



UNIVERSITAT  
ROVIRA i VIRGILI



Èlia Climent Figuerola

**INFORME TREBALL FI DE GRAU**  
**ESTUDI DE LA INCORPORACIÓ DE**  
**MICROALGUES COM A FONT DE**  
**PROTEÏNA EN CREMES DE**  
**VERDURES**

Dirigit per la Dra. Carme Güell Saperas

Grau de Tècniques en Bioprocessos Alimentaris  
Universitat Rovira i Virgili  
Tarragona, Curs 2021-2022

## **AGRAÏMENTS**

En primer lloc, voldria agrair a l'IRTA la possibilitat que m'ha ofert de realitzar aquest estudi en el seu centre de Monells, dedicat específicament a la Indústria i Tecnologia Alimentària, concretament dins el programa de Qualitat i Tecnologia Alimentàries. Agrair també especialment el suport i la supervisió d'en Josep Comaposada, com a tutor dins el centre, Massimo Castellari com a coordinador del projecte i Pere Gou com a cap del programa on s'emmarca l'activitat. També vull mencionar tot l'equip d'IRTA – Monells, per l'ajuda i la companyonia durant tota la meva estada al centre, sense aquestes persones hagués estat molt més complicada la meva tasca.

També vull donar les gràcies a la Universitat Rovira i Virgili, que m'ha facilitat el desenvolupament del treball en aquest centre de recerca, malgrat la distància i les complicacions burocràtiques. En especial, a la meva tutora Carme Güell Saperas pel recolzament acadèmic i personal, i també a la responsable dels estudis Sílvia de Lamo Castellví.

Per últim, agrair a la meva família, parella i amistats el suport donat, no només alhora de realitzar el treball tot l'estiu, sinó també en l'adaptació a una nova ciutat, Girona, i en general per ser-hi sempre en els moments de canvi i complicacions.

Projecte realitzat en col·laboració amb:



Dins el projecte europeu:



## ÍNDEX

0. RESUM.....	4
1. INTRODUCCIÓ.....	5
2. MATERIALS I MÈTODES .....	9
2.1. Formulació de la crema de verdures amb microalgues.....	9
2.2. Preparació de les mostres.....	9
2.3. Propietats fisicoquímiques.....	11
2.4. Propietats reològiques.....	12
2.5. Anàlisi estadística .....	13
2.6. Composició nutricional teòrica.....	13
3. RESULTATS I DISCUSSIÓ.....	14
3.1. Estudi del color de les microalgues en cru .....	14
3.2. Propietats fisicoquímiques.....	14
3.2.1. Color.....	14
3.2.2. pH i activitat d'aigua.....	15
3.2.3. Humitat en base humida, retenció d'aigua i sòlids solubles .....	17
3.3. Propietats reològiques.....	18
3.4. Avaluació global del disseny experimental amb estadística multivariable .....	22
3.4.1. Propietats fisicoquímiques .....	22
3.4.2. Propietats reològiques .....	22
3.5. Composició nutricional teòrica.....	25
3.6. Avaluació econòmica.....	28
4. CONCLUSIONS .....	29
5. REFERÈNCIES .....	32
6. ANNEXOS .....	34
Annex 1: Ajust de la formulació .....	34
Annex 2: Procés d'esterilització .....	35
Annex 3: Tractament de dades reològiques .....	50
Annex 4: Càlcul de la composició nutricional .....	53
Annex 5: Càlcul de l'avaluació econòmica.....	59

## 0. RESUM

L'objectiu principal d'aquest estudi és caracteritzar físico-químicament el comportament d'una crema d'espínacs amb quatre microalgues diferents a dos nivells d'addició, per determinar quina fórmula presenta més similituds amb la crema original. L'estudi s'emmarca dins de Profuture, un projecte de recerca europeu coordinat per IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentària) que té com a objectiu augmentar progressivament la producció de microalgues i preparar el mercat per la incorporació de les seves proteïnes com a ingredients per productes innovadors i sostenibles en el sector de l'alimentació humana i animal.

*Chlorella Vulgaris*, *Spirulina Platensis* (*Arthrospira platensis*), *Tetraselmis Chuii* i *Nannochloropsis Oceanica* són les quatre espècies de microalga utilitzades en aquest projecte. La caracterització del producte es duu a terme amb l'anàlisi dels següents paràmetres fisicoquímics: la reologia, el pH, el color, la capacitat de retenció d'aigua, els sòlids solubles, l'activitat d'aigua i la humitat. A més a més, se n'estudia la composició química amb focus especial en l'aportació de proteïna, per veure si el producte té el reclam d'alt contingut en proteïna; i per últim es realitza una aproximació econòmica del cost dels ingredients per cada formulació produïda a nivell de laboratori.

Per a l'atribut de color de les cremes, l'espècie de microalga utilitzada és el factor més rellevant. En el cas d'afegir *Spirulina Platensis*, s'observa molta diferència de color, amb mostres més fosques i menys verdoses; i per contra, amb *Chlorella Vulgaris*, l'efecte de la microalga no és perceptible a nivell visual. Quant al pH, el medi de cultiu de les espècies n'afecta el resultat, ja que les espècies marines modifiquen el pH inicial cap a un valor més bàsic, sobretot en el cas de *Tetraselmis Chuii*. La humitat del producte disminueix significativament a mesura que s'augmenta el nivell d'addició de microalga, donat que aquesta s'afegeix deshidratada, substituint l'equivalent del seu pes per vegetals, que tenen un elevat contingut d'aigua. Sobre el comportament reològic, l'espècie és el factor més influent en els resultats. Els dos testos realitzats demostren que a major concentració de microalga, menys viscositat presenta el producte, excepte per *Spirulina Platensis*, que és més viscosa que el control. L'activitat d'aigua només presenta diferències per la formulació amb *Tetraselmis Chuii* al 3 % de concentració; explicable al ser una espècie marina amb més contingut de sal que pot fer disminuir l'activitat d'aigua lliure de la mostra.

Per últim, a nivell nutricional, totes les espècies excepte *Chlorella Vulgaris* permeten l'etiquetatge com a alt contingut en proteïna amb un 3% d'addició, i *Spirulina Platensis* també ho accepta amb un 1,5 %. A més a més, són aquestes dues espècies les que tenen un preu més competitiu al mercat actual.

Com a conclusió global, la microalga que presenta menys diferències fisicoquímiques respecte el control és la *Chlorella Vulgaris*, l'única que es podria acceptar amb un 3 % d'addició. Les altres tres, només es podrien seguir desenvolupant amb un 1,5 % de concentració. Calen doncs més estudis per seguir desenvolupant noves formulacions a partir d'aquests resultats, i buscar noves fonts proteiques per combinar amb les actuals sense perjudicar les característiques fisicoquímiques dels productes finals.

## 1. INTRODUCCIÓ

L'actual sistema productiu requereix una transformació global cap a un model sostenible per afrontar, entre d'altres problemes, l'augment exponencial de població i l'emergència climàtica. S'estima que l'any 2050 la població mundial arribarà als 9,8 mil milions d'habitants (Gilland, 2002), requerint un augment de la producció d'aliments que permeti alhora mitigar el canvi climàtic i assegurar una correcta nutrició arreu del territori. La temperatura global del planeta ha augmentat 1,9 °C des de 1980 amb conseqüències com l'augment del nivell del mar, la fusió de glaciars i pols, canvis en les precipitacions i l'acidificació dels oceans (CIT, 2020). Per aquest segon repte, és imprescindible augmentar la resiliència dels sistemes de cultiu així com adaptar les diferents dietes de la població per assolir l'equilibri entre el que es pot produir i el que es necessita a nivell nutricional.

Per tal de reduir la pressió ambiental del sistema productiu actual, una solució és disminuir el consum de proteïna animal i substituir-la per opcions d'origen vegetal. La producció de menjar implica entre un 20 i 30 % de l'impacte ambiental global i gairebé el 30 % de les emissions de gasos d'efecte hivernacle (Tukker & Jansen, 2006). Les dietes vegetarianes redueixen l'ús del terreny i la sobre-demanda de cereals i recursos que es necessiten per a la producció animal, els quals es podrien utilitzar per alimentar la població (White, 2000). A més a més, recentment hi ha una demanda creixent de fonts de proteïna, aproximadament mil milions de persones no ingereixen prou proteïna, i les fonts actuals són insuficients (Caporgno & Mathys, 2018). Per tot això, el mercat actual cerca noves fonts de proteïna vegetal que puguin ajudar a la reducció del consum animal, i dins d'aquestes s'hi inclouen les microalgues, que es calcula que conformaran el 18 % de proteïna alternativa al mercat l'any 2054 (Comission, 2015).

Les microalgues són organismes microscòpics que es troben tant en aigua salada com dolça i es classifiquen com microorganismes eucariotes o cianobacteris procariòtiques, amb més de 25.000 espècies identificades. Es caracteritzen per produir-se en poc temps, multiplicant-se exponencialment sota condicions ambientals favorables (Vale & Gonçalves, 2020). Quant al seu cultiu, les microalgues tenen baix requeriment de terreny comparat amb la proteïna animal, traduït en menys de 2,5 m<sup>2</sup> per kg de proteïna, enlloc dels 47-64 m<sup>2</sup> per porc, 42-52 m<sup>2</sup> per pollastre i 144-258 m<sup>2</sup> per carn de vedella. A més a més, l'ús de terrenys no cultivables, baix consum d'aigua i la possibilitat de créixer en aigua de mar també són avantatges del cultiu de microalgues (Waghmare, Salve, LeBlanc, & Arya, 2016).

Profuture és un projecte de recerca europeu coordinat per IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentària) que té com a objectiu augmentar progressivament la producció de microalgues i preparar el mercat per la incorporació de les seves proteïnes com a ingredients per productes innovadors i sostenibles en el sector de l'alimentació humana i animal.

*Chlorella Vulgaris*, *Spirulina Platensis* (*Arthrospira platensis*), *Tetraselmis Chuii* i *Nannochloropsis Oceànica* són les quatre espècies de microalga utilitzades en el marc d'aquest estudi, que venen determinades pel projecte Profuture, per ser de les més cultivades a Europa (Conde, et al., 2021). A nivell nutricional, les microalgues contenen lípids, proteïna i

carbohidrats com a components principals. A més, són interessants des del punt de vista tecnològic al ser utilitzades com a emulsionants, escumants, gelificants i per la bona retenció d'aigua i greix.

Mirant més en detall les espècies mencionades, la primera, *Chlorella Vulgaris*, és una espècie de microalga verda d'aigua dolça molt utilitzada com a suplement alimentari per ser font de nutrients i també pels beneficis següents: reduir la pressió sanguínia, reduir els nivells de colesterol i glucosa, accelerar la curació de ferides i augmentar funcions immunològiques (Waghmare, Salve, LeBlanc, & Arya, 2016). Ha estat aprovada pel consum humà per l'EFSA, l'European Food Safety Authority (Regulation UE 2015/2283).

La segona, *Spirulina Platensis* és una espècie de cianobacteri d'aigua dolça, o alga verd-blava, per ser un conjunt de microorganismes lligats a les bacteries però capaços de fer la fotosíntesi, i per això s'inclouen dins el grup de les microalgues tot i ser procariotes. Dins del terme *Spirulina* s'inclouen dues espècies de cianobacteris: *Arthrospira platensis* i *Arthrospira maxima*. És la microalga més cultivada arreu del món, al voltant d'un 30 % del total, i es reconeix pel seu alt contingut proteic, el poder colorant i la seva riquesa en carotenoides. El seu consum s'associa a realçar el sistema immunològic, reduir el risc de desenvolupar malalties degeneratives cròniques, malalties cardiovasculars i alguns tipus de càncer (Lafarga, Fernández-Sevilla, & González-López, 2020). Ha estat aprovada pel consum humà per EFSA (Regulation UE 2015/2283).

En tercer lloc, *Tetraselmis Chuii* és una microalga verda d'aigua marçquina, descoberta el 1950, unicel·lular, de la classe Prasinophyceae (Toro, et al., 2020). És utilitzada com a additiu pel seu gust marí (Caporgno & Mathys, 2018). D'entre els seus beneficis a nivell nutricional, destaquen l'augment de la capacitat antioxidant, el contingut de fenols total (TPC), incrementant la bioactivitat d'alguns ingredients com la farina (Cristiana, Fernandes, Vasco, Sousa, & Raymundo, 2020). Ha estat aprovada pel consum humà per EFSA (Regulation UE 2017/2470).

Per últim, *Nannochloropsis Oceanica* és una microalga unicel·lular d'aigua marina de la classe Eustigmatophyceae; una de les 6 espècies d'alga del gènere *Nannochloropsis* que s'han aïllat a dia d'avui. És considerada una bona font d'àcids grassos omega 3, especialment EPA i molt utilitzada en la producció d'oli d'omega 3 com a suplement alimentari. A més a més, conté alts nivells de proteïna i lípids de qualitat i bioaccessibilitat, àcids grassos poliinsaturats i pigments antioxidants (Kagan & Matulka, 2015). El seu principal benefici nutricional és la producció de vitamina D3, E, B9 i B12, a diferència d'altres microalgues fins ara estudiades (Ljubic, Jacobsen, Holdt, & Jakobsen, 2020). S'ha estudiat la toxicitat d'altres varietats del mateix gènere, com la *Nannochloropsis Oculata*, i s'ha confirmat l'absència de toxicitat. Tot i això, poques espècies han estat autoritzades pel consum humà en concepte de novel foods; i el gènere *Nannochloropsis* està pendent d'aprovació, encara en fase d'estudi (Zanella & Vianello, 2020).

El mercat actual, tant global com europeu, inclou des de fa anys microalgues i algues, amb formats i funcions tecnològiques o nutritives diverses. Poden considerar-se additius per aportar

gust, color, suplementos nutricionals, o coadjuvants tecnològics, segons les seves característiques. En l'estudi de Boukid i Castellari (Boukid & Castellari, Food and beverages containing algae and derived ingredients launched in the market from 2015 to 2019: a front-of-pack labelling perspective with a special focus on Spain, 2021), assenyalen que entre 2015 i 2019 es van treure al mercat 13.090 productes a tot el món, 5.720 a Europa, dels quals 436 a Espanya, amb algues o microalgues com a ingredients. Les principals categories eren productes làctics i postres, i majoritàriament dominaven els carragenats, per la seva funció tecnològica. Centrant la visió únicament en les microalgues, la més utilitzada com a suplement alimentari a nivell nutricional és la *Spirulina*, promocionada sovint com a superaliment. Recentment, la tendència és incorporar microalga com a ingredient en la formulació de productes alimentaris, ja sigui en forma de biomassa o incorporant-ne compostos derivats, majoritàriament *Chlorella* o *Spirulina*. La quantitat amb què aquest ingredient s'afegeix és reduïda i varia molt segons la matriu original; en la cerca realitzada, el nivell màxim afegit és del 8 % en extrudits de blat de moro (Lafarga T. , Effect of microalgal biomass incorporation into foods: nutritional and sensorial attributes of the end products, 2019).

Els estudis existents sobre la incorporació de microalgues en productes alimentaris per al consum humà inclouen una varietat limitada de matrius, sobretot làctics com iogurts i formatges, galetes i dolços, pa, pasta i snacks. Una part del projecte Profuture se centra, doncs, en re-formular productes per a l'alimentació humana utilitzant microalgues, ingredients rics en proteïna vegetal, en sis matrius diferents: pasta, pa, sopes i cremes vegetals, begudes i barretes energètiques per a esportistes i salsitxes veganes. Per fer-ho, cal estudiar a nivell de laboratori com millorar l'aparença, textura, aroma i gust dels productes elaborats.

Les cremes de verdures han guanyat popularitat entre els consumidors darrerament per la seva versatilitat i la varietat d'ingredients frescos que poden contenir, i són considerades una font saludable de nutrients i compostos bioactius. A més a més, el seu cost és baix i són fàcils de conservar i consumir (Fernández-López, et al., 2020). Per aquests motius es considera una possible matriu per a la incorporació de microalgues.

L'addició de microalgues en cremes vegetals s'ha estudiat anteriorment per a una matriu de crema de bròquil (Lafarga, Ación-Fernández, Castellari, & Villaró, 2019) amb una concentració d'entre 0 i 2 % de les espècies següents: *Spirulina sp.*, *Chlorella sp.*, i *Tetraselmis sp.*, totes tres autoritzades pel consum humà a la UE. L'estudi conclou que el nivell màxim d'addició tolerat tant a nivell de gust com acceptabilitat és de l'1 %, a causa del color, olor i gust característic de les espècies utilitzades. També planteja anar a concentracions més elevades i diferents formulacions, per tal d'incrementar la quantitat de microalga afegida i valorar-ne els resultats.

