmica amb base autoimmunitària provocada pel gluten i prolamines relacionades, en individus genèticament susceptibles, i es caracteritza per la presència d'una combinació variable de manifestacions clíniques dependents del gluten, anticossos específics de MC, haplotipus HLA DQ2 o DQ8 i enteropatia, segons la Societat Europea de Gastroenterologia Pediàtrica, Hepatologia i Nutrició. El símptoma més característic de la MC és una reacció inflamatòria en la mucosa de l'intestí prim que dificulta l'absorció de macro i micronutrients (FACE, 2011; Husby et al., 2012). La SNCG, també anomenada intolerància al gluten, és una afecció que produeix símptomes intestinals i extraintestinals relacionats amb la ingestió de gluten. Aquesta enteropatia es diagnostica quan els pacients no presenten un resultat negatiu en el diagnòstic de la MC (Leonard et al. 2017). Per últim, l'al·lèrgia al blat és una malaltia immunològica en la que les proteïnes del blat en contacte amb les immunoglobulines (Ig)E desencadenen una reacció al·lèrgica (Sapone et al. 2012).

Una dieta saludable és aquella que contribueix en la prevenció de malnutrició i protecció contra malalties no transmissibles. La dieta ha de ser variada i equilibrada, assegurant un elevat consum de fibra dietètica (FD) i àcids grassos poliinsaturats, i un baix consum de greix, sucres, sal i àcids grassos saturats (OMS 2020). La DSG pot considerar-se una dieta saludable però generalment conté diferències nutricionals respecte d'una dieta convencional considerada com a saludable.

La DSG s'ha de basar en aliments genèrics que no contenen gluten de manera natural o aliments específics SG, elaborats exclusivament pel col·lectiu. Aquests últims normalment s'elaboren amb midons o farines refinades, caracteritzades per tenir baix contingut en FD i un elevat índex glucèmic (IG) (Penagini et al. 2013). Aquestes característiques estan relacionades amb un increment del risc de desenvolupar malalties cardiovasculars, diabetis tipus II i obesitat (Lamacchia et al. 2014). També acostumen a tenir un major contingut en lípids (majoritàriament saturats) i carbohidrats, i un menor contingut en proteïnes en comparació als seus anàlegs amb gluten (Penagini et al. 2013). Normalment, les deficiències de vitamines i minerals en pacients amb MC estan associades a una mala absorció lligada a l'atròfia de les vellositats intestinals. Tot i així, en alguns pacients encara persisteixen algunes deficiències d'aquests micronutrients degudes a la qualitat nutricional dels productes SG (Saturni et al. 2010; Caruso et al. 2013; Penagini et al. 2013; Samasca et al. 2014).

#### 2.1.2. Pa sense gluten

La manera més extensa d'elaborar pa és a partir de la farina de blat, en la qual el gluten representa un 80% de les seves proteïnes (Montemurro et al. 2021). El gluten és una proteïna

---

<sup>1</sup> La civada és un cereal que es pot trobar etiquetat *Sense Gluten* al mercat, però algunes varietats de civada poden contenir gluten per dos possibles motius: per contaminació creuada, o; perquè la varietat del cereal presenta fraccions tòxiques per als celíacs (Associació de Celíacs de Catalunya 2022b).

amorfa composta per dues altres proteïnes, les gliadines i les glutenines, i ambdues són necessàries per tal que el gluten pugui complir la seva funció en masses. Per una banda, les gliadines hidratades aporten viscositat i extensibilitat, i per altra banda, les glutenines hidratades són aglutinants a la vegada que responsables de l'elasticitat. En l'elaboració del pa, la combinació d'aquestes dues proteïnes amb l'aigua i l'energia mecànica de l'amassada donen lloc al gluten, una xarxa viscoelàstica que atrapa el gas i permet l'expansió de la massa durant la fermentació. Durant la cocció, primer es dona una expansió dels gasos en tot el conjunt del pa i a mesura que va augmentant la temperatura, es produeix una gelatinització del midó i la coagulació del gluten, de forma que la molla anirà quedant fixada, mantenint el volum i l'esponjositat característica del pa al final de la cocció. Finalment, el gluten també participa en el control de la humitat al llarg de la vida útil gràcies a la retenció de l'aigua per la xarxa proteica que permet que la molla duri més temps tova, i conseqüentment, allargui la vida útil del pa (FACE 2011; Ren et al. 2020; Associació de Celíacs de Catalunya 2022a). Quan s'elaboren els pans SG, es perd la propietat viscoelàstica que li aporta el gluten a la massa i per aquest motiu, el producte obtingut es caracteritza per tenir menys volum, una crosta més pàl·lida, textura de les molles i sensació en boca més pobre, més facilitat per esmicolar-se i una vida útil més curta (Aguilar 2014)

El pa és un dels aliments més essencials i bàsics de la dieta arreu del món degut al seu perfil nutricional al proporcionar macronutrients, micronutrients i alguns minerals (Rosell 2011). L'elaboració de pa SG es sol basar en la combinació de fonts de midó juntament amb substituïts del gluten, normalment hidrocol·loïds i, a vegades, l'addició d'altres ingredients per millorar-ne la textura i flavor (Roman et al. 2019). Per aquest motiu, la qualitat nutricional del pa SG normalment és inadequada deguda a la deficiència de vitamines del complex B, minerals, fibra, proteïna, per l'excés de lípids (saturats principalment) i pels carbohidrats amb elevat IG (Aguilar 2014).

Analitzades les carències sensorials i nutricionals del pa SG, cal destacar que a dia d'avui existeix molta literatura científica que tracta l'efecte de diferents ingredients per millorar les seves característiques: midons i farines alternatives, com les de pseudocereals o llegums, hidrocol·loïds, fibres, proteïnes i lípids. Entre aquests ingredients, trobem el psyllium: un hidrocol·loid d'origen natural utilitzat en la producció de pa SG amb òptimes capacitats estructurals que podria formar part de la solució als problemes nutricionals i texturals d'aquest producte (Roman et al. 2019; Montemurro et al. 2021).

## 2.2. Psyllium

El terme psyllium fa referència a les llavors de la planta *Plantago (P.) ovata*, *P. indica* o *P. psyllium*, les quals tenen una clofolla rica en fibra soluble i són altament valorades per les seves propietats funcionals i nutricionals. Aquesta planta és originària de la zona del Mediterrani. Avui en dia, Índia és el principal país productor d'aquestes llavors, no obstant també destaca la seva producció a Pakistan i Iran. Per altra banda, els principals importadors són Estats Units, Alemanya i Regne Unit (Golkar et al. 2017; Sarkar and Lal 2018; Belorio and Gómez 2020).

La planta *P. ovata* ha guanyat rellevant atenció els darrers anys com a reservori de components bioactius, especialment mucíl·lag, el qual té una utilitat en la indústria farmacèutica, agrícola i alimentària (Golkar et al. 2017). Exemples en aquesta última seria la seva introducció en postres lactis o vegetals de textura tipus *pudding* o en altres productes alimentaris per la seva capacitat d'espessir entre d'altres propietats (Sánchez 2019). La quantitat de mucíl·lag produït per la planta suposa el 25% (en pes) del total de les seves llavors (Golkar et al. 2017). El primer article científic sobre el psyllium va ser al 1927. No obstant, no ha sigut fins a finals del segle passat,

al 1988, que es va publicar el primer estudi sobre el psyllium en aplicació alimentària en una revista científica en l'apartat de Ciència i Tecnologia dels Aliments. Des de llavors, l'interès del psyllium en els aliments ha anat en augment, sobretot en els últims anys (Belorio and Gómez 2020).

Avui dia, el psyllium és el quart hidrocol·loid més utilitzat com a substitut del gluten en les formulacions de pa SG, per darrere de l'hidroxipropil metilcel·lulosa (HPMC), la goma xantana i la goma de guar (Roman et al. 2019; Belorio et al. 2021).

### 2.2.1. Beneficis nutricionals

Els beneficis per la salut que poden proporcionar els mucíl·lags de psyllium s'han estudiant en múltiples articles científics. Aquests poden tenir efectes sobre el restrenyiment, la diarrea i altres malalties del tracte gastrointestinal. També poden intervenir en la prevenció de càncer de còlon, diabetis i hipercolesterolèmia (Belorio and Gómez 2020).

El psyllium té la capacitat de disminuir l'absorció de glucosa, disminuint el IG, i de colesterol, baixant els seus nivells en sang. Aquestes propietats s'atribueixen al seu caràcter viscos, atès que el consum de fibres solubles pot alterar la viscositat del quim en el tracte gastrointestinal i, conseqüentment, la inhibició de l'absorció d'aquests nutrients a l'intestí prim. (Dikeman and Fahey 2006; Belorio and Gómez 2020). També s'ha demostrat que la ingestió d'aquesta fibra augmenta la sensació de sacietat per l'efecte que té en retardar l'absorció intestinal (Rigaud et al. 1998). Tots aquests factors intervenen en un menor risc de síndrome metabòlic o de malalties cardiovasculars (Belorio and Gómez 2020).

El psyllium podria funcionar com a una alternativa natural en la prevenció del restrenyiment. La resistència envers la deshidratació gràcies a l'alta capacitat de retenció d'aigua de les fibres gelificants com el psyllium, conjuntament amb les irritacions mecàniques provocades per les fibres insolubles que estimulen la secreció d'aigua i mucosa, són els dos mecanismes que promouen l'efecte laxant. L'efecte que tenen els dos tipus de fibres és un increment d'aigua en la massa fecal, resultant en fems més toves i voluminoses. (McRorie and McKeown 2017; Belorio and Gómez 2020). Addicionalment, la fibra del psyllium genera poc gas per les seves característiques de viscositat i la seva baixa capacitat de fermentació i, per tant, no causa símptomes de flatulència o malestar típics d'excessiva producció de gas d'algunes fibres. (Bijkerk et al. 2004; El-Salhy et al. 2017; Belorio and Gómez 2020).

A més de tots els beneficis nutricionals esmentats, s'ha vist que el psyllium pot prevenir el càncer de còlon, sobretot quan es combina amb segó de blat (no per celíacs), pel fet que la fermentació anaeròbia del psyllium en el còlon produeix gran quantitat d'àcids grassos de cadena curta, els quals tenen un paper important en la prevenció de càncer (Alabaster et al. 1993; Wärnberg et al. 2009; Belorio and Gómez 2020).

### 2.2.2. Propietats funcionals

El psyllium és considerat un hidrocol·loid degut a les seves propietats funcionals, concretament la solubilitat i la viscositat. Els hidrocol·loids són polisacàrids formats per molts grups hidroxil que li confereixen a la substància una alta capacitat per lligar l'aigua i, conseqüentment, generar solucions viscoses (Saha and Bhattacharya 2010; Belorio and Gómez 2020). El psyllium, per tant, forma part del grup de fibres solubles amb capacitat per espessir els fluids, com les pectines o els beta-glucans. Aquesta classe d'hidrocol·loids que es dispersen en solucions aquoses també se'ls anomena amb el terme "goma", que a la mateixa vegada, si es troben en la clofolla de les

llavors de la planta, com el psyllium, són denominats “mucílag” (Li and Nie 2016; Belorio and Gómez 2020).

En quant a les propietats reològiques, s’ha observat que el psyllium forma un gel dèbil amb l’aigua després d’escalfar-lo, obtenint una estructura fibril·lar amb valors de  $G'$  (mòdul elàstic) majors que els de  $G''$  (mòdul viscos). També s’ha determinat que els valors de  $G'$  i  $G''$  incrementen amb l’increment de concentració de l’hidrol·loid, el qual es veu reflectit en la reducció de la viscositat aparent del gel. Per altra banda, s’ha vist que valors de  $G'$  del psyllium disminueixen amb l’increment de la temperatura (Guo et al. 2009; Belorio and Gómez 2020).

### 2.2.3. Aplicació del psyllium en el pa sense gluten

La incorporació de gomes o hidrocol·loids com a substituïts del gluten per elaborar pa SG tenen l’objectiu d’obtenir productes amb volum i textura similar als fets a base de blat intentant reproduir les propietats viscoelàstiques i la capacitat de retenció de gas que li confereixen el gluten a la massa (Belorio and Gómez 2020). El substituït més utilitzat tant en productes comercials com en recerca científica és l’HPMC per les capacitats que té en assolir pans amb major volum que altres hidrocol·loids (Sabanis and Tzia 2011), no obstant, aquests pans tenen una textura més seca i tendeixen a esmicolar-se més fàcilment (Padayachee et al. 2017). Per aquest motiu, habitualment es combina HPMC amb altres hidrocol·loids amb alta capacitat de retenció d’aigua com la goma guar o goma xantana (Horstmann et al. 2018).

El psyllium és una alternativa natural a diferència dels hidrocol·loids esmentats i que, a més, augmenta la qualitat nutricional del pa gràcies a l’enriquiment de fibra que disminueix el seu IG entre d’altres beneficis per la salut ja mencionats (v. 2.2.2.) (Fratelli et al. 2021). De totes les propietats del psyllium, les que poden tenir un efecte en la millora de textura del pa són la seva capacitat de retenció d’aigua, gelificant i estructurant. Els efectes d’aquestes propietats poden incrementar la viscositat de la massa, enfortir les parets de les cèl·lules en expansió, incrementar la retenció de gas durant la cocció i millorar el volum. Addicionalment, durant l’emmagatzematge té un paper important en la reducció de la pèrdua d’humitat i el manteniment de l’esponjositat, cohesió i elasticitat de la molla de pa, així com en retardar l’enduriment d’aquesta. Tots aquests factors resulten en la millora de l’estructura, textura, aparença, acceptació i vida útil del pa SG (Fratelli et al. 2021).

Diversos estudis han demostrat els beneficis que pot tenir el psyllium en les masses de pa a base de midó. Mariotti et al. (2009) van estudiar la substitució del 2%<sup>2</sup> de midó de blat de moro per 2% de psyllium. En l’estudi realitzat es va veure que el psyllium tenia un paper fonamental en l’increment de contingut d’aigua retinguda per la massa, obtenint una massa amb major facilitat per treballar donat que aquesta goma, tot i necessitar major contingut d’aigua, actua com a millorant de cohesió de la matriu amilàcia gràcies a les unions de grànuls de midó afavorides per l’hidrocol·loid afegit. En quant a la cocció, també es va comprovar que les masses que contenien psyllium presentaven una major  $G'$  durant l’escalfament respecte a les que no contenien aquesta fibra. Aquest fet es pot explicar per la competència entre el midó i el psyllium per l’aigua deguda a la forta capacitat gelificant i lligant del mucílag, així com també per la creació d’una xarxa dèbil de proteïna i hidrocol·loid que limita l’inflament i gelatinització del midó reduint la quantitat de midó retrogradat, reduint la duresa de la molla (Mariotti et al. 2009). Fratelli et al. (2018) també van establir una proporció òptima del 2% per obtenir la qualitat organolèptica desitjada. Malgrat això, va establir que la quantitat necessària per reduir la resposta glucèmica era del 17 % i aquestes altes proporcions produeixen un gran augment

---

<sup>2</sup> Tots els % de psyllium o d’altres hidrocol·loids en aquest TFG estan expressats en *pes de l’ingredient / pes total dels ingredients secs*.



d'humiditat per la incorporació d'aigua que requereix el psyllium, resultant d'una pèrdua d'estructura de les associacions de midó que impliquen una gran reducció del volum específic del pa (Fratelli et al. 2018; Belorio and Gómez 2020).

Per altra banda, alguns autors han proposat la combinació d'1% de psyllium amb un 2% d'HPMC en masses a base de farina d'arròs. S'han vist bons resultats de la utilització d'aquests dos hidrocol·loids combinats degut a que la baixada de G' del psyllium s'accentua entre 70 i 80 °C, punt en què es produeix la termogelació de l'HPMC (Haque and Morris 1994; Belorio and Gómez 2020). No obstant, si utilitzem aquest altre ingredient, hauríem de declarar que estem afegint un additiu (E464) i no resulta interessant en el cas que es busqui elaborar un pa únicament amb ingredients d'origen natural (DOUE 2011).

Montemurro et al. (2021) també van dur a terme un estudi l'objectiu del qual era optimitzar la formulació i processament del pa per obtenir un nou pa SG "*clean label*", en el que es van utilitzar ingredients naturalment caracteritzats per tenir per una banda, alta concentració de proteïna, i per altra banda, propietats estructurants. Dins dels ingredients amb propietats estructurants, es van avaluar les característiques que li atribuïen les llavors de xia, les llavors de lli i el psyllium a la massa i al resultat final del pa. Es va veure que tots, tant per separat com barrejats, afectaven positivament al volum específic del pa. Tot i així, la barreja de 4% de psyllium, 1% de llavor de xia hidratada i 1% llavor de lli és la que va obtenir millor resultats en termes d'increment de volum de la massa, percentatge d'alvèols de la molla de pa i volum específic del pa final (Montemurro et al. 2021).

Per últim, Fratelli et al. (2021) van realitzar un estudi comparatiu entre pans SG amb psyllium i pans amb farina de blat per tal d'avaluar la capacitat del mucílag en la millora de la qualitat i vida útil del mucílag. Es van elaborar pans SG amb diferents proporcions de psyllium, un pa SG control sense psyllium i un pa de farina de blat també sense psyllium. Els resultats van ser que l'addició de psyllium en les proporcions adequades d'aigua incrementaven el volum específic per aproximadament el 50% i reduïen la duresa de la molla per aproximadament el 70% respecte del pa control. Durant l'emmagatzematge es va veure també que l'addició de psyllium millorava l'acceptabilitat de la textura. Concretament, les diferències en la duresa de la molla es feien més evident durant l'emmagatzematge que respecte en el pa fresc. Per tant, van arribar a la conclusió que l'addició de psyllium en la formulació millorava les característiques de qualitat de manera similar a la tradicional dels pans fets a base de farina de blat (Fratelli et al. 2021).