Els paràmetres a avaluar s'extreuen del recull d'articles citats anteriorment, sobretot dels autors Lafarga, Verdú i Carcelli. Per determinar l'efecte de l'addició de microalgues en l'acceptació del nou producte, s'avalua, en primer lloc, el canvi a nivell visual amb el color de les cremes. A continuació, a nivell de textura, s'analitza la reologia del producte per la seva vinculació directa amb la percepció organolèptica de qui el consumeixi. A més a més, la

reologia és important per l'escalat industrial del nou producte, si cal redefinir algun procés o modificar algun paràmetre per poder produir-lo. Donada aquesta importància, també s'analitzen quatre paràmetres relacionats amb l'aigua i els sòlids del producte. Així, es pretén determinar el contingut d'aigua a partir de la humitat en base seca, l'activitat d'aigua per determinar l'aigua lligada del producte, la capacitat de retenció d'aigua amb l'estudi de la sinèresi i, per últim, els sòlids solubles per comprovar si l'addició de microalgues en pols té algun efecte sobre aquests. L'estudi de la sinèresi té també importància a nivell de conservació del producte i futura determinació de la seva vida útil, perquè la capacitat de retenció d'aigua al llarg del temps afecta a la qualitat de les cremes de verdures. En relació amb la idea de conservació, s'estudia el pH del producte, ja que l'acidesa afecta a la degradació microbiològica dels aliments, i també a nivell sensorial pot tenir incidència en el gust del producte.

En el marc d'aquests reptes, l'objectiu principal d'aquest estudi és caracteritzar físico-químicament el comportament de la crema d'espínacs amb quatre microalgues diferents a dos nivells d'addició, per determinar quina fórmula presenta més similituds amb la crema original. Per fer aquesta caracterització, el primer objectiu específic és el d'analitzar els paràmetres físicoquímics més característics de la crema de verdures. Aquests són la reologia, el pH, el color, la capacitat de retenció d'aigua, els sòlids solubles, l'activitat d'aigua i la humitat. El segon objectiu específic és el de determinar com l'addició de microalgues millora l'etiquetat de la crema a nivell de composició nutricional, amb focus especial en l'aportació de proteïna.

## **2. MATERIALS I MÈTODES**

### **2.1. Formulació de la crema de verdures amb microalgues**

Les cremes de verdures amb microalgues elaborades per aquest estudi s'han desenvolupat a la planta pilot d'IRTA Monells (Monells, Catalunya). La formulació inicial per a la crema control s'ha obtingut de l'envàs que l'empresa col·laboradora del projecte comercialitza, on es llisten els ingredients del producte de major a menor presència, detallada a la Taula 2.1, formulació control). El paràmetre de qualitat marcat per l'empresa és la viscositat del producte, que depèn del contingut d'aigua i per tant cal ajustar-lo per entrar dins els valors requerits. La viscositat s'ha de trobar entre 8 i 10 cm durant 30 segons utilitzant un consistòmetre Bostwick (PCE, 2021), abans del tractament d'esterilització. L'ajust de la formulació per tal de complir aquest requisit es troba a l'annex 1.

La quantitat de microalga afegida és de 1,5 i 3 % sobre el contingut total de verdura de la crema, mantenint constant la quantitat d'aigua, oli i sal. Aquesta concentració s'ha definit a partir de les referències bibliogràfiques ja comentades a la introducció i proves prèvies amb un 3 i 5 % de microalga, descartant aquest últim a l'afectar negativament les propietats organolèptiques de la crema. A la taula 2.1 es presenta la formulació en percentatge màssic de les cremes produïdes: el control, la crema amb 1,5 % de microalga i amb un 3,0 % de microalga (calculat sobre el 67,6 g de verdures), sense modificar la quantitat afegida d'aigua, oli i sal de la formulació inicial.

Les matèries primeres vegetals comercialitzades per Geland (Girona, Espanya), es conserven congelades tallades en porcions petites a -18 °C envasades en bosses de plàstic transparents; l'aigua, oli de gira-sol i sal comuna obtinguts en un supermercat local es conserven a temperatura ambient. Les microalgues, proporcionades per IRTA Monells i obtingudes de les empreses Allmicroalgae i Necton, estan atomitzades, envasades al buit, i es conserven a 4 °C. Les quatre varietats de microalga que s'utilitzen venen definides pel projecte Profuture en el que s'emmarca aquest estudi (Profuture, 2020).

La quantitat de crema produïda ha estat d'1 kg per cada categoria en triplicat, obtenint 3 lots de producte elaborats dies diferents, de manera aleatòria. Les combinacions de microalgues a 1,5 i 3,0 % d'addició per triplicat generen 24 mostres, que sumant les 3 mostres de control de crema de verdures sense microalga, fan un total de 27 mostres. Per cada lot, les anàlisis es realitzen per duplicat, aconseguint finalment 6 repeticions de cada combinació d'espècie de microalga i concentració afegida.

### **2.2. Preparació de les mostres**

El procés de producció d'1 kg de crema consisteix en pesar les verdures directament congelades, i la resta d'ingredients, coure-ho en una robot de cuina (Thermomix, Worwerk) 25 minuts a 90 °C, triturar la crema durant 75 segons a velocitat progressiva 5-9, distribuir-la en 5 ampolles de vidre de 200 mL aptes per a la posterior esterilització. Refredar el producte en un

bany de gel fins a 20 °C per assegurar un procés d'esterilització estàndard en un autoclau (ILPRA, Espanya) seguint el programa especificat a la taula 2.2. Els paràmetres de temps i temperatura del procés d'esterilització s'han ajustat per obtenir una F final d'11,56; seguint el paràmetre indicat per l'empresa col·laboradora de 116 °C durant 74 minuts. L'annex 2 aporta informació detallada sobre l'ajust i les característiques del procés d'esterilització.

Cada producció es divideix en 5 ampolles de 200 mL, una de les quals es subdivideix en 8 flascons de 15 i 50 mL i es congelen a -18 °C per a les anàlisis químiques. De les altres 4 ampolles de 200 mL, una s'esterilitza per realitzar la anàlisi física del consistòmetre Bostwick, dues esterilitzades es fan servir per a la resta d'anàlisis físiques i una última es guarda a temperatura ambient controlada de 20 °C per un futur estudi de vida útil. La codificació de les mostres segons l'espècie de microalga i el seu grau d'addició es troba explicada a la taula 2.3.

**Taula 2.1. Formulació cremes de verdures amb microalga.**

Ingredient	Control 0 % microalga (g)	Mostra 15 1,5 % microalga (g)	Mostra 30 3,0 % microalga (g)
Microalga	0,00	1,01	2,03
Espinacs	15,40	15,17	14,94
Carabassó	13,50	13,30	13,10
Cigrons	13,50	13,30	13,10
Porro	9,70	9,55	9,41
Bròquil	9,70	9,55	9,41
Bleda	5,80	5,71	5,63
<b>TOTAL VEGETALS</b>	<b>67,60</b>	<b>67,60</b>	<b>67,60</b>
Aigua	29,00	29,00	29,00
Oli	2,90	2,90	2,90
Sal	0,50	0,50	0,50
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

**Taula 2.2. Programa d'esterilització a l'autoclau.**

Etapas programa	Temps (min)	Temperatura (°C)	Pressió absoluta (mbar)
1	15	116	2213
2	74	116	2213
3	10	30	2213
4	10	30	1013

**Taula 2.3 Codificació de les mostres de crema de d'espinaacs de l'estudi.**

% d'addició	Control	<i>Chlorella Vulgaris</i>	<i>Nannochloropsis Oceanica</i>	<i>Spirulina Platensis</i>	<i>Tetraselmis Chuii</i>
0,0 %	STD0				
1,5 %		CV15	NO15	SP15	TC15
3,0 %		CV30	NO30	SP30	TC30

### 2.3. Propietats fisicoquímiques

El contingut d'humitat en base humida (MC, grams d'aigua/grams totals de producte) es determina amb la pèrdua de pes a l'assecar 10 g de mostra en estufa d'aire forçat (J.P. Selecta, Barcelona, Espanya) a 102 °C durant 24 hores, seguint el mètode descrit per Diantom amb modificacions (Diantom, Boukid, Carini, Curti, & Vittadini, 2020). Es realitza l'anàlisi per duplicat per a cada mostra.

L'activitat d'aigua ( $a_w$ ) es mesura per duplicat a 25 °C amb el sistema AquaLAB 4 TE (Decagon Devices, Pullman, WA, USA) d'acord amb la metodologia de Carcelli, 2020.

La capacitat de retenció d'aigua s'ha estudiat a partir de la sinèresi, l'alliberació d'aigua de la mostra en aplicar un procés de centrifugació. Es realitza seguint el mètode Verdú amb modificacions (Verdú, Pérez, Barata, & Graua, 2019). L'anàlisi es desenvolupa per duplicat fent la centrifugació de 30 g de mostra, amb la centrífuga Beckman Coulter amb rotor JA 25-50 (Beckman, USA), durant 15 minuts a 14500 rpm i 4 °C. Posteriorment, es filtra el sobrenedant amb un colador fi, es pesa, i es calcula el percentatge de sinèresi (Sy) amb l'equació 1.

$$Sy = \frac{g \text{ sobrenedant}}{g \text{ crema total}} \times 100 \quad (1)$$

La determinació de sòlids solubles es realitza amb un refractòmetre òptic amb ATC, de rang 0-32 °Brix, a partir del líquid sobrenedant resultant de la centrifugació, ja que el líquid a analitzar ha de ser homogeni per obtenir uns resultats consistents i assegurar la repetibilitat de la prova.

El pH s'ha mesurat entre 20 i 25 °C (HACH Company, USA) per duplicat en cada mostra de crema de verdures (Boukid, Curti, Diantom, Carini, & Vittadini, 2021).

La mesura de color de les cremes s'ha pres en duplicat utilitzant el colorímetre Minolta CR-410 D65 (Minolta INC, Osaka, Japó), descrit per Lafarga (Lafarga, Ación-Fernández, Castellari, & Villaró, 2019) i (Boukid, Curti, Diantom, Carini, & Vittadini, 2021). Les mesures s'han realitzat en un recipient negre opac apte per a líquids (veure figura 2.1). L'escala de color utilitzada ha estat Lab, perquè mostra una millor discriminació entre petites diferències de color en les regions més fosques de l'espai colorimètric (J. A. Barreiro, 1997). El valor "L" representa l'aproximació matemàtica no lineal de la resposta de l'ull entre blanc i negre; on 100 és el blanc perfecte i 0 el negre; mesurant així la lluminositat de la mostra. Un valor positiu d' "a" indica la vermellor, i un negatiu, la verdor. El valor "b" positiu indica grogor i negatiu la blavor. Un

altre paràmetre considerat és la diferència de color total,  $\Delta E$  (equació 2) considerant valors entre 2 i 3,5 ja perceptibles com a diferents per un ull no entrenat.

$$\Delta E = \sqrt{(L_o - L)^2 + (a_o - a)^2 + (b_o - b)^2} \quad (2)$$

La mostra fotogràfica s'ha realitzat amb un sistema de cambra fosca, utilitzant una Canon 50D E05 i amb el programari Spectro Magic, ajustant els paràmetres següents: distància focal de 90 mm, ISO 100, F11 i M 1/15. Les fotografies s'han pres en un recipient circular de vidre transparent (veure figura 2.2).



**Figura 2.1. Suport per la mesura del colorímetre. Figura 2.2. Suport per la mostra fotogràfica.**

Per avaluar l'increment de proteïna real de les cremes de verdures en afegir la microalga, s'ha caracteritzat la proteïna a nivell experimental. Per fer-ho, s'ha utilitzat el mètode Kjeldahl (AOAC Official Method 2001.11). S'han digerit i destil·lat 5 grams de cada mostra per duplicat, amb el mètode directe sense diluir, s'ha calculat el percentatge de nitrogen total (NT) amb l'equació 3 i per últim s'ha obtingut el percentatge de proteïna multiplicant NT x 6,25 (FAO, 2003) (Hanne K. Mæhre, 2018).

$$NT (\%) = \frac{V (ml \text{ gastats}) \times 0,35}{P (g \text{ de mostra})} \quad (3)$$

#### **2.4. Propietats reològiques**

La viscositat de la mostra s'estudia amb dues anàlisis diferenciades. En primer lloc, s'utilitza el consistòmetre Bostwick (ZXCON-CON3, PCE Instruments Ibérica S.L., Albacete, Spain) abans de l'esterilització, per duplicat, amb la mostra homogeneïtzada manualment. L'anàlisi es realitza amb la cambra plena entre 18 i 20 °C anotant la distància recorreguda en centímetres al cap de 30 segons de l'obertura de la comporta, d'acord amb els mètodes de Carcelli i Tehrani (Carcelli, Masuelli, Diantom, & Vittadini, 2020) (Tehrani & Ghandi, 2004).

La reologia s'estudia amb un reòmetre rotacional (Haake 550 Rheostress 1, Thermo Electric Corporation, Karlsruhe, Germany) utilitzant el mètode Verdú amb modificacions (Verdú, Pérez, Barata, & Graua, 2019). L'anàlisi es realitza per duplicat amb la sonda MV, mesurant l'esforç tangencial ( $\sigma$ ) amb una velocitat de tall ( $\gamma$ ) d'entre 1 i 800 s<sup>-1</sup>, amb el bany tèrmic a 55 °C i fent 17 mesures, cada 15 segons, registrant únicament els últims 5 segons de cada velocitat.

Les mostres s'escalfen 1 minut a 800 W al microones, fins a assolir els 50 °C abans de ser introduïdes al viscosímetre. La mesura es realitza entre 50 i 55 °C perquè es considera la temperatura de servei de la crema a l'hora de consumir-la.

Les dades obtingudes s'analitzen amb la llei de la potència d'Ostwald de Waele (equació 4), on l'índex de consistència ( $K$ ) i l'índex de comportament del flux ( $n$ ) s'obtenen automàticament pel programari d'avaluació del reòmetre (Thermo Scientific™ HAAKE™ RheoWin™ Data Manager). Aquest programari calcula els paràmetres de l'equació a partir de l'esforç tangencial ( $\sigma$ ) a diferents velocitats de tall ( $\gamma$ ). A l'annex 3 s'estudien amb profunditat les diferents opcions de càlcul per a  $K$  i  $n$ .

$$\sigma = K\gamma^n \quad (5)$$

## 2.5. Anàlisi estadística

Considerant que les dades estudiades són un conjunt de disseny factorial complet, amb anàlisi de multivariable (MANOVA), utilitzat per determinar la contribució de cada factor en les propietats físico-químiques de les cremes de verdures. La MANOVA s'aplica a un nivell de significació de  $\alpha=0,05$ ; considerant 2 factors de variabilitat, que són la concentració, abreuçada com LA (0, 1,5 o 3 %) i la varietat de microalga, abreuçada com S (*Chlorella* CV, *Spirulina* SP, *Nannochloropsis* NO i *Tetraselmis* TS) utilitzada en cada cas. Els resultats obtinguts s'han utilitzat per explicar la variabilitat de cada paràmetre com a funció de la interacció dels diferents factors, per veure la contribució de cada factor en aquesta variabilitat. Tots els resultats experimentals s'analitzen estadísticament amb SPSS versió 19.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

## 2.6. Composició nutricional teòrica

La determinació teòrica de la composició química de les mostres elaborades s'ha realitzat seguint el reglament europeu 1169/2011 (EUR-lex, 2011) referent a la informació alimentària facilitada a les persones consumidores. La informació mínima requerida (en g per cada 100 g de producte) inclou l'energia en quilocalories; els greixos totals i d'aquests, els saturats; els carbohidrats disponibles i d'aquests, els sucres; la proteïna; i la sal (NaCl). També s'afegeix la fibra dietètica perquè, juntament amb la proteïna, són els principals reclams nutritius dels productes del mercat actual. Per ser considerat un producte font de proteïna, cal que el 12 % de la seva energia provingui de proteïna, i per ser alt contingut proteic, un 20 %. Per a la fibra, per considerar-se una font de fibra cal que contingui 3 g de fibra per cada 100 g d'aliment o 1,5 g per 100 kcal i per ser una alta font de fibra, 6 g o bé 3 g per 100 kcal.

Per fer la determinació s'ha utilitzat la formulació de cada mostra, disponible a la taula 2.1, la composició química dels ingredients promig extreta de la base de dades Swiss Food Composition Database (FSVO, 2021) i la composició química de les microalgues proporcionada per les empreses proveïdores, les quals realitzen anàlisis químiques per fer-ne la determinació experimental. L'annex 4 mostra amb detall el procediment de càlcul realitzat per obtenir la taula nutricional de cada mostra.

### **3. RESULTATS I DISCUSSIÓ**

Per a facilitar la discussió de resultats, s'utilitzen les abreviacions per cada mostra, especificades a la taula 2.3. A més a més, es fan servir les següents sigles per designar cadascuna de les microalgues: SP per a *Spirulina Platensis*, CV per a *Chlorella Vulgaris*, TC per a *Tetraselmis Chuii*, i NO per a *Nannochloropsis Oceanica*.

#### **3.1. Estudi del color de les microalgues en cru**

S'ha mesurat el color de les microalgues utilitzades com a ingredients en les cremes de verdures, ja assecades i atomitzades. El valor  $L^*$  ha estat de  $41,52 \pm 0,01$ ,  $17,46 \pm 0,00$ ,  $23,7 \pm 0,00$  i  $29,00 \pm 0,01$  per CV, SP, NO i TC, respectivament. Els valors de  $a^*$  també mesurats han estat de  $-14,53 \pm 0,02$ ,  $-0,72 \pm 0,03$ ,  $-6,13 \pm 0,01$  i  $-8,53 \pm 0,01$ , seguint el mateix ordre. Per últim, el paràmetre  $b^*$  ha tingut els següents valors:  $31,13 \pm 0,03$ ,  $0,90 \pm 0,01$ ,  $6,77 \pm 0,01$  i  $10,86 \pm 0,00$ ; en el mateix ordre respectiu. S'observa que SP té el valor  $L^*$  més baix, indicant menys lluminositat; mentre NO i TC tenen valors propers; i CV presenta el valor més elevat, sent menys fosca. Avaluant el paràmetre  $a^*$ , on un valor negatiu indica més verdor, i positiu vermellor; es troba que la microalga amb un valor inferior és CV, superior és SP. Per últim,  $b^*$  ha donat com a resultat un valor elevat en CV, indicant més grogor; i valors més baixos per SP, que representen tons més foscos. Per tant, es pot preveure que CV sigui l'espècie que menys efecte tindrà sobre el color final de les cremes d'espínacs per dos motius: és de color verd i amb una tonalitat menys fosca. Contràriament, l'espècie SP és la més diferent, ja que és més fosca i d'un to menys verd.

#### **3.2. Propietats fisicoquímiques**

La taula 3.1 recull l'anàlisi estadística de les propietats fisicoquímiques estudiades per a les cremes de verdures amb microalgues, indicant la mitjana de cada mostra per cada paràmetre, la desviació estàndard i si presenta o no diferències significatives amb la resta. Els sòlids solubles venen indicats per la mesura de °Brix, l'activitat d'aigua abreujada com  $a_w$  i la capacitat de retenció d'aigua amb el percentatge de sinèresi, és a dir, la relació entre els grams de sobrenedant i la massa total de producte.

##### **3.2.1. Color**

El color de les cremes de verdures s'estudia a nivell global amb el valor de  $\Delta E$ . Per a les mostres amb CV, el valor de  $\Delta E$  és inferior a 2, per tant a simple vista no presenta diferències notables de color amb el control. A la figura 3.1 es presenta l'aparença visual de les cremes de verdures, i es pot comprovar com les mostres amb CV tenen un color molt similar al control. Les altres microalgues sí que presenten valors superiors a 3,5; on, a més, al doblar la concentració de microalga, augmenta notablement el valor de  $\Delta E$ , duplicant-se en tots els casos. Per tant, el nivell d'addició en totes les espècies excepte CV té un fort impacte en el color resultant.

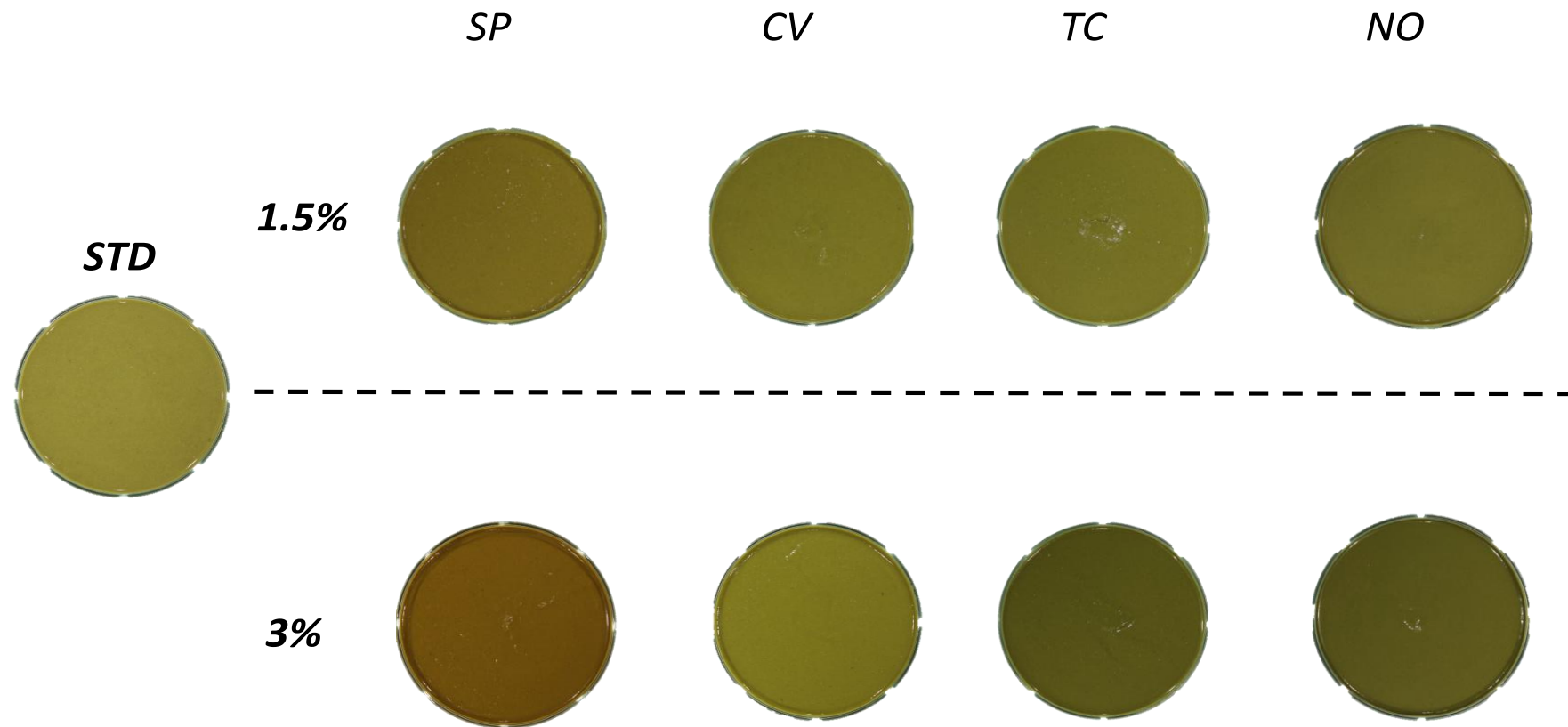
Estadísticament, totes les mostres presenten diferències significatives, però cal tenir en compte que el significat de  $\Delta E$  ja és una comparació amb la mostra control, i per tant té més rellevància el valor d'aquest paràmetre, sent un nombre inferior a 2 acceptat com a visualment similar al control. Numèricament i visualment, les mostres més diferents del control són SP, TC i NO al 3 % d'addició; on SP és la que presenta un valor de  $\Delta E$  més elevat. Aquest resultat encaixa amb l'anàlisi realitzada a l'apartat 3.1, on de les microalgues crues en pols, la que presenta valors més extrems és SP.

Seguint amb l'avaluació del color, els tres paràmetres de color,  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ , el valor  $L^*$  és inferior a l'afegir microalga, cosa que indica que les cremes amb microalgues en general són més fosques que el control. Novament, la mostra amb SP al 3% és la més fosca. En aquest paràmetre, cal destacar que les microalgues NO i TC no presenten diferències significatives entre els seus valors a 1,5 i 3 % d'addició, respectivament, per tant, a nivell de foscor, ambdues espècies funcionen igual. El paràmetre  $a^*$  que indica, en negatiu, la verdor de la crema, presenta valors similars per totes les espècies i nivells d'addició, excepte per SP, que al ser menys negatiu, presenta un to més vermellós. Per últim, el valor  $b^*$  presenta resultats més homogenis, sense diferències significatives entre el control i CV30; i amb valors propers per a la resta de microalgues, sent aquest cop NO l'espècie més diferent del control, amb una mostra menys grogosa.

### 3.2.2. pH i activitat d'aigua

El pH de les mostres amb les espècies CV i SP no presenta diferències significatives amb el control sense microalga, concretament les dues espècies d'aigua dolça. D'altra banda, TC i NO presenten pH significativament més elevat, al voltant d'un 0,2; sent NO l'espècie amb menor acidesa. Per a les dues espècies d'aigua dolça, la concentració afegida no té efecte significatiu en el pH. En canvi, les espècies marines, TC i NO; presenten un pH més elevat en augmentar el nivell d'addició de la microalga. D'aquesta anàlisi se n'extreu que el mètode i medi de cultiu de cada espècie té una afectació directa en el pH resultant de la crema de verdures; ja que els resultats mostren una agrupació entre les dues espècies d'aigua salada i les dues d'aigua dolça. En resum, per les espècies de cultiu marí, TC i NO, el pH és significativament superior i s'identifica un efecte en augmentar la concentració de microalga.

L'activitat d'aigua de les mostres analitzades únicament presenta diferències significatives entre la mostra TC30 i el control, presentant en tots els casos valors molt propers dins del rang entre 0,988 i 0,992. Es pot determinar que l'activitat d'aigua es veu molt poc modificada treballant amb aquestes espècies i percentatges d'addició. No s'observa cap relació destacable dels resultats obtinguts.



**Figura 3.1. Aparència visual de les cremes de verdures.** STD: control sense microalga. SP: crema amb *Spirulina* 1,5 i 3 %. CV: crema amb *Chlorella* 1,5 i 3 %. TC: crema amb *Tetraselmis* 1,5 i 3 %. NO: crema amb *Nannochloropsis* 1,5 i 3 %.

### 3.2.3. Humitat en base humida, retenció d'aigua i sòlids solubles

La humitat, la sinèresi i els graus Brix són tres paràmetres que van molt lligats al contingut d'aigua global de les mostres analitzades, i per aquest motiu s'estudien conjuntament.

La humitat en base humida (MC, grams d'aigua/grams totals de producte) presenta diferències significatives entre les diferents mostres amb microalga i el control. L'evolució del contingut d'humitat a l'afegir microalga és lineal, és a dir, en afegir un 3 % la humitat disminueix el doble que en afegir un 1,5 % de microalga, per a totes les espècies. El resultat obtingut és coherent amb la formulació utilitzada, ja que en afegir microalga, es redueix el contingut de verdures de la crema; i per tant també l'aigua que contenen aquestes verdures; per substituir-ho per microalga en pols deshidratada, afegint doncs, en global, menys aigua a la crema de verdures. Analitzant específicament cada microalga, tot i presentar diferències significatives entre elles, els valors són molt propers, sent NO30 el més baix, amb un  $85,32 \pm 0,37$  %, i el més alt (sense comptar el control),  $86,77 \pm 0,17$  per CV15. Amb aquests resultats, es pot concloure que el nivell d'addició té un efecte molt superior al de l'espècie, alhora de modificar la humitat del producte final.

La sinèresi és l'alliberació d'aigua de la mostra, per tant és inversament proporcional a la retenció d'aquesta, com més sinèresi, menys retenció d'aigua per part de la mostra. El percentatge de sinèresi de cada mostra, (grams de sobrenedant/grams de crema x 100) també presenta diferències significatives per a totes les mostres en relació amb el control, excepte per CV15. En aquest cas, però, el nivell d'addició per l'espècie TC no presenta diferències significatives. S'observa que aquesta espècie es comporta diferent a la resta, i diferent també als resultats obtinguts per la humitat. La resta de mostres, de la mateixa manera com passava amb la humitat, disminueixen el percentatge de sinèresi en augmentar la concentració de microalga del producte. Novament, a l'afegir més sòlid sec i reduir la quantitat de verdures amb elevat contingut d'aigua, l'aigua alliberada per centrifugació també disminueix.

Els sòlids dissolts presents a cada mostra, analitzats a partir del líquid sobrenedant resultant de la centrifugació, van lligats al percentatge d'humitat. Aquesta relació és inversament proporcional ja que en reduir el contingut d'aigua els sòlids solubles resulten més concentrats i per tant, augmenta el valor de graus Brix. Aquesta és una conseqüència lògica que es veu confirmada amb els resultats obtinguts, com es pot observar gràficament a la figura 3.2. És més subtil la modificació del valor de percentatge, ja que l'escala utilitzada és molt superior, i la modificació realment té lloc en un marge del 10 %; mentre que pels graus Brix es fa servir una escala únicament de 6 punts.

Malgrat el valor de °Brix augmenta en incrementar la concentració de microalga en tots els casos, numèricament no totes les mostres presenten diferències significatives, ni entre elles ni en comparació amb el control. Les mostres amb un nivell d'addició del 3 % sí que són significativament diferents del control, i d'entre aquestes, l'espècie TC presenta major contingut de sòlids solubles, seguida de SP. Cal tenir en compte que els graus Brix fan referència únicament als sòlids solubles en aigua, perquè es mesuren a partir del líquid resultant

de la centrifugació; per tant les interaccions dels components de les diferents espècies de microalga utilitzades són diferents

### 3.3. Propietats reològiques

La Taula 3.2 recull l'anàlisi estadística de les propietats reològiques estudiades per a les cremes de verdures amb microalgues, indicant la mitjana de cada mostra per cada paràmetre, la desviació estàndard i si presenta o no diferències significatives amb la resta.

La textura de la crema de verdures s'ha analitzat amb dos tests diferents. Per una banda, el consistòmetre Bostwick, realitzat entre 18 i 21 °C presenta diferències significatives entre el control i les espècies CV i NO als diferents nivells d'addició. Per SP no presenta diferències significatives, i per TC únicament amb un 3 % de concentració. Si es té en compte la temperatura a la que s'han realitzat les mesures, es pot observar que, dins del rang establert, presenta variacions importants, i que aquestes tenen un efecte sobre la mesura final obtinguda.

L'evolució de les mesures en funció del nivell d'addició presenta una tendència a l'alça, és a dir, com més concentració de microalga té la mostra, més centímetres recorreguts dona en el test Bostwick, i per tant més fluida resulta ser; malgrat no haver-hi, en alguns casos, diferències significatives. Aquest resultat constata com la humitat i la viscositat no van directament lligades a petita escala, és a dir, amb una lleugera disminució del contingut d'aigua de la mostra, la viscositat es veu més afectada per altres components i interaccions de les microalgues que en modifiquen el comportament reològic. A més a més, els valors presenten desviacions estàndard elevades, i poca significació, i sempre dins del valor comercial establert (entre 6 i 10 cm). Per aquests motius, s'extreu la conclusió que la temperatura té un efecte molt important en aquest test, i que el mètode de realització del mateix presenta errors inherents a la metodologia de treball, ja que és mecànic i manual, no està automatitzat.

En segon lloc, la reologia ha estat testada amb un reòmetre rotacional, i les dades obtingudes s'han analitzat seguint el model de la potència d'Ostwald de Waele per tal d'obtenir els valors de l'índex de consistència ( $K$ ) i l'índex de comportament del flux ( $n$ ). La temperatura de treball ha estat entre 50 i 55 °C per ser considerada la temperatura de servei de la crema de verdures i, per tant, a nivell de consumidor l'adequada per valorar diferències entre les mostres estudiades. A nivell tecnològic pel que fa la producció a gran escala del producte, pot tenir més afectació la modificació de les propietats reològiques a temperatura de refrigeració, o temperatura ambient, segons el procés emprat. Considerant la llei de la potència, un fluid es considera pseudoplàstic si el valor de índex de comportament del flux ( $n$ ) és inferior a 1. Aquesta tipologia de fluid indica que el comportament del material és independent del temps i que la viscositat aparent que presenten és més baixa a velocitats de cisalla més elevades. A més a més, com major és la força aplicada, el fluid ofereix menys resistència al moviment.