## 2.3. Prova pilot d'introducció del psyllium en el pa sense gluten







### 2.3.1. Descripció de la prova pilot

La segona part del present TFG ha consistit en fer una prova pilot d'introducció del psyllium en el pa SG per comprovar la seva viabilitat i acceptació per part dels consumidors. La prova ha estat plantejada conjuntament amb l'empresa elaboradora de pa SG *Equilibre*, empresa acreditada per l'Associació de Celiacs que s'ha ofert voluntària a col·laborar en el desenvolupament del servei del present TFG en ApS a l'entitat. S'han elaborat tres pans amb diferents % de psyllium detallats a la Taula 1. Tots els pans han a partir de la mateixa recepta base, la del pa rústic tipus "Tradició free", composta pels següents ingredients:

*Aigua, midó de blat de moro, midó de blat sense gluten, midó de tapioca, farina d'arròs, farina de lli, sucre de canya, sal, ferment natural de teff, ferment natural de blat sarraí, llevat, goma guar (0,88%), goma xantana (0,88%), hipromelosa, farina de garrofa, bicarbonat sòdic.*

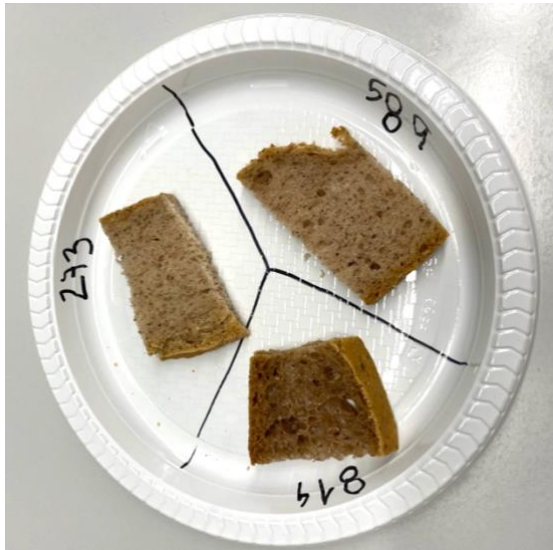
Es destaca la goma xantana i goma guar perquè, com el psyllium, també son gomes i s'han variat els seus % en funció del psyllium afegit. Els noms escollits pels pans s'han creat en base a l'abreviatura de les gomes que porta cadascun: X de goma xantana, G de goma guar i P de psyllium.

**Taula 1.** Diferències entre la composició i aspecte dels 3 pans (XG, XGP i P) elaborats per la prova pilot (Elaboració pròpia). *La caixa utilitzada en les fotografies d'aspecte extern és la mateixa en els tres pans. El regle utilitzat de referència en les fotografies de l'aspecte de les llesques és de 10 cm.*

	<b>XG (273)</b>	<b>XGP (589)</b>	<b>P (814)</b>
<b>% de gomes</b>	0,88 % X + 0,88% G = 1,76 % gomes	0,44 % X + 0,44 % G + <b>0,44 % P</b> = 1,32 % gomes	<b>1,76 % P</b> = 1,76 % gomes
<b>Aspecte extern del pa sense llescar</b>			
<b>Aspecte d'una llesca de pa</b>			

La prova pilot va consistir en donar per tastar els tres tipus de pans a una mostra de 36 individus de població general. Aquests, van haver de respondre una enquesta d'avaluació sensorial mitjançant un formulari mòbil en el qual havien puntuar en una escala de l'1 al 7 per cada tipus de pa la intensitat i l'acceptabilitat per cadascun dels 8 paràmetres escollits: color de la crosta, color de la molla, porositat, elasticitat de la molla, duresa, esmicolament, aroma i sabor (v. Annex 1). A cadascun dels 3 pans se'l va denominar amb un número aleatori de tres dígits per tal de no influir en les respostes dels i les tastadores. Els tres pans es van tallar de la manera

més homogènia possible entre ells i es van servir en un plat blanc. Tanmateix, no es van incloure les puntes per tal de no donar mostres diferents entre tastadors/es (Figura 1).



**Figura 1.** Exemple de model de servei de les tres mostres de pa que es va donar en el tast (Font pròpia).



**Figura 2.** Comparació de les llesques dels tres pans elaborats (Font pròpia). L'alçada del regle és de 25 cm.

### 2.3.2. Resultats

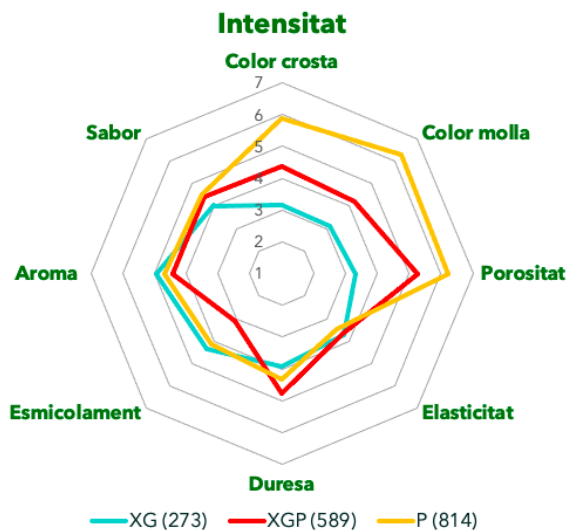
Una vegada recollides les respostes dels 36 tastadors, s'han separat els resultats per categories. Els resultats d'intensitat i acceptabilitat s'han representat mitjançant un gràfic d'aranya, en el qual apareixen els 8 paràmetres avaluats a cadascun dels vèrtexs de l'octaedre i la seva respectiva puntuació obtinguda. En el centre del gràfic hi ha la puntuació més baixa, 1, i a mesura que s'allunya del centre, significa que la puntuació obtinguda és més elevada, fins a 7als extrems. Cada pa s'ha representat amb una línia de color diferent.

#### **Intensitat**

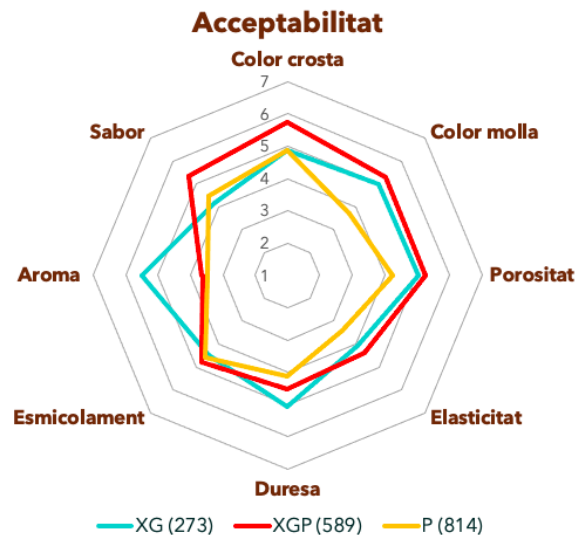
Dels resultats d'intensitat dels 8 paràmetres avaluats (Figura 3), primer de tot es pot observar que a mesura que augmenta % de psyllium en la formulació del pa, augmenta la intensitat del color de la crosta, color de la molla i porositat. També cal destacar que el pa amb menor esmicolament és el de la barreja de gomes (XGP) envers als altres dos i, a la mateixa vegada, també és el pa que se li ha donat una major puntuació en la duresa. Pel que fa a l'aroma, elasticitat i sabor, han obtingut unes puntuacions d'intensitat similars.

#### **Acceptabilitat**

Observant els resultats d'acceptabilitat (Figura 4), el pa que més va agradar en tots els aspectes va ser el de barreja de gomes (XGP), excepte en la duresa i l'aroma. Pel que fa a la duresa, el pa que els tastadors van trobar més agradable va ser el de no psyllium (XG), tot i que amb poca diferència. Paral·lelament a aquest resultat, si s'observa la Figura 3, el pa XG també va ser el que menys intensitat de duresa va obtenir. En quant a l'aroma, també va agradar més el pa XG, en aquest cas, de manera més evident.



**Figura 3.** Comparació dels resultats d'intensitat obtinguts en l'enquesta d'avaluació sensorial (Elaboració pròpia).



**Figura 4.** Comparació dels resultats d'acceptabilitat obtinguts en l'enquesta d'avaluació sensorial (Elaboració pròpia).

### Acceptabilitat general del pa

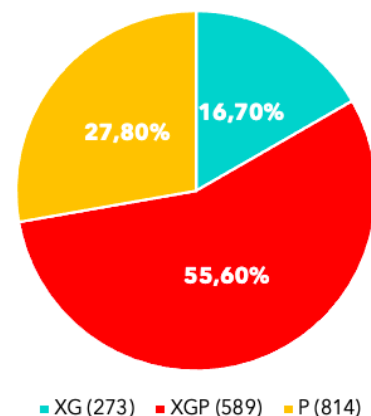
En l'últim de l'enquesta, es va demanar que els tastadors contestessin quin pa els havia agradat més i per què. Com es pot apreciar en la Figura 5, el pa que va obtenir una major preferència va ser el de barreja de gomes (XGP), amb més de la meitat de respostes (55,6%), seguit pel pa amb només psyllium (P) (27,8%) i finalment, el que menys votacions va obtenir va ser el que no contenia psyllium (XG) (16,7%).

En quant al motiu pel qual els va agradar el pa escollit, s'ha fet una recopilació de les respostes que es pot consultar a l'Annex 2.

### Discussió dels resultats

Finalment, s'ha intentat donar una explicació als resultats obtinguts en la prova pilot realitzada. Primer de tot, s'ha vist que el psyllium li aporta al pa un aroma i color intens, i que alguns consumidors poden rebutjar aquest atribut si s'addicionen altes concentracions al no estar acostumats. L'elevada duresa i baixa elasticitat de la molla en el pa amb psyllium (P) es podria explicar amb què no es va ajustar l'aigua en l'elaboració d'aquest pa i es va seguir la recepta original, i per tant, s'hagi obtingut un producte final més sec. En quant al volum, el pa de barreja de gomes (XGP) és el que menys ha crescut, és un pa més compacte tal i com es pot apreciar en la Figura 2. Aquest fenomen podria explicar-se amb que és el pa amb menor % total de gomes, i en aquest sentit es podria afirmar en base a l'experiència que hi ha una relació directa entre el volum del pa i la quantitat de gomes addicionades fins, com a mínim, en les concentracions de la prova pilot. Per últim, els resultats obtinguts inciten a pensar que la sinèrgia de gomes (XGP) pot millorar l'esmicolament, un problema molt comú en els pans SG.

### Preferència



**Figura 5.** Proporció de la preferència de cada tipus de pa obtinguda en l'enquesta d'avaluació sensorial (Elaboració pròpia).

## 2.4. Conclusions del marc teòric

Els productes elaborats específicament SG normalment s'elaboren amb farines i midons refinats i per això es caracteritzen per tenir un baix contingut en fibra dietètica i proteïnes, alt contingut en lípids saturats i carbohidrats i, conseqüentment, un elevat IG. Aquesta baixa qualitat nutricional pot comportar a que els pacients celíacs o altres grups de població consumidors freqüents d'aquesta classe de productes tinguin un risc més elevat de patir malalties cardiovasculars, diabetis tipus II i obesitat. No obstant, la introducció del psyllium en el pa SG pot atenuar els desequilibris nutricionals d'aquests productes degut als efectes beneficiosos per la salut que poden tenir els mucíl·lags d'aquesta planta, destacant la seva contribució en la prevenció de les malalties esmentades, així com en la regulació del trànsit intestinal.

En quant a les característiques organolèptiques del pa SG, l'absència de gluten resulta en una baixa consistència i elasticitat de la massa que no permet la retenció del gas format durant la fermentació així com la humitat inicial de la massa. Conseqüentment, el producte obtingut es caracteritza per un menor volum, elevada facilitat per esmicolar-se, major duresa de la molla, una crosta més pàl·lida i una vida útil més curta. Per minimitzar els defectes organolèptics, s'ha vist que el psyllium pot utilitzar-se com a ingredient substitutiu del gluten per les seves propietats de solubilitat i viscositat que poden millorar l'estructura de la massa i la textura, aparença, acceptació i vida útil del pa SG. Concretament, les propostes d'introducció del psyllium dels estudis científics consultats que han obtingut millors resultats en l'acceptabilitat del pa SG han sigut: la introducció del 2% psyllium; la combinació del 1% de psyllium amb 2% d'HPMC; i la combinació del 4% amb 1% de llavors de xia hidratades i 1% de llavors de lli. No obstant, els estudis no recomanen la introducció d'una quantitat de psyllium suficientment elevada per atenuar la resposta glucèmica, 17%, donat l'addició extra d'aigua que requereixen quantitats elevades d'aquesta fibra resulta en una gran reducció del volum específic del pa.

Atenent als resultats de l'estudi pilot realitzat, la combinació del 0,44% de psyllium juntament amb goma xantana i goma guar (pa XGP) és el que ha obtingut la major acceptació en la prova, destacant el color de la crosta, color de la molla, porositat, sabor i la reducció de l'esmicolament. Aquests resultats juntament amb la cerca bibliogràfica realitzada indiquen que el psyllium pot funcionar millor com substitut de gluten conjuntament amb altres gomes, degut a que aquestes poden atenuar el seu aroma i color intens i la seva alta demanda d'aigua. No obstant, es requereixen més estudis sobre l'efecte del psyllium en el pa SG i la seva acceptabilitat per determinar les condicions òptimes a l'hora d'introduir-lo en la formulació de pans SG. Per últim, val a dir que existeix poca bibliografia sobre els efectes beneficiosos del psyllium en el pa SG i en la salut dels seus consumidors.

## 3. DESCRIPCIÓ DEL SERVEI REALITZAT

### 3.1. Plantejament del servei a realitzar

El principal objectiu d'aquest TFG en Aps va ser, des d'un primer moment, col·laborar en la recerca per millorar les característiques del pa SG, una de les principals preocupacions del col·lectiu celíac o amb altres sensibilitats al gluten. Per tal de fer-ho possible, s'ha treballat conjuntament amb l'Associació de Celíacs de Catalunya, entitat que ha col·laborat en el desenvolupament del present TFG.

Per plantejar el servei a realitzar, es van valorar diversos camps d'interès en la millora del pa SG i es va decidir que el treball es centraria en un ingredient en concret, el psyllium, el qual varis autors ja havien estudiat que podia tenir efectes en la millora del pa SG. En concret, la cerca bibliogràfica s'ha basat en la millora de la textura i del perfil nutricional amb la introducció del psyllium al pa SG, degut que són dos aspectes en els que aquesta fibra pot tenir un efecte beneficiós i a la mateixa vegada, són dos dels punts més importants en els que s'ha de centrar la investigació i desenvolupament dels pans SG. Una vegada es va definir la línia de cerca bibliogràfica del TFG, l'entitat va valorar quina seria la millor manera d'oferir el servei als seus socis. Es va decidir que es faria una jornada online oberta als associats, entre els quals hi ha persones particulars o membres d'empreses del sector SG. En aquesta jornada es durien a terme unes xerrades sobre diferents maneres i aspectes clau per millorar el pa SG. La xerrada corresponent a aquest TFG es basaria en una presentació sobre el marc teòric del treball, l'ús del psyllium en el pa SG, adaptant els conceptes científics a un format divulgatiu.

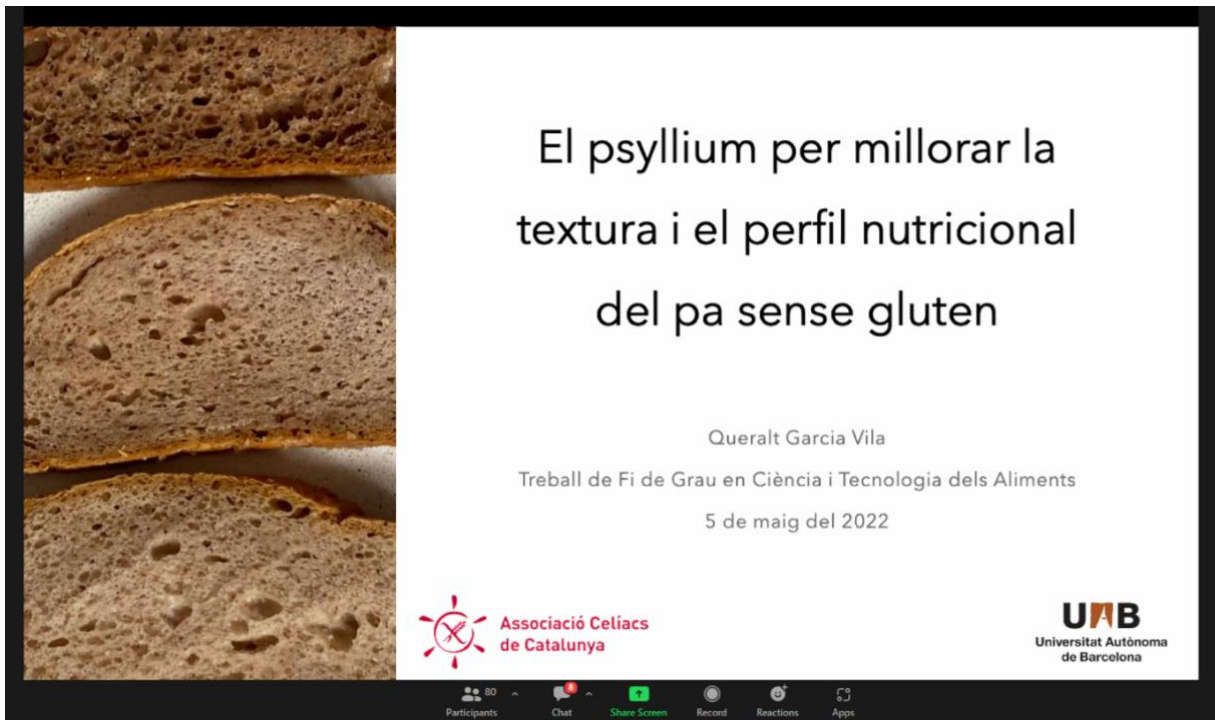
La finalitat del servei va ser aportar informació útil a la entitat i als seus membres sobre com millorar el pa SG amb psyllium i per tal de fer-ho, s'ha hagut de fer una cerca bibliogràfica en diferents estudis científics i altres fonts d'informació sobre el tema. No obstant, es va valorar que en el camp d'investigació del psyllium en el pa SG hi havia poca varietat d'informació i per això es va creure adient ampliar els continguts del TFG mitjançant un estudi pilot d'introducció del psyllium en el pa SG (v. 2.3.). L'objectiu d'aquest va ser poder complementar la informació recollida en la bibliografia amb l'experiència personal, donat que s'ha trobat poca bibliografia sobre estudis de consumidors de pa SG amb psyllium.