La crema de verdures amb i sense microalga és un fluid pseudoplàstic. El valor de  $n$  únicament presenta diferències significatives amb el control per la mostra NO30, on és més elevat, i per tant lleugerament més proper al comportament d'un fluid Newtonià. Tot i així, els valors oscil·len al voltant de  $n = 0,2$  i presenten poca variació, per tant són clarament fluids

pseudoplàstics. El coeficient de consistència (K), indica el grau de viscositat del fluid, en termes generals. Per a un valor de K elevat, es considera un fluid més viscos, i a la inversa, per valors inferiors de K, es troben productes més fluids. Analitzant els resultats, no s'observen diferències significatives entre les mostres, l'única combinació que difereix del control és NO30; tal i com passava per a n. En aquest cas, el valor és dos punts inferior al del control, indicant menys viscositat de la mostra amb *Nanochloropsis* al 3 %. La resta de resultats, malgrat no ser significativament diferents, presenten una tendència a la baixa a l'augmentar el nivell d'addició de microalga: les mostres amb un 3,0 % obtenen valors de K inferiors, és a dir, més fluids. Aquesta relació no té lloc per a l'espècie SP que obté valors molt similars i lleugerament superiors als del control; és a dir, que aquesta espècie no afecta la reologia de la crema de verdures a aquesta temperatura i per aquest test de consistència.

Per últim, cal destacar que ambdós testos de reologia presenten errors inherents a la metodologia i per tant resulten en una desviació estàndard més elevada que la resta d'anàlisis efectuats. Aquest fet es pot constatar observant el valor de r obtingut al fer la regressió del mètode d'Ostwald de Waele, que, malgrat ser el mètode que millor s'ajusta a la tipologia del fluid estudiat, presenta un valor mitjà de 0,98 amb desviacions estàndard de fins a 0,007.

**Taula 3.1. Propietats fisicoquímiques de les cremes de verdures amb microalga.**

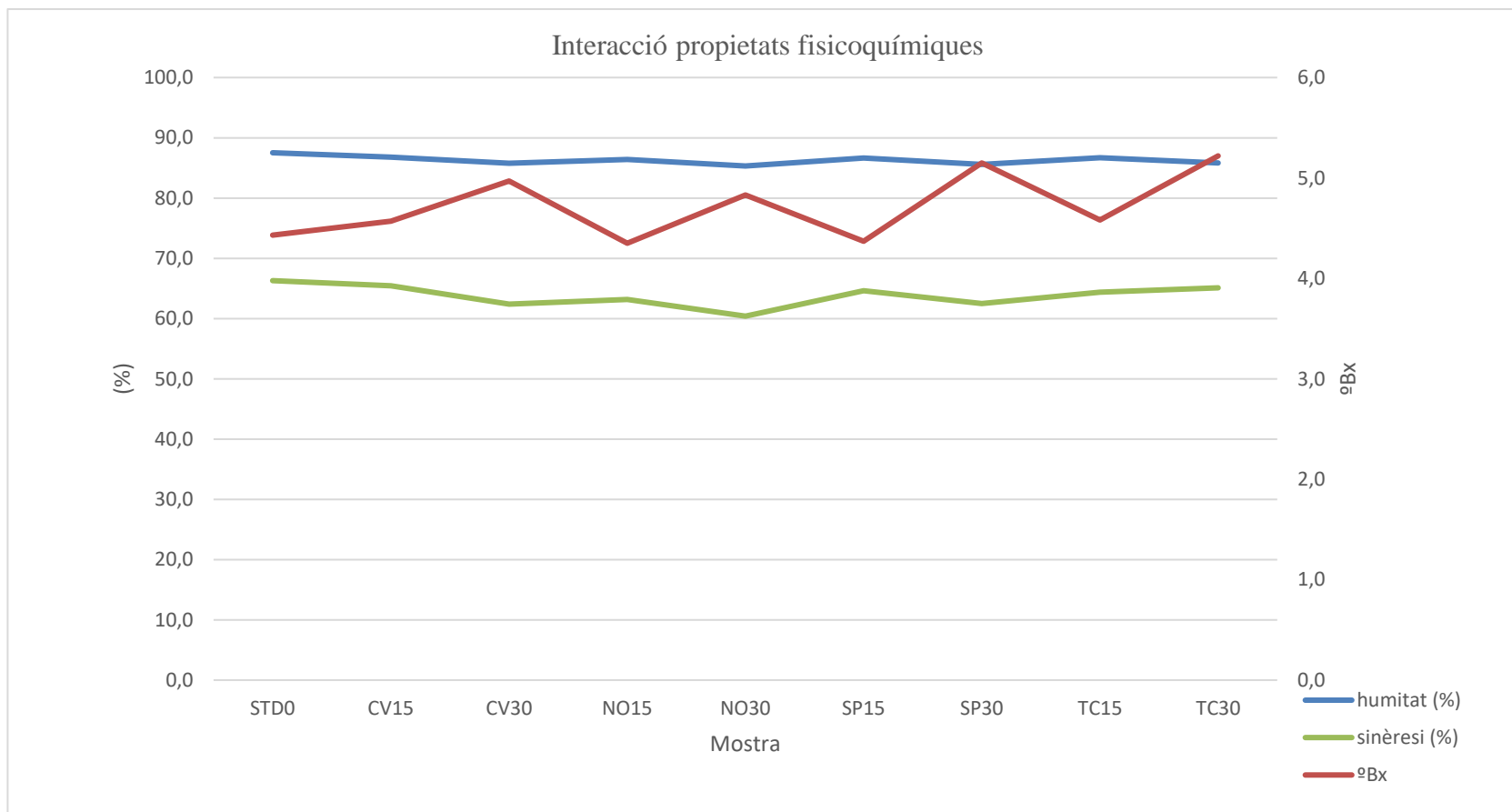
Mostra	Humitat (bh) (%)	pH	L*	a*	b*	$\Delta E$	Sinèresi (%)	$^{\circ}Bx$	aw
STD0	87,52±0,30e	5,88±0,03a	44,84±0,80g	-2,05±0,12d	22,96±0,13g	0,00±0,00a	66,29±1,75d	4,43±0,39a	0,990±0,003b
CV15	86,77±0,17d	5,86±0,03a	43,74±0,99f	-2,19±0,08f	23,83±0,90h	1,74±0,74b	65,44±1,06cd	4,57±0,23a	0,991±0,001b
CV30	85,77±0,04b	5,86±0,02a	42,95±0,37e	-2,20±0,05e	23,43±0,43gh	1,99±0,45b	62,39±1,18b	4,97±0,05cd	0,991±0,001b
NO15	86,42±0,24c	6,04±0,03c	41,50±0,28d	-2,20±0,03c	19,32±0,48d	4,96±0,38d	63,16±0,55b	4,35±0,18a	0,992±0,001b
NO30	85,32±0,37a	6,16±0,04d	37,57±0,71b	-1,86±0,11e	16,20±0,44a	9,96±0,33g	60,40±0,37a	4,83±0,15bc	0,990±0,002b
SP15	86,66±0,16cd	5,87±0,02a	40,44±0,12c	0,57±0,07f	21,91±0,42c	5,24±0,06d	64,63±0,90c	4,37±0,23a	0,990±0,002ab
SP30	85,58±0,39ab	5,86±0,03a	37,15±0,32a	1,17±0,14g	18,66±0,33bc	9,39±0,13f	62,49±0,43b	5,15±0,08d	0,991±0,001b
TC15	86,68±0,13cd	6,01±0,01b	41,64±0,34d	-2,63±0,13a	20,72±0,34e	3,97±0,29c	64,39±0,93c	4,58±0,29ab	0,990±0,001ab
TC30	85,82±0,21b	6,05±0,02c	38,11±0,20b	-2,32±0,08b	17,37±0,37b	8,76±0,16e	65,11±0,19c	5,22±0,12d	0,988±0,001a

Abreviacions de les mostres especificades a la taula 2.3. Les minúscules que acompanyen els valors indiquen si hi ha o no diferències significatives entre les mesures de la mateixa columna; és a dir, quan es repeteix una lletra en dos valors diferents vol dir que aquests no són significativament diferents.

**Taula 3.2. Propietats reològiques de les cremes de verdures amb microalga.**

Mostra	Temperatura Bostwick ( $^{\circ}C$ )	Consistència Bostwick (cm)	K (coeficient de consistència, Pa·s <sup>n</sup> )	n (índex de comportament del flux)	r (regressió)
STD0	19,53±1,26	7,67±0,24a	8,51±1,66bc	0,218±0,019ab	0,986±0,004
CV15	21,00±0,78	8,65±0,50bcde	7,74±1,57ab	0,229±0,018abc	0,985±0,005
CV30	20,27±0,91	9,08±0,33de	7,16±1,36ab	0,239±0,022bc	0,987±0,004
NO15	19,57±0,42	8,70±0,49cde	6,77±1,17ab	0,238±0,022bc	0,984±0,004
NO30	20,03±0,58	9,28±0,41e	6,44±0,47a	0,245±0,013c	0,985±0,004
SP15	20,12±0,97	7,92±0,41ab	8,35±1,78bc	0,217±0,021ab	0,979±0,003
SP30	20,00±1,23	8,10±1,08abc	9,49±1,35bc	0,210±0,027a	0,973±0,007
TC15	21,23±0,76	8,38±0,81abcd	7,70±1,61ab	0,227±0,022abc	0,987±0,005
TC30	20,10±0,24	8,55±0,43bcde	7,34±0,93ab	0,238±0,015abc	0,985±0,003

Abreviacions de les mostres especificades a la taula 2.3. Les minúscules que acompanyen els valors indiquen si hi ha o no diferències significatives entre les mesures de la mateixa columna; és a dir, quan es repeteix una lletra en dos valors diferents vol dir que aquests no són significativament diferents.



**Figura 3.2. Interacció entre propietats fisicoquímiques.** Abreviacions de les mostres especificades a la taula 2.3.

### **3.4. Avaluació global del disseny experimental amb estadística multivariable**

L'anàlisi de multivariable, MANOVA, s'ha realitzat per estudiar quin dels dos factors: el nivell d'addició (LA) i l'espècie de microalga (S) utilitzats, juntament amb la interacció dels dos (LA x S) té més impacte en cadascun dels paràmetres avaluats. El valor SS%, obtingut a partir de la suma de quadrats, indica el percentatge d'impacte de cada factor per a cada test, i al costat, s'indica si aquest resultat és o no significatiu, i en quin grau. La llegenda utilitzada és la següent: \*ns: no significatiu; \*:  $p \leq 0.05$ ; \*\*:  $p \leq 0.01$ ; \*\*\*:  $p \leq 0.001$ ; SS: suma de quadrats.

#### **3.4.1. Propietats fisicoquímiques**

Per al color, els tres paràmetres ( $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$ ) juntament amb  $\Delta E$  es veuen significativament més afectats per l'espècie afegida, seguit del nivell d'addició i per últim la combinació entre els dos factors. Cal destacar que el paràmetre més controlat per l'espècie, en un 98,11 % és  $a^*$ , el color verd final que té la crema. El grau de foscor de les cremes,  $L^*$  es veu afectat per l'espècie però també hi té un impacte notable el nivell d'addició d'aquesta; com es pot observar visualment a la figura 3.1. En conclusió, l'espècie escollida és el que més impacta en el resultat visual final, i per tant, en la possible acceptació del producte amb microalga (veure taula 3.1).

D'altra banda, pel que fa la humitat, el nivell d'addició de microalga té un impacte molt elevat en el resultat final, del 90,31 %; sent poc important l'espècie afegida. Aquí, doncs, augmentar la concentració de microalga de la crema de verdures té un fort impacte en la humitat del producte final. En relació amb això, per als sòlids solubles, es segueix la mateixa línia, amb un percentatge d'impacte del nivell d'addició lleugerament inferior, sent aquest l'únic factor amb significació. Per contra, el percentatge de sinèresi té un nivell d'afectació repartit entre els dos factors i la combinació d'aquests; igualment amb un nivell de significació elevat en tots els casos. Aquest resultat és coherent amb la relació comentada a l'apartat 3.2.3 on es conclouïa que l'efecte del nivell d'addició modifica de manera més significativa la humitat del producte final.

L'activitat d'aigua és veu majoritàriament afectada per l'espècie de microalga utilitzada en cada cas, amb  $p \leq 0.01$ ; ni el nivell d'addició ni la combinació dels dos factors presenta significació. Tot i això, cal tenir en compte que els valors d'activitat d'aigua estudiats a l'apartat 3.2.2 no presentaven diferències rellevants, sinó valors molt propers els uns als altres. Únicament es pot destacar l'espècie TS, que té major impacte en l'activitat d'aigua del producte final. En relació amb aquest resultat, el pH rep un fort impacte de l'espècie utilitzada i, en aquest cas, són també les espècies marines, TS i NO les que augmenten de manera més significativa el pH de la crema resultant. D'aquest anàlisi se n'extreu la conclusió que l'espècie d'aigua salada *Tetraselmis Chuii* impacta tant en el pH com en l'activitat d'aigua del producte final de manera rellevant; sense tenir un impacte remarcable el nivell d'addició de la mateixa que s'utilitzi.

#### **3.4.2. Propietats reològiques**

L'estudi de la reologia del producte presenta resultats interessants a partir de l'anàlisi de multivariables, MANOVA (veure taula 3.3).

Observant els factors amb més impacte en les propietats reològiques de les cremes de verdures, amb i sense microalga, la MANOVA indica que l'únic paràmetre que té efecte significatiu sobre el comportament del fluid és l'espècie de microalga. Aquest resultat té lloc tant per al test de Bostwick com per al consistòmetre Haake; i, a més a més, a les dues temperatures estudiades: temperatura ambient i temperatura de consum del producte; 20 i 50 °C, respectivament.

Tant el nivell d'addició com la interacció dels dos factors no només tenen molt baix impacte en el resultat final sinó que a més a més no presenten resultats significatius. Per contra, l'espècie presenta en general nivells de significació elevats, per al test Bostwick presenta un alt nivell de significació, amb \*\*\*:  $p \leq 0.001$ ; i per al coeficient de consistència, K,  $p \leq 0.01$ . L'índex de comportament del flux, n, malgrat tenir significació, aquesta és inferior, amb  $p \leq 0.05$ . Aquesta variabilitat en el nivell de significació, es pot explicar perquè l'índex de comportament del flux, tal i com s'estudia a l'apartat 3.3, presenta poca variació entre les diferents mostres; ja que tots els fluids són clarament pseudoplàstics, en canvi K proporciona més informació quant al nivell de fluïdesa i viscositat de les cremes de verdures.

El fet que el nivell d'addició no tingui un impacte significatiu en el comportament del fluid a nivell reològic es pot explicar també a l'observar, a l'apartat 3.3, com els resultats observats per espècies a concentracions de microalga diferents no són significativament diferents entre ells, i per tant, tot i la tendència interessant que mostren els resultats, no es pot constatar que augmentant el nivell de concentració s'arribi a valors de K més allunyats del control.

**Taula 3.3. Anàlisi de multivariable per les qualitats característiques de les cremes de verdures amb microalga a diferents nivells.**

MANOVA	Espècie de microalga (S)		Nivell d'addició (LA)		S × LA	
	SS%	sig	SS%	sig	SS%	sig
<b>Propietats fisicoquímiques</b>						
<i>L</i> *	55.53	***	37.64	***	6.82	***
<i>a</i> *	98.11	***	1.28	***	0.61	***
<i>b</i> *	70.66	***	23.72	***	5.62	***
$\Delta E$	56.11	***	33.84	***	10.05	***
Humitat (%)	8.95	***	90.31	***	0.74	ns
aw	69.16	**	1.00	ns	29.84	ns
pH	91.96	***	2.71	***	5.33	***
Sinèresi (%)	45.95	***	32.12	***	21.93	***
$^{\circ}B_x$	11.96	*	82.67	***	5.37	ns
<b>Propietats reològiques</b>						
Consistència Bostwick (cm)	80.05	***	15.80	ns	4.15	ns
K (coeficient de consistència)	85.56	**	0.03	ns	14.41	ns
n (índex de comportament del flux)	89.00	*	2.35	ns	8.65	ns

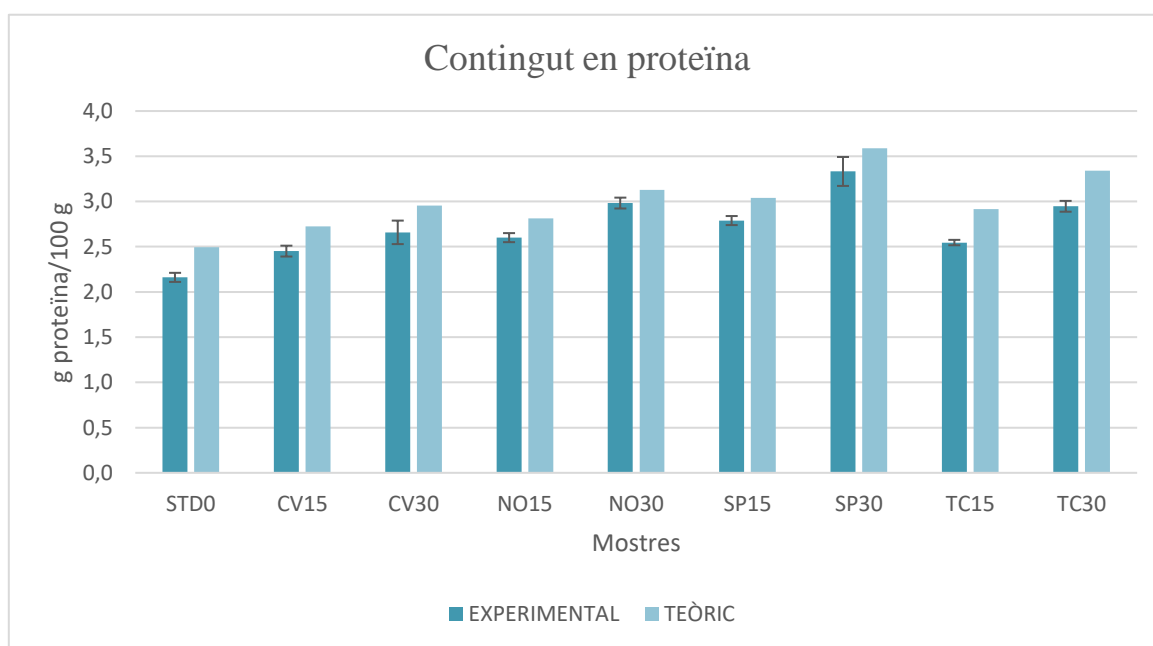
\*ns: no significatiu; \*:  $p \leq 0.05$ ; \*\*:  $p \leq 0.01$ ; \*\*\*:  $p \leq 0.001$ ; SS: suma de quadrats.