Primer de tot, es va fer una planificació del desenvolupament del TFG, per tal de poder oferir el servei a finals d'abril/principis de maig. Es va plantejar que la cerca de la informació es faria entre desembre, gener i febrer i posteriorment, entre març i abril, s'elaboraria la memòria corresponent al marc teòric. En quant a la prova pilot, es duria a terme a mitjans d'abril. Finalment, s'elaboraria una presentació en diapositives en format digital per utilitzar com a suport en la xerrada del servei. Al llarg de tot el procés s'han organitzat diverses reunions amb el tutor de l'associació per tal de fer un seguiment sobre tots els apartats mencionats i poder encaminar el servei de la manera que fos més adient per l'entitat i altres parts interessades.

### 3.2. Desenvolupament del servei

El servei realitzat va ser una xerrada en una jornada online organitzada per l'Associació de Celíacs de Catalunya per als seus socis. En la jornada també van tenir lloc altres xerrades, entre elles, una de massa mare. Concretament, l'entitat va anunciar la jornada amb la següent capçalera: *La clau per millorar el pa sense gluten: el psyllium/massa mare*. Aquesta xerrada es va preparar amb l'ajuda del tutor de l'entitat i tenia per objectiu donar la informació rellevant sobre els continguts del TFG, tant a nivell de cerca bibliogràfica, com sobre l'estudi pilot realitzat (Figura 6). La xerrada en sí va durar 20 minuts. Al ser en format online, es va fer la

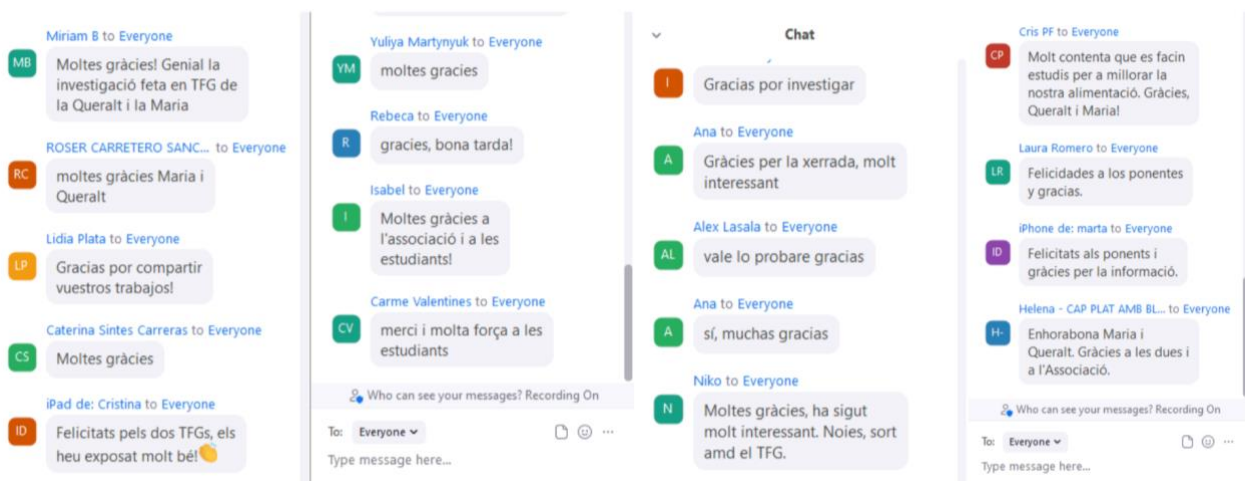
jornada des de casa i es va projectar a la pantalla la presentació de diapositives (v. Annex 3) com a suport de l'explicació.



**Figura 6.** Vista des d'una pantalla d'ordinador la portada de la presentació projectada en la xerrada online del servei realitzat (Font pròpia). *A l'inferior apareix el nombre d'assistents sobre la paraula "Participants".*

### 3.3. Avaluació del servei realitzat

La xerrada va tenir una bona acollida per part dels responsables de l'associació, així com també per part de membres d'empreses del sector de pans SG, els quals tenien uns coneixements més tècnics que van fer possible un millor seguiment de la presentació. En quant al públic de socis particulars, cal destacar que va haver-hi algunes persones que esperaven receptes de pans SG o material més casolà. No obstant, va haver-hi elevada assistència segons el criteri de l'entitat, 80 persones connectades (Figura 6), en general sembla que va agradar ja que es van obtenir comentaris positius al respecte (Figura 7).



**Figura 7.** Comentaris escrits pels assistents al xat de la jornada al finalitzar les xerrades (Font pròpia).

## 4. REFLEXIÓ PERSONAL

Fer un TFG en ApS comporta una sèrie de requisits diferents a la resta de formats de TFG. Com s'ha descrit en el principi de la memòria, es tracta de resoldre una necessitat social relacionada amb els coneixements del grau en Ciència i Tecnologia dels Aliments a la mateixa vegada que es realitza un servei comunitari a una entitat sense ànim de lucre. En el meu cas, vaig tenir clar des del primer moment que realitzar un TFG que consistís en ajudar al col·lectiu celíac i altres parts interessades a ampliar els coneixements sobre com millorar el pa SG tindria múltiples beneficis tant a nivell personal com en el contingut del d'aquest treball.

Per posar en context, quan tenia 6 anys se'm va diagnosticar la malaltia celíaca, i des de llavors la meua alimentació es basa en l'adherència estricta a la DSG. És per aquest motiu que al llarg de tot el procés de desenvolupament del projecte he pogut entendre de què es tractava la necessitat social a resoldre donat que sé de primera mà quines són les principals complicacions que el col·lectiu celíac o amb altres sensibilitats al gluten pateixen diàriament a l'hora de trobar un pa SG de qualitat així. El fet d'estar familiaritzada amb la malaltia celíaca, la DSG o saber que el psyllium pot utilitzar-se en fleca de pans SG també ha influït de manera positiva en el la realització del treball. A més, també coneixia l'Associació de Celíacs de Catalunya des de feia anys.

Les expectatives que tenia a l'hora de fer el treball eren aportar informació a l'associació, així com als consumidors i elaboradors de pans SG, informació sobre com obtenir millors resultats amb l'ús del psyllium. També m'interessava centrar-me en aquest aliment al tractar-se d'un hidrocol·loid d'origen natural ja que si s'obtenen bons resultats en el seu ús en fleca SG, pot marcar una gran diferència respecte als pans industrials SG en els que s'utilitzen additius i acaben allunyant-se més d'una bona qualitat nutricional.

Una vegada finalitzat el procés, considero que he pogut donar idees a algunes empreses per provar d'introduir-lo a les seves formulacions, donat que en l'estudi pilot realitzat es van obtenir resultats força positius. També penso que he contribuït en que molta gent conegués l'existència aquest ingredient i d'aquesta manera, pugui créixer el seu interès i demanda per part dels consumidors, acostant-nos cada vegada més a l'assoliment d'un producte més bo i nutritiu. Per altra banda, també considero que he ajudat a l'associació a recollir informació interessant sobre el psyllium i he aportat idees per a possibles estudis de consumidors futurs sobre el psyllium, com per exemple, repetir el mateix estudi amb només població celíaca (més acostumada als tipus de pans tastats) o estudiar l'efecte % de psyllium diferents als realitzats en la prova pilot.

Tenir l'oportunitat de treballar amb una entitat externa a la Facultat és una experiència que valoro molt positiva perquè m'ha permès treballar amb gent diferent i m'ha fet sentir que no només el feia el treball per mi, si no que podia ser de gran utilitat per altres persones fora de l'entorn universitari, fet que més motivador. La integració amb l'entitat ha sigut molt bona, hi ha hagut bona comunicació en tot moment així com ganes d'ajudar en el correcte desenvolupament del projecte en tot moment. També volia destacar que des del moment en què vaig explicar la meua idea de provar l'efecte del psyllium en pans SG de manera pràctica, vaig rebre el recolzament constant de l'associació i, que gràcies a l'entitat, es va poder realitzar la prova pilot amb l'empresa elaboradora de pa SG *Equilibre*, que es van oferir voluntaris per posar en marxa la prova i per això els estic enormement agraïda.

En quant a la realització del servei, ha sigut molt gratificant ajudar a persones que pateixen els efectes tant físics com psicològics de la malaltia celíaca i vetllen diàriament per assolir una qualitat de vida igual a la de la resta de la població. Tot i així, hi ha hagut certes dificultats a l'hora de adaptar els conceptes científics del grau a un contingut més divulgatiu per al públic del servei, però considero que finalment s'ha assolit força bé.



Per últim, trobo que realitzar un TFG en ApS comporta un progrés a nivell personal, professional i acadèmic, pel compromís amb l'entitat, els vincles generats, l'experiència viscuda i els coneixements adquirits. No obstant, sí que penso que implica més dedicació que la realització d'una altra tipologia de TFG, com a mínim, comparat amb revisió bibliogràfica, ja que en el ApS s'inclou la revisió bibliogràfica a més del servei. Valorant els avantatges i inconvenient, sí que recomano als estudiants escollir un TGF en ApS, sempre i quant es tinguin ganes d'abordar la necessitat social plantejada.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- Aguilar N. 2014. Influence of different ingredients and technologies in gluten-free bread quality [tesi]. [Bellaterra]: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Alabaster O, Tang ZC, Frost A, Shivapurkar N. 1993. Potential synergism between wheat bran and psyllium: enhanced inhibition of colon cancer. *Cancer Letters*. 75(1):53–58. doi:10.1016/0304-3835(93)90207-P.
- Associació de Celíacs de Catalunya. 2022a. Associació de Celíacs de Catalunya. [accessed 2022 Apr 25]. <https://www.celiacscatalunya.org/ca/index.php>.
- Associació de Celíacs de Catalunya. 2022b. El dilema de la introducció de la civada en el tractament de la malaltia celíaca. [accessed 2022 May 11]. <https://www.celiacscatalunya.org/blog/2022/02/24/el-dilema-de-la-introduccio-de-la-civada-en-el-tractament-de-la-malaltia-celiaca/>.
- Belorio M, Gómez M. 2020. Psyllium: a useful functional ingredient in food systems. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 62(2):527–538. doi:10.1080/10408398.2020.1822276. [accessed 2021 Dec 19]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32951436/>.
- Belorio M, Moralejo C, Gómez M. 2021. Assessing the influence of psyllium as a fat substitute in wheat and gluten-free cookies. *Food Sci Technol Int*. 27(8):693–701. doi:10.1177/1082013220981332. [accessed 2021 Dec 19]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33375846/>.
- Bijkerk CJ, Muris JWM, Knottnerus JA, Hoes AW, de Wit NJ. 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. doi:10.1111/J.0269-2813.2004.01862.X.
- Caruso R, Pallone F, Stasi E, Romeo S, Monteleone G. 2013. Appropriate nutrient supplementation in celiac disease. *Ann Med*. 45(8):522–531. doi:10.3109/07853890.2013.849383. [accessed 2021 Dec 19]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24195595/>.
- Dikeman CL, Fahey GC. 2006. Viscosity as related to dietary fiber: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 46(8):649–663. doi:10.1080/10408390500511862.
- DOUE. 2009. Reglamento (CE) N° 41/2009 de la Comisión de 20 de enero de 2009 sobre la composición y etiquetado de productos alimenticios apropiados para personas con intolerancia al gluten. [accessed 2021 Dec 8]. <http://www.codexalimentarius.net/download/standards/291/>.
- DOUE. 2011. Reglamento (UE) N° 1130/2011 de la Comisión, de 11 de noviembre de 2011, por el que se modifica el Reglamento (CE) N° 1333/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre aditivos alimentarios, para establecer una lista de aditivos alimentarios de la Unión autorizados para ser empleados en aditivos alimentarios, enzimas alimentarias, aromas alimentarios y nutrientes. [accessed 2022 May 13]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=celex:32011R1130>.
- Eglite A, Daiga K. 2017. Bread Choice and consumption trends. In: 11th Baltic Conference on Food Science and Technology “Food science and technology in a changing world.” Latvia University of Life Sciences and Technologies, Jelgava, Latvia. p. 178–182.
- El-Salhy M, Ystad SO, Mazzawi T, Gundersen D. 2017. Dietary fiber in irritable bowel syndrome (Review). *International Journal of Molecular Medicine*. 40(3):607–613. doi:10.3892/IJMM.2017.3072.
- FACE. 2011. CUADERNO de la ENFERMEDAD CELÍACA. 2a Actualizada. Fundación Tomás Pascual y Pilar Gómez-Cuétara. [accessed 2021 Dec 18]. [www.celiacos.org](http://www.celiacos.org).
- FACE. ¿Qué es la enfermedad celiaca? [accessed 2022 Feb 2]. <https://celiacos.org/enfermedad-celiaca/que-es-la-enfermedad-celiaca/>.
- Fratelli C, Muniz DG, Santos FG, Capriles VD. 2018. Modelling the effects of psyllium and water in gluten-free bread: An approach to improve the bread quality and glycemic response. *Journal of Functional Foods*. 42:339–345. doi:10.1016/J.JFF.2018.01.015.

- Fratelli C, Santos FG, Muniz DG, Habu S, Cavalcante Braga AR, Dias Capriles V. 2021. Psyllium Improves the Quality and Shelf Life of Gluten-Free Bread. doi:10.3390/foods10050954. <https://doi.org/10.3390/foods10050954>.
- Golkar P, Amooshahi F, Arzani A. 2017. Experimental Paper. In vitro synthesis of mucilage in *Plantago ovata* Forsk affected by genotypes and culture media. *Herba Polonica*. 63(1):53–66. doi:10.1515/HEPO-2017-0005.
- Grupo de trabajo del Protocolo para el diagnóstico precoz de la enfermedad celíaca. 2018. Protocolo para el diagnóstico precoz de la enfermedad celíaca. Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad., Servicio de Evaluación del Servicio Canario de la Salud (SESCS), editors.
- Guo Q, Cui SW, Wang Q, Goff HD, Smith A. 2009. Microstructure and rheological properties of psyllium polysaccharide gel. *Food Hydrocolloids*. 23(6):1542–1547. doi:10.1016/J.FOODHYD.2008.10.012.
- Haque A, Morris ER. 1994. Combined use of ispaghula and HPMC to replace or augment gluten in breadmaking. *Food Research International*. 27(4):379–393. doi:10.1016/0963-9969(94)90194-5.
- Horstmann SW, Axel C, Arendt EK. 2018. Water absorption as a prediction tool for the application of hydrocolloids in potato starch-based bread. *Food Hydrocolloids*. 81:129–138. doi:10.1016/J.FOODHYD.2018.02.045.
- Husby S, Koletzko S, Korponay-Szabó IR, Mearin ML, Phillips A, Shamir R, Troncone R, Giersiepen K, Branski D, Catassi C, et al. 2012. European society for pediatric gastroenterology, hepatology, and nutrition guidelines for the diagnosis of coeliac disease. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*. 54(1):136–160. doi:10.1097/MPG.0B013E31821A23D0.
- Lamacchia C, Camarca A, Picascia S, Luccia A di, Gianfrani C. 2014. Cereal-Based Gluten-Free Food: How to Reconcile Nutritional and Technological Properties of Wheat Proteins with Safety for Celiac Disease Patients. *Nutrients*. 6:575–590. doi:10.3390/nu6020575. [www.mdpi.com/journal/nutrients](http://www.mdpi.com/journal/nutrients).
- Leonard MM, Sapone A, Catassi C, Fasano A. 2017. Celiac disease and nonceliac gluten sensitivity: A review. *JAMA - Journal of the American Medical Association*. 318(7):647–656. doi:10.1001/JAMA.2017.9730.
- Li JM, Nie SP. 2016. The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. *Food Hydrocolloids*. 53:46–61. doi:10.1016/J.FOODHYD.2015.01.035.
- Mariotti M, Lucisano M, Ambrogina Pagani M, Ng PKW. 2009. The role of corn starch, amaranth flour, pea isolate, and Psyllium flour on the rheological properties and the ultrastructure of gluten-free doughs. *Food Research International*. 42(8):963–975. doi:10.1016/j.foodres.2009.04.017.
- McRorie JW, McKeown NM. 2017. Understanding the Physics of Functional Fibers in the Gastrointestinal Tract: An Evidence-Based Approach to Resolving Enduring Misconceptions about Insoluble and Soluble Fiber. *J Acad Nutr Diet*. 117(2):251–264. doi:10.1016/J.JAND.2016.09.021.
- Montemurro M, Pontonio E, Rizzello CG. 2021. Design of a “Clean-Label” Gluten-Free Bread to Meet Consumers Demand. *Foods*. 10(2):1–17. doi:10.3390/FOODS10020462. [accessed 2021 Dec 19]. [/pmc/articles/PMC7923426/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3923426/).
- OMS. 2020. Healthy diet. [accessed 2022 Feb 1]. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>.
- Padayachee A, Day L, Howell K, Gidley MJ. 2017. Complexity and health functionality of plant cell wall fibers from fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 57(1):59–81. doi:10.1080/10408398.2013.850652.
- Penagini F, Dilillo D, Meneghin F, Mameli C, Fabiano V, Zuccotti GV. 2013. Gluten-Free Diet in Children: An Approach to a Nutritionally Adequate and Balanced Diet. *Nutrients*. 5:4553–4565. doi:10.3390/nu5114553. [www.mdpi.com/journal/nutrients](http://www.mdpi.com/journal/nutrients).
- Reig-Otero Y, Mañes J, Manyesi Font L. 2017. Sensibilidad al gluten no celiaca (SGNC): manejo nutricional de la enfermedad. *Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria*. 37(1):171–182. doi:10.12873/371MANYESFONT.