### 3.5. Composició nutricional teòrica

Un dels objectius d'aquest estudi és determinar com l'addició de microalgues millora l'etiquetat de la crema a nivell de composició nutricional, amb focus especial en l'aportació de proteïna. Per tal d'analitzar com es veu modificat el contingut de proteïna en les cremes de verdures, s'ha calculat teòricament i experimental aquest paràmetre, i se n'ha fet una comparació.

La figura 3.3 mostra gràficament com el contingut en proteïna de les diferents mostres estudiades augmenta proporcionalment en augmentar la concentració de microalga afegida. Els resultats han estat els esperats, ja que l'augment teòric de proteïna (taula 3.4) es manifesta a nivell experimental, on els valors són sempre lleugerament inferiors però seguint la mateixa tendència. A més a més, els valors més elevats corresponen amb les microalgues que tenen més contingut proteic, és a dir, que es confirma un correcte desenvolupament de la metodologia de treball i anàlisi dels resultats. La desviació estàndard que presenten els resultats experimentals és acceptable, per sota del 10 %.

Avaluant amb detall els valors obtinguts, es constata que totes les fórmules superen el contingut de proteïna del control, sent l'espècie SP la que ho fa en més quantitat, per sobre d'un gram de proteïna extra per cada 100 grams de producte. L'espècie que augmenta menys és CV; i NO i TC ho fan de manera similar.



**Figura 3.3. Contingut en proteïna.** Comparació entre els valors teòrics i experimentals de les mostres. Abreviacions de les mostres especificades a la taula 2.3.

A partir d'aquí, un cop estudiat amb detall el contingut proteic per ser un dels objectius del projecte i el motiu principal per l'addició de microalgues com a noves proteïnes d'origen

vegetal, es consideraran únicament els valors nutricionals teòrics per poder comparar les diferents mostres amb els components nutricionals marcats per la legislació actual.

L'efecte de l'addició de microalga en la composició nutricional de les cremes vegetals es pot trobar representat a la taula 3.4., que conté directament els grams de cada component per 100 grams de producte: energia (en kcal), greixos i d'aquests, els greixos saturats, carbohidrats i d'aquests, els que són sucres, proteïnes, sal i fibra. Les dues columnes de la dreta s'han afegit per mostrar el valor calculat tant de proteïna com de fibra que determina el reclam que se'n pot fer del producte. En el cas de la fibra, per ser considerat una font elevada de fibra cal contenir 6 grams de fibra per 100 grams d'aliment, valor que no assoleix cap de les cremes; o bé 3 grams per 100 kcal. Aquest segon requisit s'ha calculat a la columna de la dreta a partir de la relació entre les kcal i la fibra per 100 grams de producte. Tots els valors en aquest cas, incloent també la crema de verdures sense microalga, superen el llindar establert i per tant, pel que fa la fibra, sí que n'augmenta la quantitat però no varia l'etiquetat nutricional del producte.

En el cas de la proteïna, per poder considerar que el producte és font de proteïna, necessàriament un 12 % de la seva energia ha de provenir de la proteïna, i per ser alt contingut proteic, un 20 %. Per fer el càlcul en aquest cas, s'ha considerat el valor estàndard de 4 kcal d'aportació energètica per cada gram de proteïna. En aquest cas, la crema sense microalga ja es podia considerar un producte font de proteïna; però en afegir les microalgues, hi ha quatre formulacions que fan canviar el reclam fins a producte amb alt contingut proteic, al superar el 20 % d'aportació d'energia per part de la proteïna. Aquestes formulacions són, per ordre de més a menys proteïna: SP30, TC30, NO30 i SP15. S'observa doncs que la *Chlorella Vulgaris* és l'única espècie que, ni amb un nivell d'addició del 3 % permet augmentar prou la proteïna per canviar el reclam del producte. La resta, ho poden fer al 3 % d'addició i és la *Spirulina Platensis*, la microalga més rica en proteïna, la que ho permet tant amb un 1,5 com un 3 % de concentració. Aquest resultat és molt rellevant ja que, relacionat amb les conclusions de les anàlisis fisicoquímics i reològics, permetrà determinar quines espècies són més convenientes com a ingredients de les cremes de verdures. A més a més, cal recordar que l'espècie NO actualment no està acceptada pel consum humà a la Unió Europea.

La resta de components, tot i no ser un reclam del producte, és important considerar-ne les modificacions. En primer lloc, per la sal, s'observa com les dues espècies marines suposen un major augment de sal del producte final, sobretot NO. Els carbohidrats augmenten lleugerament per a totes les espècies, destacant CV amb un augment d'un 25 % en el cas d'afegir un 3 % d'aquesta microalga. Els greixos pateixen una lleugera modificació, poc rellevant, també tenint en compte que no es tracta d'un producte greixós i que la principal font d'aquests és l'oli d'oliva que no es veu modificat en les diferents formulacions. Per últim, i més important dins d'aquest grup per la seva relació amb el reclam de proteïna i fibra, el contingut energètic en kcal per 100 grams de producte augmenta lleugerament, en totes les formulacions a l'augmentar el nivell d'addició de les microalgues. L'augment que representen les diferents espècies no és gaire diferenciat, com a mitjana global, per les formulacions amb un 3 % de microalga, l'augment és de 5 kcal/100 grams de producte; tenint en compte que a la crema control era de 57,02 kcal/100 grams.

**Taula 3.4. Composició nutricional teòrica per les diferents formulacions de cremes de verdures.**

Mostra	Energia (kcal/100 g)	Greixos (g/100 g)	dels quals saturats (g/100 g)	Carbohidrats (g/100g)	dels quals sucres (g/100g)	Proteïnes (g/100 g)	Sal (g/100 g)	Fibra (g/100 g)	Energia de proteïna (%)	g fibra per 100 kcal
STD	57,02	3,08	0,36	3,75	1,24	2,50	0,55	2,19	17,51%	<b>3,85</b>
CV15	60,24	3,15	0,39	4,28	1,27	2,73	0,55	2,36	18,09%	<b>3,92</b>
CV30	63,46	3,21	0,41	4,81	1,29	2,95	0,55	2,53	18,62%	<b>3,99</b>
NO15*	59,77	3,23	0,51	3,87	1,23	2,81	0,63	2,30	18,82%	<b>3,86</b>
NO30*	62,52	3,37	0,66	3,98	1,21	3,13	0,71	2,42	<b>20,02%</b>	<b>3,86</b>
SP15	60,44	3,17	0,39	3,91	1,25	3,04	0,55	2,19	<b>20,12%</b>	<b>3,63</b>
SP30	63,88	3,22	0,42	4,05	1,27	3,59	0,56	2,19	<b>22,46%</b>	<b>3,43</b>
TC15	59,93	3,16	0,44	3,85	1,27	2,92	0,56	2,27	19,47%	<b>3,80</b>
TC30	62,83	3,23	0,52	3,95	1,29	3,34	0,58	2,35	<b>21,26%</b>	<b>3,75</b>

Abreviacions de les mostres especificades a la taula 2.3. \*Espècie no apta per al consum humà a la UE.

**Taula 3.5. Relació entre el cost de matèries primeres i reclams en l'etiquetatge.**

Mostra	Proveïdor microalga	Preu microalga (€/kg)	Quantitat microalga (g/100g)	Preu crema (€/Kg)	Etiquetatge proteïna	Etiquetatge fibra
STD		0	0,000	1,61	Source	High
CV15	Allmicroalgae	30	1,014	1,89	Source	High
CV30	Allmicroalgae	30	2,028	2,17	Source	High
NO15*	Necton	75	1,014	2,35	Source	High
NO30*	Necton	75	2,028	3,09	<b>High</b>	High
SP15	Allmicroalgae	30	1,014	1,89	<b>High</b>	High
SP30	Allmicroalgae	30	2,028	2,17	<b>High</b>	High
TC15	Necton	75	1,014	2,35	Source	High
TC30	Necton	75	2,028	3,09	<b>High</b>	High
Comercial**	Gvtarra	0	0,000	3,10	Source	High

Abreviacions de les mostres especificades a la taula 2.3. \*Espècie no apta per al consum humà a la UE. \*\*Producte que es troba actualment al mercat.

### 3.6. Avaluació econòmica

El cost actual de producció de microalgues en el format utilitzat per aquest estudi, que inclou no només el cultiu d'aquestes en les condicions adequades sinó també el tractament posterior per facilitar-ne l'emmagatzematge, transport, conservació i aplicació, és molt elevat. Es troba calculat a la taula 3.5, i l'annex 5 en detalla el procediment de càlcul. Tal i com es pot observar a la taula 3.5, aquest preu també varia molt per les microalgues que són més comercialitzades: *Chlorella Vulgaris* i *Spirulina Platensis*. Per aquestes dues espècies, concretament les dues d'aigua dolça, la tecnologia al voltant de la seva producció ha millorat exponencialment les darreres dècades i això ha fet que el seu cost actual pugui ser molt més competitiu.

L'objectiu d'aquest estudi és caracteritzar fisicoquímicament les cremes de verdures per veure'n les principals diferències, i no fer-ne un anàlisi a nivell de ventes i consumidors. Malgrat això, s'ha volgut fer una simple aproximació econòmica dels productes elaborats per poder analitzar quin increment de cost suposaria l'addició de les microalgues als diferents nivells. A més a més, com es pot observar a la taula 3.5, s'ha volgut incloure el preu calculat a partir de les matèries primeres de la crema d'espinaç sense microalga, per poder comparar. Per tal d'avaluar millor els resultats, s'ha inclòs informació sobre l'etiquetatge referent al contingut de proteïna i fibra relacionat amb els càlculs explicats a l'apartat 3.5.

És important destacar que, el cost de matèries primeres que no són microalgues, s'han fet servir mitjanes del mercat espanyol, s'ha utilitzat la formulació de les cremes de verdures de la taula 2.1., i per a les microalgues, el preu comercial de les empreses col·laboradores, en aquest cas, la que ofereix preus més competitius. A l'última fila de la taula s'ha afegit el preu comercial al qual es ven la crema de verdures de l'empresa col·laboradora del projecte, 3,10 €/kg (en envasos de diferents formats), per valorar també el marge que pot tenir el producte. Tot i això, no es pot oblidar que els preus de les matèries primeres utilitzats no són els preus als que l'empresa productora les adquireix, per tant cal tenir en compte diversos factors per poder fer un anàlisi coherent d'aquests valors.

Per últim, a nivell tecnològic i de processat, considerant que les microalgues s'obtenen directament en pols deshidratades com a matèries primeres per a la crema, les diferents formulacions no presenten cap canvi, i per tant, cap increment de cost, alhora de produir-se a nivell industrial. Aquest fet en facilita la comparació quant a costos, ja que només cal considerar el preu de les matèries primeres utilitzades en cada cas. Les dues microalgues més cares, d'aigua salada, afegides al 3 % gairebé doblen el preu de la mostra control, igualant-se al preu comercial de la crema de verdures sense microalga, ara bé, ambdues permeten el reclam d'alt contingut en proteïna. Relacionant el preu i el contingut proteic de les mostres, deixant de banda els efectes a nivell fisicoquímic i reològic de cada microalga; la millor opció pel preu competitiu i el reclam proteic és l'addició de *Spirulina Platensis* en un 1,5 %.

## 4. CONCLUSIONS

L'efecte d'afegir microalgues a una crema de verdures s'ha estudiat des de diferents perspectives: sobre les propietats fisicoquímiques, reològiques i nutricionals, i a nivell econòmic. Les principals conclusions a nivell fisicoquímic que s'extreuen de l'estudi, combinant totes les anàlisis estadístics de les dades realitzats, s'extreu que per al color de les cremes de verdures l'espècie és el factor més rellevant. En el cas d'afegir *Spirulina Platensis*, s'observa molta diferència de color, amb mostres més fosques i menys verdes; i per contra, amb *Chlorella Vulgaris*, l'efecte de la microalga no és perceptible a nivell visual. Les altres dues espècies modifiquen el color de manera més moderada que SP, sobretot ho fan amb un 3 % d'addició.

Pel que fa al pH, s'extreu la conclusió que el mètode i medi de cultiu de cada espècie afecta directament en el pH resultant, ja que les espècies marines causen un pH menys àcid, destacant sobretot *Tetraselmis Chuii*. Aquest valor, a gran escala, pot ser significatiu quant a tractament tèrmic per a la conservació de la crema de verdures, ja que la resistència dels microorganismes objectiu pot variar en tenir un pH menys agressiu. A més a més, a nivell sensorial, també pot ser detectat organolèpticament.

La humitat i els sòlids solubles, presenten una relació proporcional, explicable a nivell físic ja que en les diferents formulacions, a l'afegir més microalga, es substitueix per verdures que tenen un component d'aigua elevat; mentre que les microalgues són en pols deshidratades. Per aquest motiu, és coherent el resultat obtingut de reduir la humitat del producte significativament a mesura que s'augmenta el nivell d'addició de microalga. En aquests paràmetres, el nivell d'addició és el factor determinant de les diferències significatives entre el control i la resta de mostres. Malgrat això, el rang de variació no és elevat, i el resultat de les diferents espècies tampoc és molt diferenciat.

El nivell de sòlids solubles presents a les mostres no presenta diferències significatives. Aquest fet es pot explicar per l'error inherent al mètode utilitzat, ja que els refractòmetres requereixen de líquids homogenis per obtenir bones mesures i, en aquest cas, la matriu no ho era. Per poder-ho ajustar millor, el líquid sobrenedant resultant de la sinèresi es va considerar una bona base per a la mesura, però únicament per poder comparar entre les diferents mostres, ja que a nivell pràctic, aquesta informació no és vàlida, al ser els sòlids solubles en el líquid alliberat durant la centrifugació; i no els sòlids solubles reals de cada producte.

L'estudi reològic del producte proporciona resultats coherents entre els dos tests de consistència realitzats. Per una banda, el test Bostwick constata que a major contingut de microalga, major recorregut fa el producte i per tant menys viscos resulta ser. Per l'altra, i de manera conseqüent, el valor del coeficient de consistència disminueix en augmentar la concentració de microalga demostrant novament una disminució de la viscositat. Es constata també que la humitat no té un efecte directe sobre la reologia del producte, perquè a major nivell d'addició de microalga són productes menys humits i alhora més fluids. Per tant, la causa que redueix la viscositat del producte prové d'altres factors com pot ser el contingut lipídic o les propietats termo-físiques de cada microalga que, excepte

per *Spirulina Platensis*, debiliten l'estructura del producte i el fan més fluid. L'espècie mencionada, SP, és l'única que obté valors superiors al control i per tant, la crema resulta ser més viscosa que l'original. També cal tenir en compte que per als dos tests reològics, l'anàlisi multivariable ha determinat que l'espècie és el factor amb impacte significatiu per aquests paràmetres. Amb aquesta dada, les modificacions observades en augmentar la concentració de microalga, i, per tant, reduir el percentatge d'humitat; no tenen un resultat significativament diferent i no es poden considerar rellevants.

A nivell reològic, hi ha molts factors a considerar per explicar els resultats obtinguts, que presenten elevades desviacions estàndard, en part inherents a la metodologia. En primer lloc, l'efecte de la temperatura sobre el comportament de les cremes de verdures; no presenten diferències de comportament, segueixen la mateixa tendència ja sigui a temperatura ambient (18 - 21 °C), o a temperatura de consum (50 - 55 °C). A més a més, dins del propi test Bostwick, s'observen variacions fora de la tendència en funció de la temperatura a la que es fes el test, és a dir, que amb poca variació de temperatura, el comportament ja pot variar de manera perceptible. Una segona conclusió és que el fluid, en tots els casos, és pseudoplàstic, amb un índex de comportament del flux inferior a 1, concretament n al voltant de 0,2. D'aquesta avaluació s'extreu la necessitat de fer més proves experimentals quant a reologia, aplicant diferents temperatures i augmentant de manera més notòria el percentatge de microalga per poder definir millor l'efecte de les diferents espècies de microalgues sobre la crema de verdures. És important tenir definida la viscositat del producte no només a nivell de consumidor, sinó, com ja s'ha comentat, també a nivell de temperatura de producció a gran escala, per estudiar el possible escalat de les formulacions amb millors resultats.

Com a últim paràmetre fisicoquímic, l'activitat d'aigua no presenta canvis significatius per cap espècie, únicament en la formulació amb *Tetraselmis Chuii* al 3 %, on és inferior, sense ser significativament rellevant. Aquest efecte, però, pot tenir explicació en que aquesta espècie marina fa augmentar el contingut de sal del producte i aquesta pot ajudar a retenir més aigua i fer baixar així l'activitat d'aigua lliure de la mostra.

Quant a la composició nutricional de les cremes de verdures, s'observa com, a nivell teòric i experimental, afegir microalgues fa augmentar la quantitat de proteïna. És la *Chlorella Vulgaris* l'única espècie que, ni amb un nivell d'addició del 3 % permet augmentar prou la proteïna per canviar el reclam del producte. La resta sí que ho permeten i, *Spirulina Platensis*, també afegint únicament un 1,5 % de concentració; i per això a nivell de preu competitiu, al ser una de les microalgues més comercialitzades i produïdes, de baix cost, i amb reclam proteic, és la que ofereix millor relació nutricional amb el preu.

Com a conclusió global, la microalga que presenta menys diferències fisicoquímiques respecte el control és la *Chlorella Vulgaris*, l'única que es podria acceptar amb un 3 % d'addició. Les altres tres, només es podrien seguir desenvolupant amb un 1,5 % de concentració. A nivell de textura, es requereixen més estudis per eliminar variables ambientals i poder determinar millor l'efecte de les diferents concentracions de microalga, ja que en aquest, l'únic factor significativament rellevant ha estat l'espècie, i

sense mostrar moltes diferències de comportament entre elles. Per últim, a nivell nutricional, per tal de potenciar el contingut proteic dels productes però vetllar alhora per la seva acceptació, sobretot a nivell de color, es planteja estudiar combinacions de microalgues, i també l'addició d'altres ingredients proteics per complementar la microalga i no perjudicar les característiques fisicoquímiques de la crema de verdures.

## 5. REFERÈNCIES

- Boukid, F., & Castellari, M. (2021). Food and beverages containing algae and derived ingredients launched in the market from 2015 to 2019: a front-of-pack labelling perspective with a special focus on Spain. *foods*, 10, 173.
- Boukid, F., Curti, E., Diantom, A., Carini, E., & Vittadini, E. (2021). A multilevel investigation supported by multivariate analysis for tomato product formulation. *European Food Research and Technology*.
- Caporgno, M., & Mathys, A. (2018). Trends in microalgae incorporation into innovative food products with potential health benefits. *Frontiers in Nutrition*, 5:58.
- Carcelli, A., Masuelli, E., Diantom, A., & Vittadini, E. (2020). Probing the functionality of Physically Modified Corn Flour as Clean Label Thickening Agent with a Multiscale Characterization. *Foods*, 9, 1105.
- CIT, C. I. (2020). *Earth Science Communications Team at NASA's Jet Propulsion Laboratory*. Recollit de Global climate change – vital signs of the Planet.: <https://climate.nasa.gov/evidence/>
- Comission, E. (2015). *Sustainable, Safe and Nutricious Food - New nutrient sources*. Business Innovation Observatory.
- Conde, T. A., Neves, B. F., Couto, D., Melo, T., Neves, B., Costa, M., . . . Domingues, M. R. (2021). Microalgae as sustainable bio-factories of healthy lipids: evaluating fatty acid content and antioxidant activity. *Marine drugs*, 19(7), 357.
- Cristiana, M., Fernandes, I., Vasco, I., Sousa, I., & Raymundo, A. (2020). Tetraselmis chuii as a sustainable and healthy ingredient to produce gluten-free bread: impact on structure, colour and bioactivity. *Foods*, 9(5), 579.
- Diantom, A., Boukid, F., Carini, E., Curti, E., & Vittadini, E. (2020). Can potato fiber efficiently substitute xanthan gum in modulating chemical. *Food Hydrocolloids*, 101, 105508.
- EUR-lex. (2011). Recollit de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=celex%3A32011R1169>
- FAO. (2003). *Food energy - methods of analysis and conversion factors*. Rome: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.
- Fernández-López, J., Botella-Martínez, C., Vera, C. N.-R., Sayas-Barberán, M. E., Viuda-Martos, Sánchez-Zapata, E., & Pérez-Álvarez, J. A. (2020). Vegetable soups and creams: raw materials, processing, health benefits and innovation trends. *plants*, 9(12), 1769.
- FSVO. (2021). *Swiss Food Composition Database*. Recollit de <https://naehrwertdaten.ch/en/downloads/>
- Gilland, B. (2002). Can food production keep pace with population growth in the next half-century? *World population and food supply.*, Vol. 27, pp. 47-63. .
- Hanne K. Mæhre, \*. L.-J. (2018). Protein Determination - Method Matters. *foods*, 7(1): 5.

- J. A. Barreiro, M. M. (1997). Kinetics of Colour Change of Double Concentrated Tomato Paste During Thermal Treatment. *Journal of Food Engineering* 33, 33, 359-371.
- Kagan, M., & Matulka, R. (2015). Safety assessment of the microalgae *Nannochloropsis oculata*. *Toxicology Reports*, 2, 617-623.
- Lafarga, T. (2019). Effect of microalgal biomass incorporation into foods: nutritional and sensorial attributes of the end products. *Algal Research*, 41, 101566.
- Lafarga, T., Acién-Fernández, F. G., Castellari, M., & Villaró, S. (2019). Effect of microalgae incorporation on the physicochemical, nutritional, and sensorial properties of an innovative broccoli soup. *Food Science and Technology*, 111, 167-174.
- Lafarga, T., Fernández-Sevilla, J. M., & González-López, C. (2020). Spirulina for the food and functional food industries. *Food Research International*, 137, 109356.
- Ljubic, A., Jacobsen, C., Holdt, S., & Jakobsen, J. (2020). Microalgae *Nannochloropsis oceanica* as a future new natural source of vitamin D3. *Food Chemistry*, volume 320.
- Niccolai, A., Chini Zittelli, G., Rodolfi, L., Biondi, N., & Tredici, M. (2019). Microalgae of interest as food source: biochemical composition and digestibility. *Algal Research* 42, volume 42, 101617.
- PCE. (2021). Recollit de <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-medida-laboratorio/consistometro-bostwick-zxcon.htm>
- Profuture. (2020). Recollit de <http://pro-future.eu/microalgae>
- Tehrani, M. M., & Ghandi, A. (2004). Modification of Bostwick method to determine tomato concentrate consistency. *Journal of Food Engineering* 79, 79, 1483-1486.
- Toro, V., Siquier-Coll, J., Bartolomé, I., Robles-Gil, M. C., Rodrigo, J., & Maynar-Mariño, M. (2020). Effects of *Tetraselmis chuii* microalgae supplementation on ergospirometric, haematological and biochemical parameters in amateur soccer players. *Environmental Research and Public Health*, 17, 6885.
- Tukker, A., & Jansen, B. (2006). Environmental impacts of products: a detailed review of studies. *Ind Ecol.*, 10:159-82.
- Vale, M., & Gonçalves, A. (2020). Microalgae review. *Science Direct*, 29, 189-198.
- Verdúa, S., Pérez, A. J., Barata, J. M., & Graua, R. (2019). Laser backscattering imaging as a control technique for fluid foods: application to vegetable-based creams processing. *Journal of Food Engineering*, 241; 58-66.
- Waghmare, A., Salve, M., LeBlanc, J. G., & Arya, S. (2016). Concentration and characterization of microalgae proteins from *Chlorella pyrenoidosa*. *Bioresources and Bioprocessing*, 16.
- White, T. (2000). Diet and the distribution of environmental impact. *Ecological Economics*, Vol. 34, pp. 145-153. .
- Zanella, L., & Vianello, F. (2020). Microalgae of the genus *Nannochloropsis*: chemical composition and functional implications for human nutrition. *Journal of Functional Foods*, 68, 103919.

## 6. ANNEXOS

### Annex 1: Ajust de la formulació

Per tal d'iniciar les proves experimentals, és necessari definir la formulació de la crema de verdures sense microalga, i aconseguir que complís els paràmetres de qualitat marcats per l'empresa productora. Aquesta, per motius de seguretat, no va proporcionar la formulació exacta que utilitzaven, però sí el requisit següent: la viscositat s'ha de trobar entre 8 i 10 cm durant 30 segons utilitzant un consistòmetre Bostwick (PCE, 2021), abans del tractament d'esterilització, a una temperatura entre 18 i 20 °C; o per temperatures lleugerament superiors, el rang s'amplia entre 6 i 10 cm.

A partir d'aquest paràmetre, basant-se en els ingredients de l'etiqueta del producte per ordre de major a menor quantitat, es comença amb la formulació de la primera columna taula 1.1 (mostra 1). El resultat del test Bostwick per aquesta crema de verdures és molt superior al límit de 10 cm, una mitjana de 15,75 cm. Al obtenir una crema massa fluida, massa líquida, se'n redueix a la meitat el contingut d'aigua sense modificar la resta d'ingredients. A nivell de percentatge les quantitats varien; però en realitat es mantenen tots els ingredients, com s'observa a la columna de referència, excepte l'aigua.

La nova formulació amb aquesta reducció es troba a la taula 6.1.1, mostra 2. El resultat del test Bostwick per la mostra 2 és troba dins el rang desitjat, com s'observa a la taula 6.1.2, per tant s'estableix la mostra 2 com a formulació de crema de verdures sense microalga.

**Taula 6.1.1. Ajust del contingut d'aigua de la crema de verdures sense microalga.**

Ingredient	MOSTRA 1		MOSTRA 2	
	Referència (g)	%	Referència (g)	%
Espinacs	16,0	12,0	16,0	15,4
Carabassó	14,0	10,4	14,0	13,5
Cigrons	14,0	10,4	14,0	13,5
Porro	10,0	7,5	10,0	9,7
Bròquil	10,0	7,5	10,0	9,7
Bleda	6,0	4,5	6,0	5,8
<b>TOTAL VEGETALS</b>	<b>70,0</b>	<b>52,3</b>	<b>70,0</b>	<b>67,6</b>
Aigua	60,0	45,0	30,0	29,0
Oli	3,0	2,25	3,0	2,9
Sal	0,5	0,45	0,5	0,5
<b>TOTAL</b>	<b>133,5</b>	<b>100,0</b>	<b>103,5</b>	<b>100,0</b>

**Taula 6.1.2. Test Bostwick per l'ajust del contingut d'aigua.**

Mostra	T (°C)	Massa (g)	X (cm)
1	20,5	111,0	15,5
1	20,3	110,6	16,0
2	20,7	106,5	7,8
2	20,4	107,0	7,2

## **Annex 2: Procés d'esterilització**

Per definir el procés d'esterilització ve definit pel paràmetre F, que és la unitat de letalitat aplicada al procés. Una unitat de letalitat és equivalent a un minut d'escalfament a una temperatura de referència, que per a processos d'esterilització s'acostuma a fer servir els 121,1 °C (temperatura d'inactivació del *Clostridium Botulinum*). A aquesta temperatura, el temps d'esterilització estàndard és de 3 minuts, o 3 minuts equivalents, és a dir, 3 unitats de letalitat (F=3). Per aquest mateix microorganisme, la z de referència és de 10 °C. Per definició, la z és l'augment o descens de temperatura que permet augmentar o reduir en un 90 % els microorganismes sobre un producte concret durant un temps determinat.

Amb aquests paràmetres i a partir de mesurar la temperatura a l'interior de la crema de verdures durant el procés d'esterilització, s'ha calculat la F equivalent de diferents processos per ajustar-ne les condicions. El primer procés es realitza a les condicions de la taula 6.2.1; definides a partir de la informació proporcionada per l'empresa col·laboradora amb el projecte: 116 °C durant 74 minuts.

**Taula 6.2.1. Prova 1 del programa d'esterilització a l'autoclau.**

Etapas programa	Temps (min)	Temperatura (°C)	Pressió absoluta (mbar)
1	15	116	2213
2	60	116	2213
3	10	30	1013

Per calcular la F es fan servir les equacions 6.2.1 i 6.2.2. L'equació 6.2.1 calcula el temps equivalent (D1) a 121,1 °C (T ref) per una z de 10 °C, on T és la temperatura real a l'interior de la crema, i D2 és el temps real de procés a aquesta temperatura. L'equació 6.2.2 és el sumatori de tots els temps equivalents (F) acumulats, per saber la F total del procés d'esterilització.

$$D1 = D2 \times 10^{\frac{T-T_{ref}}{z}} \quad (6.2.1) \quad F = \sum D2 \quad (6.2.2)$$

La taula 6.2.2 mostra el recull de temperatures de la prova 1 d'esterilització, a partir de les quals s'ha calculat la F equivalent del procés. La mateixa taula mostra el procediment d'aquests càlculs aplicant les equacions 6.2.1 i 6.2.2. Per a aquest procés, F és igual a 6,92.

**Taula 6.2.2. Recull de temperatures i càlculs per a la prova 1 d'esterilització.**

Temps total (s)	T (°C)	D2 (min)	$(T-T_{ref})/z$	$10^{(T-T_{ref})/z}$	$D2 \times 10^{\frac{T-T_{ref}}{z}}$	F (min)
0	19,38973		-10,171	0,00	0,00	0,00
20	19,38973	0,333	-10,171	0,00	0,00	0,00
40	19,37270	0,333	-10,173	0,00	0,00	0,00
60	19,35568	0,333	-10,174	0,00	0,00	0,00
80	19,33866	0,333	-10,176	0,00	0,00	0,00
100	19,33866	0,333	-10,176	0,00	0,00	0,00
120	19,32163	0,333	-10,178	0,00	0,00	0,00
140	19,30461	0,333	-10,180	0,00	0,00	0,00
160	19,30461	0,333	-10,180	0,00	0,00	0,00
180	19,28759	0,333	-10,181	0,00	0,00	0,00
200	19,27056	0,333	-10,183	0,00	0,00	0,00
220	19,27056	0,333	-10,183	0,00	0,00	0,00
240	19,25354	0,333	-10,185	0,00	0,00	0,00
260	19,25354	0,333	-10,185	0,00	0,00	0,00
280	19,25354	0,333	-10,185	0,00	0,00	0,00
300	19,27056	0,333	-10,183	0,00	0,00	0,00
320	19,28759	0,333	-10,181	0,00	0,00	0,00
340	19,32163	0,333	-10,178	0,00	0,00	0,00
360	19,35568	0,333	-10,174	0,00	0,00	0,00
380	19,42378	0,333	-10,168	0,00	0,00	0,00
400	19,49188	0,333	-10,161	0,00	0,00	0,00
420	19,59403	0,333	-10,151	0,00	0,00	0,00
440	19,71323	0,333	-10,139	0,00	0,00	0,00
460	19,84947	0,333	-10,125	0,00	0,00	0,00
480	20,00276	0,333	-10,110	0,00	0,00	0,00
500	20,20717	0,333	-10,089	0,00	0,00	0,00
520	20,41162	0,333	-10,069	0,00	0,00	0,00
540	20,66724	0,333	-10,043	0,00	0,00	0,00
560	20,93995	0,333	-10,016	0,00	0,00	0,00
580	21,24683	0,333	-9,985	0,00	0,00	0,00
600	21,57085	0,333	-9,953	0,00	0,00	0,00
620	21,94614	0,333	-9,915	0,00	0,00	0,00
640	22,33863	0,333	-9,876	0,00	0,00	0,00
660	22,76538	0,333	-9,833	0,00	0,00	0,00
680	23,22646	0,333	-9,787	0,00	0,00	0,00
700	23,72189	0,333	-9,738	0,00	0,00	0,00
720	24,25172	0,333	-9,685	0,00	0,00	0,00
740	24,81600	0,333	-9,628	0,00	0,00	0,00
760	25,39766	0,333	-9,570	0,00	0,00	0,00
780	26,03098	0,333	-9,507	0,00	0,00	0,00
800	26,68177	0,333	-9,442	0,00	0,00	0,00
820	27,35007	0,333	-9,375	0,00	0,00	0,00
840	28,07021	0,333	-9,303	0,00	0,00	0,00

---

860	28,79079	0,333	-9,231	0,00	0,00	0,00
880	29,56334	0,333	-9,154	0,00	0,00	0,00
900	30,35359	0,333	-9,075	0,00	0,00	0,00
920	31,16157	0,333	-8,994	0,00	0,00	0,00
940	32,00453	0,333	-8,910	0,00	0,00	0,00
960	32,86533	0,333	-8,823	0,00	0,00	0,00
980	33,74400	0,333	-8,736	0,00	0,00	0,00
1000	34,65784	0,333	-8,644	0,00	0,00	0,00
1020	35,58966	0,333	-8,551	0,00	0,00	0,00
1040	36,52223	0,333	-8,458	0,00	0,00	0,00
1060	37,49013	0,333	-8,361	0,00	0,00	0,00
1080	38,47616	0,333	-8,262	0,00	0,00	0,00
1100	39,48034	0,333	-8,162	0,00	0,00	0,00
1120	40,50273	0,333	-8,060	0,00	0,00	0,00
1140	41,54338	0,333	-7,956	0,00	0,00	0,00
1160	42,58496	0,333	-7,852	0,00	0,00	0,00
1180	43,64487	0,333	-7,746	0,00	0,00	0,00
1200	44,68836	0,333	-7,641	0,00	0,00	0,00
1220	45,69796	0,333	-7,540	0,00	0,00	0,00
1240	46,79560	0,333	-7,430	0,00	0,00	0,00
1260	47,78960	0,333	-7,331	0,00	0,00	0,00
1280	48,64477	0,333	-7,246	0,00	0,00	0,00
1300	49,74522	0,333	-7,135	0,00	0,00	0,00
1320	50,82923	0,333	-7,027	0,00	0,00	0,00
1340	51,98430	0,333	-6,912	0,00	0,00	0,00
1360	53,15805	0,333	-6,794	0,00	0,00	0,00
1380	54,31546	0,333	-6,678	0,00	0,00	0,00
1400	55,50917	0,333	-6,559	0,00	0,00	0,00
1420	56,70411	0,333	-6,440	0,00	0,00	0,00
1440	57,93550	0,333	-6,316	0,00	0,00	0,00
1460	59,13297	0,333	-6,197	0,00	0,00	0,00
1480	60,34933	0,333	-6,075	0,00	0,00	0,00
1500	61,56698	0,333	-5,953	0,00	0,00	0,00
1520	62,75057	0,333	-5,835	0,00	0,00	0,00
1540	63,95309	0,333	-5,715	0,00	0,00	0,00
1560	65,13915	0,333	-5,596	0,00	0,00	0,00
1580	66,32644	0,333	-5,477	0,00	0,00	0,00
1600	67,47946	0,333	-5,362	0,00	0,00	0,00
1620	68,63365	0,333	-5,247	0,00	0,00	0,00
1640	69,77123	0,333	-5,133	0,00	0,00	0,00
1660	70,89213	0,333	-5,021	0,00	0,00	0,00
1680	71,99631	0,333	-4,910	0,00	0,00	0,00
1700	73,08373	0,333	-4,802	0,00	0,00	0,00
1720	74,15432	0,333	-4,695	0,00	0,00	0,00
1740	75,20806	0,333	-4,589	0,00	0,00	0,00
1760	76,24488	0,333	-4,486	0,00	0,00	0,00

---

---

1780	77,26474	0,333	-4,384	0,00	0,00	0,00
1800	78,24968	0,333	-4,285	0,00	0,00	0,00
1820	79,23547	0,333	-4,186	0,00	0,00	0,00
1840	80,18622	0,333	-4,091	0,00	0,00	0,00
1860	81,11980	0,333	-3,998	0,00	0,00	0,00
1880	82,03617	0,333	-3,906	0,00	0,00	0,00
1900	82,93529	0,333	-3,816	0,00	0,00	0,00
1920	83,81711	0,333	-3,728	0,00	0,00	0,00
1940	84,66358	0,333	-3,644	0,00	0,00	0,00
1960	85,51068	0,333	-3,559	0,00	0,00	0,00
1980	86,34036	0,333	-3,476	0,00	0,00	0,00
2000	87,13454	0,333	-3,397	0,00	0,00	0,00
2020	87,92926	0,333	-3,317	0,00	0,00	0,00
2040	88,68839	0,333	-3,241	0,00	0,00	0,00
2060	89,42993	0,333	-3,167	0,00	0,00	0,00
2080	90,17194	0,333	-3,093	0,00	0,00	0,00
2100	90,86009	0,333	-3,024	0,00	0,00	0,00
2120	91,56679	0,333	-2,953	0,00	0,00	0,00
2140	92,23766	0,333	-2,886	0,00	0,00	0,00
2160	92,89076	0,333	-2,821	0,00	0,00	0,00
2180	93,52609	0,333	-2,757	0,00	0,00	0,00
2200	94,16177	0,333	-2,694	0,00	0,00	0,00
2220	94,76145	0,333	-2,634	0,00	0,00	0,01
2240	95,36145	0,333	-2,574	0,00	0,00	0,01
2260	95,92537	0,333	-2,517	0,00	0,00	0,01
2280	96,47136	0,333	-2,463	0,00	0,00	0,01
2300	97,03584	0,333	-2,406	0,00	0,00	0,01
2320	97,56414	0,333	-2,354	0,00	0,00	0,01
2340	98,07447	0,333	-2,303	0,00	0,00	0,01
2360	98,56678	0,333	-2,253	0,01	0,00	0,01
2380	99,05931	0,333	-2,204	0,01	0,00	0,02
2400	99,53379	0,333	-2,157	0,01	0,00	0,02
2420	100,0084	0,333	-2,109	0,01	0,00	0,02
2440	100,4468	0,333	-2,065	0,01	0,00	0,02
2460	100,8853	0,333	-2,021	0,01	0,00	0,03
2480	101,3057	0,333	-1,979	0,01	0,00	0,03
2500	101,7262	0,333	-1,937	0,01	0,00	0,03
2520	102,1287	0,333	-1,897	0,01	0,00	0,04
2540	102,5129	0,333	-1,859	0,01	0,00	0,04
2560	102,8973	0,333	-1,820	0,02	0,01	0,05
2580	103,2635	0,333	-1,784	0,02	0,01	0,05
2600	103,6298	0,333	-1,747	0,02	0,01	0,06
2620	103,9779	0,333	-1,712	0,02	0,01	0,07
2640	104,3078	0,333	-1,679	0,02	0,01	0,07
2660	104,6378	0,333	-1,646	0,02	0,01	0,08
2680	104,9496	0,333	-1,615	0,02	0,01	0,09

---

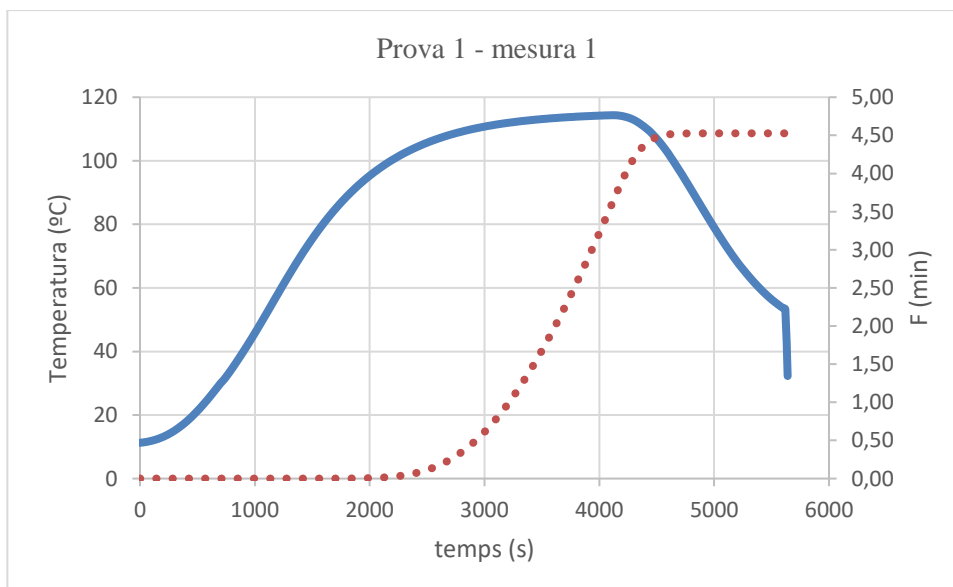
2700	105,2614	0,333	-1,584	0,03	0,01	0,10
2720	105,5733	0,333	-1,553	0,03	0,01	0,11
2740	105,8669	0,333	-1,523	0,03	0,01	0,12
2760	106,1423	0,333	-1,496	0,03	0,01	0,13
2780	106,4177	0,333	-1,468	0,03	0,01	0,14
2800	106,6932	0,333	-1,441	0,04	0,01	0,15
2820	106,9504	0,333	-1,415	0,04	0,01	0,16
2840	107,1893	0,333	-1,391	0,04	0,01	0,18
2860	107,4466	0,333	-1,365	0,04	0,01	0,19
2880	107,6855	0,333	-1,341	0,05	0,02	0,21
2900	107,9062	0,333	-1,319	0,05	0,02	0,22
2920	108,1268	0,333	-1,297	0,05	0,02	0,24
2940	108,3476	0,333	-1,275	0,05	0,02	0,26
2960	108,5499	0,333	-1,255	0,06	0,02	0,28
2980	108,7523	0,333	-1,235	0,06	0,02	0,30
3000	108,9548	0,333	-1,215	0,06	0,02	0,32
3020	109,1572	0,333	-1,194	0,06	0,02	0,34
3040	109,3413	0,333	-1,176	0,07	0,02	0,36
3060	109,5070	0,333	-1,159	0,07	0,02	0,38
3080	109,6912	0,333	-1,141	0,07	0,02	0,41
3100	109,8570	0,333	-1,124	0,08	0,03	0,43
3120	110,0227	0,333	-1,108	0,08	0,03	0,46
3140	110,1886	0,333	-1,091	0,08	0,03	0,48
3160	110,3360	0,333	-1,076	0,08	0,03	0,51
3180	110,4834	0,333	-1,062	0,09	0,03	0,54
3200	110,6308	0,333	-1,047	0,09	0,03	0,57
3220	110,7783	0,333	-1,032	0,09	0,03	0,60
3240	110,9074	0,333	-1,019	0,10	0,03	0,63
3260	111,0364	0,333	-1,006	0,10	0,03	0,67
3280	111,1655	0,333	-0,993	0,10	0,03	0,70
3300	111,2946	0,333	-0,981	0,10	0,03	0,74
3320	111,4052	0,333	-0,969	0,11	0,04	0,77
3340	111,5159	0,333	-0,958	0,11	0,04	0,81
3360	111,6450	0,333	-0,946	0,11	0,04	0,85
3380	111,7557	0,333	-0,934	0,12	0,04	0,89
3400	111,8480	0,333	-0,925	0,12	0,04	0,92
3420	111,9587	0,333	-0,914	0,12	0,04	0,97
3440	112,0510	0,333	-0,905	0,12	0,04	1,01
3460	112,1433	0,333	-0,896	0,13	0,04	1,05
3480	112,2540	0,333	-0,885	0,13	0,04	1,09
3500	112,3278	0,333	-0,877	0,13	0,04	1,14
3520	112,4201	0,333	-0,868	0,14	0,05	1,18
3540	112,5125	0,333	-0,859	0,14	0,05	1,23
3560	112,5863	0,333	-0,851	0,14	0,05	1,28
3580	112,6786	0,333	-0,842	0,14	0,05	1,32
3600	112,7525	0,333	-0,835	0,15	0,05	1,37

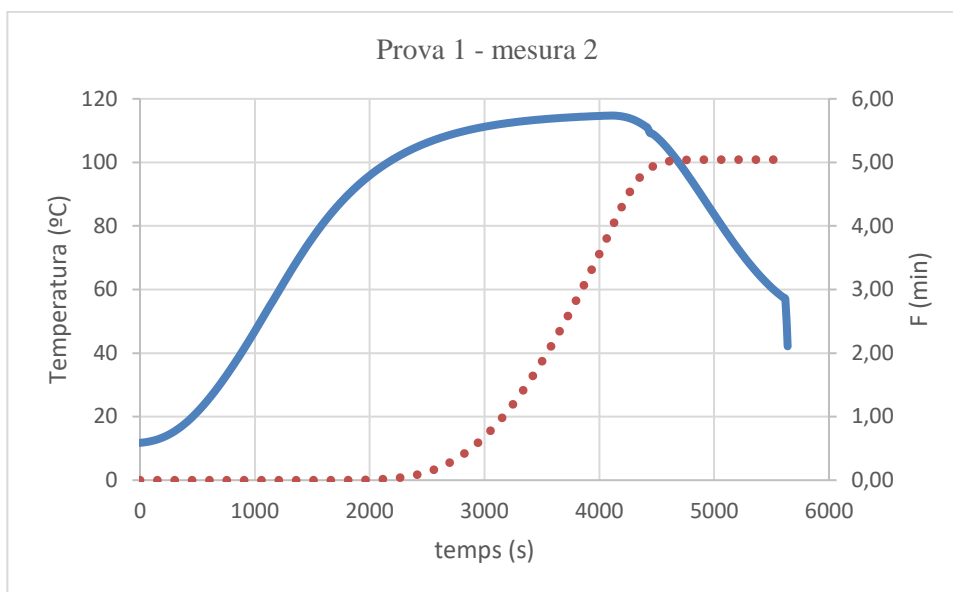
3620	112,8264	0,333	-0,827	0,15	0,05	1,42
3640	112,9002	0,333	-0,820	0,15	0,05	1,47
3660	112,9741	0,333	-0,813	0,15	0,05	1,52
3680	113,0295	0,333	-0,807	0,16	0,05	1,58
3700	113,1034	0,333	-0,800	0,16	0,05	1,63
3720	113,1588	0,333	-0,794	0,16	0,05	1,68
3740	113,2327	0,333	-0,787	0,16	0,05	1,74
3760	113,2881	0,333	-0,781	0,17	0,06	1,79
3780	113,3436	0,333	-0,776	0,17	0,06	1,85
3800	113,3990	0,333	-0,770	0,17	0,06	1,90
3820	113,4544	0,333	-0,765	0,17	0,06	1,96
3840	113,5099	0,333	-0,759	0,17	0,06	2,02
3860	113,5653	0,333	-0,753	0,18	0,06	2,08
3880	113,6207	0,333	-0,748	0,18	0,06	2,14
3900	113,6577	0,333	-0,744	0,18	0,06	2,20
3920	113,7131	0,333	-0,739	0,18	0,06	2,26
3940	113,7501	0,333	-0,735	0,18	0,06	2,32
3960	113,7871	0,333	-0,731	0,19	0,06	2,38
3980	113,8425	0,333	-0,726	0,19	0,06	2,44
4000	113,8795	0,333	-0,722	0,19	0,06	2,51
4020	113,9165	0,333	-0,718	0,19	0,06	2,57
4040	113,9534	0,333	-0,715	0,19	0,06	2,64
4060	113,9904	0,333	-0,711	0,19	0,06	2,70
4080	114,0274	0,333	-0,707	0,20	0,07	2,77
4100	114,0644	0,333	-0,704	0,20	0,07	2,83
4120	114,1013	0,333	-0,700	0,20	0,07	2,90
4140	114,1383	0,333	-0,696	0,20	0,07	2,97
4160	114,1568	0,333	-0,694	0,20	0,07	3,03
4180	114,1938	0,333	-0,691	0,20	0,07	3,10
4200	114,2308	0,333	-0,687	0,21	0,07	3,17
4220	114,2492	0,333	-0,685	0,21	0,07	3,24
4240	114,2862	0,333	-0,681	0,21	0,07	3,31
4260	114,3047	0,333	-0,680	0,21	0,07	3,38
4280	114,3417	0,333	-0,676	0,21	0,07	3,45
4300	114,3602	0,333	-0,674	0,21	0,07	3,52
4320	114,3787	0,333	-0,672	0,21	0,07	3,59
4340	114,4157	0,333	-0,668	0,21	0,07	3,66
4360	114,4342	0,333	-0,667	0,22	0,07	3,73
4380	114,4527	0,333	-0,665	0,22	0,07	3,80
4400	114,4712	0,333	-0,663	0,22	0,07	3,88
4420	114,4897	0,333	-0,661	0,22	0,07	3,95
4440	114,5081	0,333	-0,659	0,22	0,07	4,02
4460	114,5266	0,333	-0,657	0,22	0,07	4,10
4480	114,5451	0,333	-0,655	0,22	0,07	4,17
4500	114,5636	0,333	-0,654	0,22	0,07	4,24
4520	114,5821	0,333	-0,652	0,22	0,07	4,32

4540	114,6006	0,333	-0,650	0,22	0,07	4,39
4560	114,6191	0,333	-0,648	0,22	0,07	4,47
4580	114,6376	0,333	-0,646	0,23	0,08	4,54
4600	114,6561	0,333	-0,644	0,23	0,08	4,62
4620	114,6746	0,333	-0,643	0,23	0,08	4,69
4640	114,6746	0,333	-0,643	0,23	0,08	4,77
4660	114,6931	0,333	-0,641	0,23	0,08	4,85
4680	114,7116	0,333	-0,639	0,23	0,08	4,92
4700	114,7116	0,333	-0,639	0,23	0,08	5,00
4720	114,7301	0,333	-0,637	0,23	0,08	5,08
4740	114,7486	0,333	-0,635	0,23	0,08	5,15
4760	114,7486	0,333	-0,635	0,23	0,08	5,23
4780	114,7671	0,333	-0,633	0,23	0,08	5,31
4800	114,7856	0,333	-0,631	0,23	0,08	5,39
4820	114,7856	0,333	-0,631	0,23	0,08	5,46
4840	114,8041	0,333	-0,630	0,23	0,08	5,54
4860	114,8041	0,333	-0,630	0,23	0,08	5,62
4880	114,8226	0,333	-0,628	0,24	0,08	5,70
4900	114,8226	0,333	-0,628	0,24	0,08	5,78
4920	114,8411	0,333	-0,626	0,24	0,08	5,86
4940	114,8411	0,333	-0,626	0,24	0,08	5,94
4960	114,8411	0,333	-0,626	0,24	0,08	6,01
4980	114,8226	0,333	-0,628	0,24	0,08	6,09
5000	114,7671	0,333	-0,633	0,23	0,08	6,17
5020	114,6746	0,333	-0,643	0,23	0,08	6,25
5040	114,5451	0,333	-0,655	0,22	0,07	6,32
5060	114,3787	0,333	-0,672	0,21	0,07	6,39
5080	114,1938	0,333	-0,691	0,20	0,07	6,46
5100	113,9719	0,333	-0,713	0,19	0,06	6,52
5120	113,6392	0,333	-0,746	0,18	0,06	6,58
5140	113,2512	0,333	-0,785	0,16	0,05	6,64
5160	112,7525	0,333	-0,835	0,15	0,05	6,69
5180	112,3463	0,333	-0,875	0,13	0,04	6,73
5200	111,4975	0,333	-0,960	0,11	0,04	6,77
5220	110,9258	0,333	-1,017	0,10	0,03	6,80
5240	110,3544	0,333	-1,075	0,08	0,03	6,83
5260	108,1085	0,333	-1,299	0,05	0,02	6,85
5280	107,3730	0,333	-1,373	0,04	0,01	6,86
5300	106,1607	0,333	-1,494	0,03	0,01	6,87
5320	105,7385	0,333	-1,536	0,03	0,01	6,88
5340	105,1330	0,333	-1,597	0,03	0,01	6,89
5360	104,3445	0,333	-1,676	0,02	0,01	6,90
5380	103,5016	0,333	-1,760	0,02	0,01	6,90
5400	102,6044	0,333	-1,850	0,01	0,00	6,91
5420	101,6897	0,333	-1,941	0,01	0,00	6,91
5440	100,7756	0,333	-2,032	0,01	0,00	6,91

5460	99,82588	0,333	-2,127	0,01	0,00	6,91
5480	98,76741	0,333	-2,233	0,01	0,00	6,92
5500	97,65525	0,333	-2,344	0,00	0,00	6,92
5520	96,36215	0,333	-2,474	0,00	0,00	6,92
5540	94,83416	0,333	-2,627	0,00	0,00	6,92
5560	93,54425	0,333	-2,756	0,00	0,00	6,92
5580	92,25579	0,333	-2,884	0,00	0,00	6,92
5600	91,02314	0,333	-3,008	0,00	0,00	6,92
5620	89,84612	0,333	-3,125	0,00	0,00	6,92
5640	88,77880	0,333	-3,232	0,00	0,00	6,92
5660	87,74860	0,333	-3,335	0,00	0,00	6,92
5680	86,75543	0,333	-3,434	0,00	0,00	6,92
5700	85,79920	0,333	-3,530	0,00	0,00	6,92
5720	84,86178	0,333	-3,624	0,00	0,00	6,92
5740	83,96115	0,333	-3,714	0,00	0,00	6,92
5760	83,09720	0,333	-3,800	0,00	0,00	6,92
5780	82,28785	0,333	-3,881	0,00	0,00	6,92
5800	81,49704	0,333	-3,960	0,00	0,00	6,92
5820	80,22212	0,333	-4,088	0,00	0,00	6,92
5840	79,16375	0,333	-4,194	0,00	0,00	6,92
5860	78,30343	0,333	-4,280	0,00	0,00	6,92
5880	35,17543	0,333	-8,592	0,00	0,00	6,92
5900	27,04158	0,333	-9,406	0,00	0,00	6,92
5920	32,71034	0,333	-8,839	0,00	0,00	6,92
5940	24,62788	0,333	-9,647	0,00	0,00	<b>6,92</b>

Figura 6.2.1. Evolució de temperatures i F d'esterilització per a la prova 1, mesura 1.



**Figura 6.2.2. Evolució de temperatures i F d'esterilització per a la prova 1, mesura 2.**

La figura 6.2.1 representa gràficament el procés d'esterilització a partir dels valors numèrics indicats a la taula 6.2.2. La línia blava indica l'evolució de la temperatura al llarg del temps, i la línia taronja discontinua representa la F assolida a cada moment.

En aquest mateix procés amb les condicions d'esterilització indicades a la taula 6.2.1, es pren una altra mesura d'evolució de la temperatura, amb un altre termòmetre dins d'una crema de verdures diferent en el mateix autoclau. Amb les dades obtingudes per aquesta segona mesura i tractades de la mateixa manera que a la taula 6.2.2, s'obté una F igual a 7,62. La figura 6.2.2 mostra l'evolució de temperatures i F per la mesura 2 de la prova 1. Per tant, per al procés d'esterilització de la prova 1, la F mitjana és de 7,27 minuts equivalents.

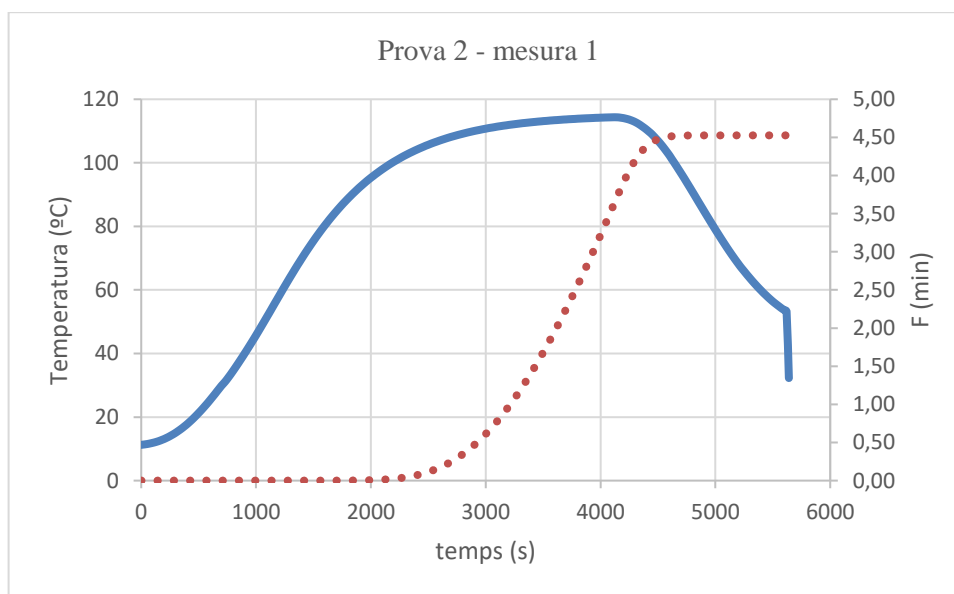
A partir d'aquí, un cop explicat el procediment de càlcul de la F equivalent de cada procés, es pretenen ajustar les condicions d'esterilització per assolir una F de 3. Les taules 6.2.3, 2.4 i 6.2.5 recullen les condicions dels diferents programes d'autoclau realitzats i les F mitjana obtingudes en cada cas. A més a més, per cada prova i mesura realitzada s'indica a la taula quina figura representa gràficament el procés d'esterilització realitzat.

En els següents processos d'esterilització s'augmenta el nombre d'etapes de refredament a dues. Aquest canvi es realitza a l'observar que el procés de refredament requereix més temps del previst i que l'autoclau requereix major pressió a l'inici del refredament, ja que la temperatura segueix sent superior a 100 °C. Per això s'afegeix la quarta etapa que no té efecte sobre el temps real d'esterilització ja que la temperatura és petita. Entre la prova 1 i la prova 2, a més a més, es redueix el temps de durada de la segona etapa, o etapa de manteniment, per tal d'acostar-se a una F de 3, que és el valor de referència. La F obtinguda segueix sent superior a l'objectiu, 4,88 minuts de mitjana.

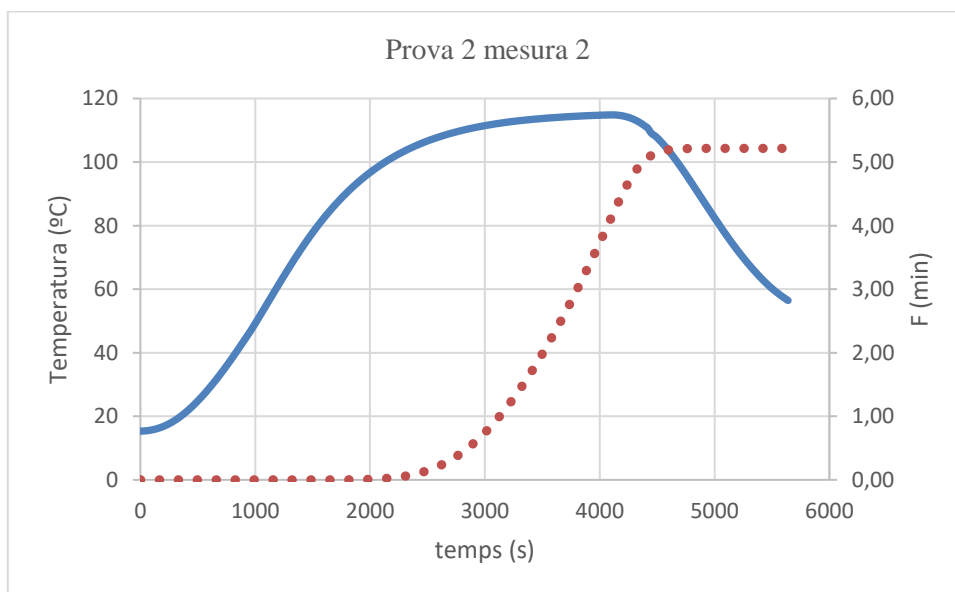
**Taula 6.2.3. Recull de condicions i càlculs per a la prova 2 d'esterilització.**

Condicions del procés d'esterilització				Mesura 1		Mesura 2	
Etapes programa	Temps (min)	Temperatura (°C)	Pressió abs. (mbar)	F total (min)	Figura	F total (min)	Figura
1	15	116	2213	4,53	2.3	5,22	2.4
2	50	116	2213	<b>F mitjana (min)</b> 4,88			
3	10	30	2213				
4	10	30	1013				

**Figura 6.2.3. Evolució de temperatures i F d'esterilització per a la prova 2, mesura 1.**



**Figura 6.2.4. Evolució de temperatures i F d'esterilització per a la prova 2, mesura 2.**

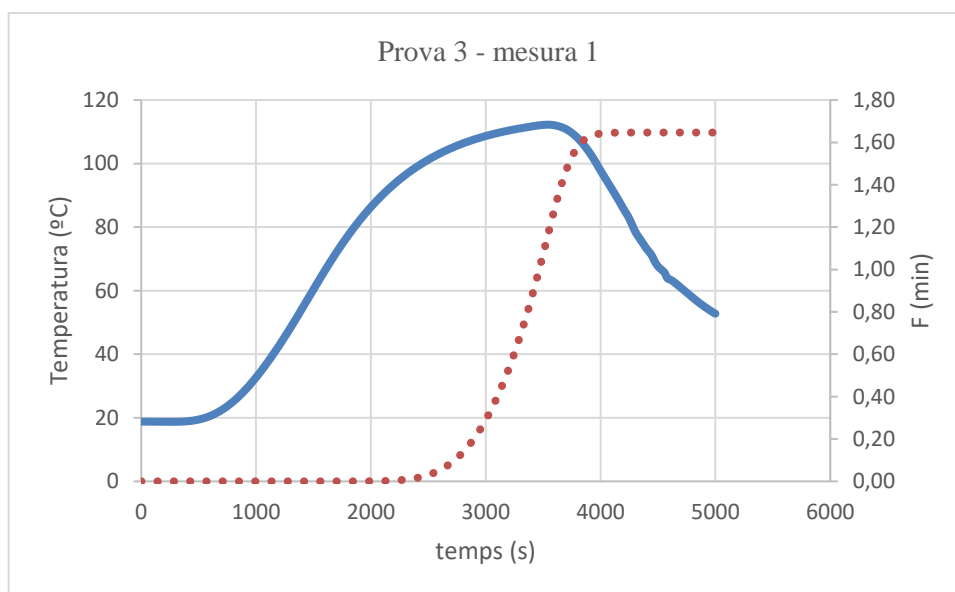


Per a la tercera prova, es segueix reduint fins a 35 el temps de manteniment, per tal de reduir encara més la F i apropar-se al valor de 3. La F obtinguda, però, és inferior a la desitjada, 1,72 minuts de mitjana. Els paràmetres queden recollits a la taula 6.2.4.

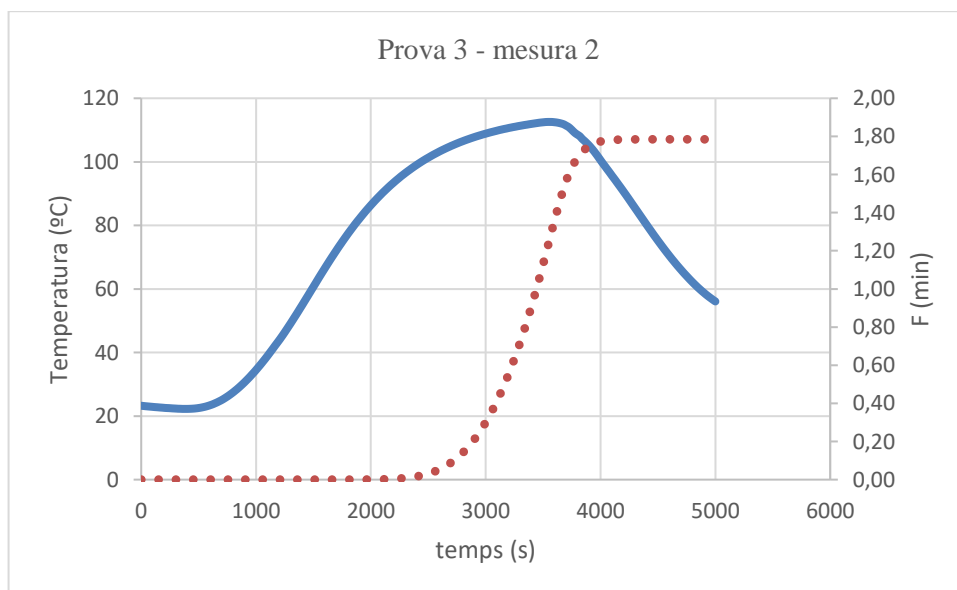
**Taula 6.2.4. Recull de condicions i càlculs per a la prova 3 d'esterilització.**

Condicions del procés d'esterilització				Mesura 1		Mesura 2	
Etapes programa	Temps (min)	Temperatura (°C)	