- Ren Y, Linter BR, Linforth R, Foster TJ. 2020. A comprehensive investigation of gluten free bread dough rheology, proving and baking performance and bread qualities by response surface design and principal component analysis. *Food & Function*. 11(6):5333–5345. doi:10.1039/D0FO00115E. [accessed 2021 Dec 19]. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2020/fo/d0fo00115e>.
- Rigaud D, Paycha F, Meulemans A, Merrouche M, Mignon M. 1998. Effect of psyllium on gastric emptying, hunger feeling and food intake in normal volunteers: A double blind study. *European Journal of Clinical Nutrition*. 52(4):239–245. doi:10.1038/SJ.EJCN.1600518.
- Roman L, Belorio M, Gomez M. 2019. Gluten-Free Breads: The Gap Between Research and Commercial Reality. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 18(3):690–702. doi:10.1111/1541-4337.12437. [accessed 2021 Dec 19]. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1541-4337.12437>.
- Rosell CM. 2011. The Science of Doughs and Bread Quality. In: Preedy V, Vinood Patel, Watson R, editors. *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention*. San Diego: Academic Press. p. 3–14.
- Sabanis D, Tzia C. 2011. Effect of hydrocolloids on selected properties of gluten-free dough and bread. *Food Science and Technology International*. 17(4):279–291. doi:10.1177/1082013210382350.
- Saha D, Bhattacharya S. 2010. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: A critical review. *Journal of Food Science and Technology*. 47(6):587–597. doi:10.1007/S13197-010-0162-6.
- Samasca G, Sur G, Lupan I, Deleanu D. 2014. Gluten-free diet and quality of life in celiac disease. *Gastroenterol Hepatol Bed Bench*. 7(3):139–143.
- Sánchez C. 2019. Incorporación del psyllium en productos alimentarios tipo pudding [TFM]. [Palencia]: Universidad de Valladolid.
- Sapone A, Bai JC, Ciacci C, Dolinsek J, Green PHR, Hadjivassiliou M, Kaukinen K, Rostami K, Sanders DS, Schumann M, et al. 2012. Spectrum of gluten-related disorders: Consensus on new nomenclature and classification. *BMC Medicine*. 10. doi:10.1186/1741-7015-10-13.
- Sarkar S, Lal RK. 2018. Genetic architecture of some agronomic traits as deciphered from diallel cross analysis of *Plantago ovata* Forsk. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. 9:55–61. doi:10.1016/J.JARMAP.2018.02.002.
- Saturni L, Ferretti G, Bacchetti T. 2010. The Gluten-Free Diet: Safety and Nutritional Quality. *Nutrients*. 2:16–34. doi:10.3390/nu2010016. [www.mdpi.com/journal/nutrients](http://www.mdpi.com/journal/nutrients).
- Wärnberg J, Marcos A, Bueno G, Moreno LA. 2009. Functional benefits of psyllium supplementation. *Current topics in nutraceutical research*. 7(2).

## 6. ANNEXOS

### 6.1. ANNEX 1: Enquesta d'avaluació sensorial de la prova pilot

### TFG psyllium i pa sense gluten

Hola! Em dic Queralt Garcia i estic realitzant el TFG sobre l'efecte de psyllium en el pa sense gluten. Pel meu treball, he decidit dur a terme un petit estudi sensorial que pugui aportar informació addicional a la recerca bibliogràfica. A continuació, es presenten una sèrie de preguntes per valorar tant la intensitat com l'acceptabilitat de les característiques organolèptiques dels pans sense gluten que degustareu. Moltes gràcies!

#### ASPECTE

Color de la CROSTA 273 \*

	1	2	3	4	5	6	7	
Molt clara	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Molt fosca

Color de la CROSTA 273 \*

	1	2	3	4	5	6	7	
No m'agrada gens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	M'agrada molt

Color de la CROSTA 589 \*

	1	2	3	4	5	6	7	
Molt clara	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Molt fosca

Color de la CROSTA 589 \*

	1	2	3	4	5	6	7	
No m'agrada gens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	M'agrada molt

Color de la CROSTA 814 \*

	1	2	3	4	5	6	7	
Molt clara	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Molt fosca

Color de la CROSTA 814 \*

	1	2	3	4	5	6	7	
No m'agrada gens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	M'agrada molt

Color de la MOLLA 273 \*

	1	2	3	4	5	6	7	
Molt clara	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Molt fosca

Color de la MOLLA 273 \*

	1	2	3	4	5	6	7	
No m'agrada gens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	M'agrada molt

Color de la MOLLA 589 \*

	1	2	3	4	5	6	7	
Molt clara	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Molt fosca

Color de la MOLLA 589 \*

	1	2	3	4	5	6	7	
No m'agrada gens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	M'agrada molt

Color de la MOLLA 814 \*

	1	2	3	4	5	6	7	
Molt clara	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Molt fosca

Color de la MOLLA 814 \*

	1	2	3	4	5	6	7	
No m'agrada gens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	M'agrada molt

Porositat 273 \*

	1	2	3	4	5	6	7	
Alvèols molt petits	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Alvèols molt grans

Porositat 273 \*

	1	2	3	4	5	6	7	
No m'agrada gens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	M'agrada molt

Porositat 589 \*

	1	2	3	4	5	6	7	
Alvèols molt petits	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Alvèols molt grans

Porositat 589 \*

	1	2	3	4	5	6	7	
No m'agrada gens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	M'agrada molt

Porositat 814 *								
	1	2	3	4	5	6	7	
Alvèols molt petits	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Alvèols molt grans

Porositat 814 *								
	1	2	3	4	5	6	7	
No m'agrada gens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	M'agrada molt

## TEXTURA

Elasticitat de la molla 273								
	1	2	3	4	5	6	7	
Molt baixa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Molt elevada

Elasticitat de la molla 273								
	1	2	3	4	5	6	7	
No m'agrada gens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	M'agrada molt

Elasticitat de la molla 589								
	1	2	3	4	5	6	7	
Molt baixa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Molt elevada

Elasticitat de la molla 589								
	1	2	3	4	5	6	7	
No m'agrada gens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	M'agrada molt



Elasticitat de la molla 814

	1	2	3	4	5	6	7	
Molt baixa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Molt elevada

Elasticitat de la molla 814

	1	2	3	4	5	6	7	
No m'agrada gens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	M'agrada molt

Duresa 273

	1	2	3	4	5	6	7	
Esponjós	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Compacte

Duresa 273

	1	2	3	4	5	6	7	
No m'agrada gens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	M'agrada molt

Duresa 589

	1	2	3	4	5	6	7	
Esponjós	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Compacte

Duresa 589

	1	2	3	4	5	6	7	
No m'agrada gens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	M'agrada molt

Duresa 814

	1	2	3	4	5	6	7	
Esponjós	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Compacte

Duresa 814

	1	2	3	4	5	6	7	
No m'agrada gens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	M'agrada molt

Esmicolament 273

	1	2	3	4	5	6	7	
Baix	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Elevat

Esmicolament 273

	1	2	3	4	5	6	7	
No m'agrada gens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	M'agrada molt

Esmicolament 589

	1	2	3	4	5	6	7	
Baix	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Elevat

Esmicolament 589

	1	2	3	4	5	6	7	
No m'agrada gens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	M'agrada molt

Esmicolament 814

	1	2	3	4	5	6	7	
Baix	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Elevat

Esmicolament 814

	1	2	3	4	5	6	7	
No m'agrada gens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	M'agrada molt

## AROMA/SABOR

Aroma 273

	1	2	3	4	5	6	7	
Poc intensa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Molt intensa

Aroma 273

	1	2	3	4	5	6	7	
No m'agrada gens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	M'agrada molt

Aroma 589

	1	2	3	4	5	6	7	
Poc intensa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Molt intensa

Aroma 589

	1	2	3	4	5	6	7	
No m'agrada gens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	M'agrada molt

**Aroma 814**

	1	2	3	4	5	6	7	
Poc intensa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Molt intensa

**Aroma 814**

	1	2	3	4	5	6	7	
No m'agrada gens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	M'agrada molt

**Sabor 273**

	1	2	3	4	5	6	7	
Poc intens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Molt intens

**Sabor 273**

	1	2	3	4	5	6	7	
No m'agrada gens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	M'agrada molt

**Sabor 589**

	1	2	3	4	5	6	7	
Poc intens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Molt intens

**Sabor 589**

	1	2	3	4	5	6	7	
No m'agrada gens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	M'agrada molt

Sabor 814

1 2 3 4 5 6 7

Poc intens        Molt intens

---

Sabor 814

1 2 3 4 5 6 7

No m'agrada gens        M'agrada molt

### ACCEPTABILITAT GENERAL DEL PA

Quin pa t'ha agradat més? \*

273

589

814

---

Per què?

Text d'una resposta llarga

---

Moltes gràcies per la vostra col·laboració!



## 6.2. ANNEX 2: Respostes escrites de l'enquesta d'avaluació sensorial

Les respostes escrites en l'última pregunta de l'enquesta (Annex 1) "Per què?" fent referència a "Per què t'ha agradat més el pa que has escollit?" es troben recopilades en la següent taula:

Motius de preferència		
XG (273)	XGP (589)	P (814)
<p>Gust mes intens, textura correcta tot i que una mica terrosa, pocs albeols però en general m'agrada i el consumiria diàriament</p> <p>S'assembla més al pa tradicional el 273 i és agradable de menjar, tot i que d'aspecte el 814 el trobo el més atractiu ja que em sembla integra</p> <p>El 589 em sembla massa compacte i el regust no m'agrada, poder sembla quelcom químic (??)</p> <p>S'assembla al pa real</p> <p>Mes esponjos i agradable a la boca</p> <p>El seu gust i aroma mhan agradat mes</p> <p>Gust, i esponjositat</p>	<p>La textura en boca i el sabor es mes bo</p> <p>Intensitat del gust, el gust en si i la textura (esponjositat,duresa,etc) superiors als demés.</p> <p>És el que més m'agrada de textura, els altres m'han semblat més secs</p> <p>Perquè té una textura molt esponjosa i a més un sabor que m'agrada</p> <p>Característiques organolèptiques més compensades i semblants a un pa amb gluten</p> <p>Es el mes semblant al pa amb gluten, tant per textura com per gust</p> <p>Perquè és el que té més sabor, encara que es un sabor suau. Té un aroma i una esponjositat que m'agrada.</p> <p>Dels tres és el que he notat menys aspre (o sec) en boca, sobretot en relació al 273. D'altra banda, m'ha agradat més que el 814, ja que el regust que deixava era massa intens.</p> <p>Per la seva esponjositat</p> <p>La textura m'ha semblat molt millor</p> <p>Per la textura esponjosa. L'altre es desfà massa a la boca.</p> <p>el gust i la textura son mes bons</p> <p>A nivell de textura, sabor i aroma es el que més gust a pa te dels 3.</p> <p>L'olor no m'ha agradat tant pero el sabor es més neutre, i això ho valoro positivament</p> <p>Tant en aspecte com en sabor m'ha agradat més perquè no el trobo molt intens ni insípid.</p> <p>La molla mes homogenia, es torra millor, color correcte textura aconseguida</p> <p>Es el que s'assembla més a un pa amb gluten (en quant a paràmetre de textura). De sabor tots estaven molt be, però els altres dos s'esmicolaven molt ràpid, com si no es pugués arribar a untar mantega sense que es trenqui (sense tostar).</p> <p>El sabor potent, cruixent i no s'esmicola fàcilment una vegada torrat. L'olor agradable. I no es fa difícil d'empassar.</p>	<p>Gust</p> <p>De gust es el que m'ha agradat mes pero d'aspecte m'agrada mes el 273</p> <p>El conjunto de sabor y textura me gusta más. De aspecto es el que menos porque me llama más la atención el pan más claro</p> <p>el 273 sibretot per la textura, el sabor un pel mes justet pero mha semblat el mes semblant al pa sense gluten. el 814 es el segon mes bo.</p> <p>Tot i que el color m'agrada més dels altres, la intensitat i gustositat del 814 m'agrada més. La textura de la molla és més seca però més assimilable a un pa amb gluten. En tots els casos la textura és molt diferent als pans amb gluten.</p> <p>Pel sabor, potser l'aspecte m'ha tirat enrere pero el sabor compensa.</p> <p>Sabor, color y textura pero el 589 tambe esta molt bo</p> <p>Esponjositat es pot veure a la porositat. El aspecte i el color es molt bo. El sabor es mitjanament intens.</p> <p>Té més sabor.</p>

## 6.3. ANNEX 3: Presentació de diapositives pel servei realitzat



# El psyllium per millorar la textura i el perfil nutricional del pa sense gluten

Queralt Garcia Vila

Treball de Fi de Grau en Ciència i Tecnologia dels Aliments

5 de maig del 2022



## Índex

1. Presentació del projecte
2. Introducció
  - 2.1. Dieta sense gluten
  - 2.2. Pa sense gluten
3. Psyllium
4. Prova pilot
5. Conclusions

## 1. Presentació del projecte

### TFG en aprenentatge i servei (ApS)

#### Projecte orientat a resoldre una **necessitat social real:**

Desenvolupar formulacions de pa SG que proporcionin un producte saludable i sensorialment similar als seus homòlegs

#### Servei comunitari a una entitat sense ànim de lucre:

Associació de Celiacs de Catalunya

#### Objectiu del projecte

Aportar informació sobre l'ús del psyllium en el pa sense gluten per millorar-ne la textura i el perfil nutricional:

- Cerca bibliogràfica dels efectes del psyllium en pa sense gluten
- Prova pilot de pa sense gluten amb psyllium

## 2. Introducció | Dieta sense gluten

### DIETA SENSE GLUTEN (DSG) Reg (CE) n° 41/2009

- Exclusió total del gluten → fracció proteïca present en blat (trigo), sègol (centeno), ordi (cebada), civada\* (avena), espelta, kamut o triticale.
- Productes naturalment sense gluten o amb un contingut inferior a 20 ppm.

#### Característiques dels productes processats sense gluten:

- ↓ fibra dietètica
- ↓ proteïnes
- ↑ lípids (saturats)
- ↑ carbohidrats
- ↑ índex glucèmic (IG)
- ↓ vitamines i minerals



#### ↑ Riscos per la salut:

- Malalties cardiovasculars
- Diabetis tipus II
- Obesitat
- Deficiències de vitamines i minerals

## 2. Introducció | Pa sense gluten

Gliadina

Viscositat i extensibilitat

Glutenina

Elasticitat

+

Energia mecànica

→

Aigua

**GLUTEN**

Xarxa viscoelàstica

- Atrapa gas i permet expansió de la massa durant la fermentació
- Desnaturalització durant el fornejat: manté expansió massa → esponjositat i volum final del pa
- Control humitat → molla tova

## 2. Introducció | Pa sense gluten

Pa de blat

Pa sense gluten

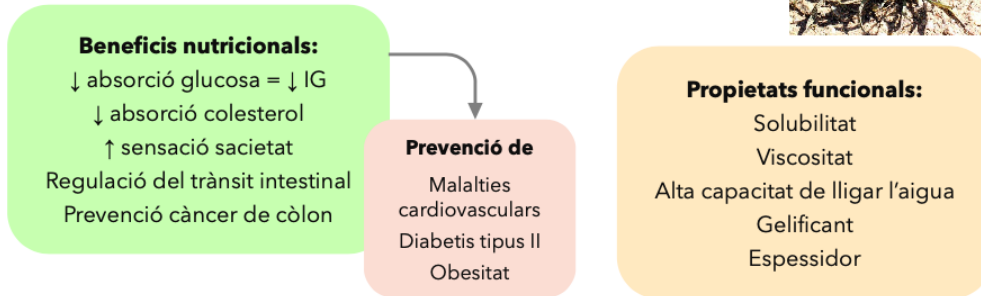
#### PA SENSE GLUTEN

- ↓ qualitat nutricional
- ↓ consistència i elasticitat massa = no reté gas ni humitat inicial
  - ↓ volum
  - ↑ esmicolament
  - ↑ duresa molla
  - ↓ color crosta
  - ↓ vida útil del pa



### 3. Psyllium

- Llavors de la planta *Plantago ovata*
- Riques en mucíl·lags → fibra soluble amb propietats nutricionals i funcionals



### 3. Psyllium



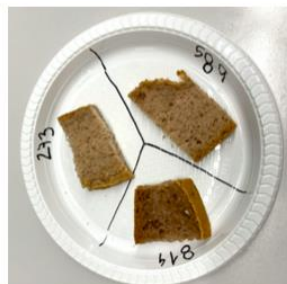
\*Els % estan expressats en base seca

### 4. Prova pilot | Metodologia



Pa rústic "**Tradició free**":

Agua, almidón de maíz, almidón de trigo sin gluten, almidón de tapioca, harina de arroz, harina de lino, azúcar de caña, sal, fermento natural de teff, fermento natural de trigo sarraceno, levadura, **goma guar**, **goma xantana**, hipromelosa, harina de algarroba, bicarbonato sódico.



## 4. Prova pilot | Metodologia

X: goma xantana  
G: goma guar  
P: psyllium

\*Els % estan expressats en base seca

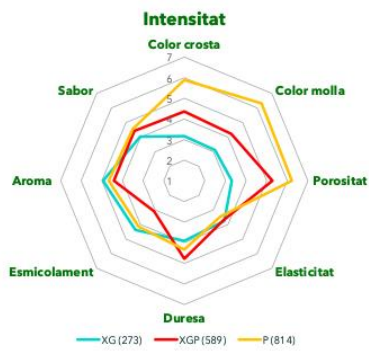
273 → **XG** = 0,88 % X + 0,88% G  
= 1,76 % gomes

589 → **XGP** = 0,44 % X + 0,44 % G + **0,44 % P**  
= 1,32 % gomes

814 → **P** = **1,76 % P**  
= 1,76 % gomes



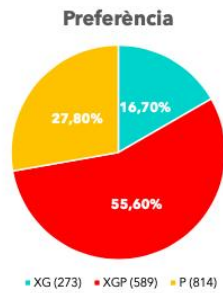
## 4. Prova pilot | Resultats



## 4. Prova pilot | Resultats



## 4. Prova pilot | Resultats



- Psyllium aporta aroma i color intens
- ↑ duresa i ↓ elasticitat pa amb psyllium (P) → ajustar l'aigua
- ↓ volum del pa de barreja (XGP) → menor % de gomes
- Sinèrgia de gomes (XGP) → millora esmicolament



## 5. Conclusions

- La introducció del psyllium en el pa sense gluten pot tenir **efectes beneficiosos per la salut** destacant que **pot contribuir en la prevenció de malalties** cardiovasculars, diabetis tipus II i obesitat, així com la **regulació del trànsit intestinal**.
- Pot utilitzar-se com a **ingredient substitutiu del gluten**: s'ha demostrat amb evidència científica que pot millorar **l'estructura de la massa i la textura, aparença, acceptació i vida útil del pa sense gluten**.
- La **combinació del 0,44% de psyllium juntament amb goma xantana i goma guar** ha obtingut la major acceptació en la prova pilot realitzada, destacant el **color de la crosta, color de la molla, porositat, sabor i la reducció de l'esmicolament**.
- Existeix poca bibliografia sobre els efectes beneficiosos del psyllium en el pa sense gluten i en la salut dels seus consumidors. També es requereixen més estudis sobre l'efecte del psyllium en el pa sense gluten i la seva acceptabilitat.



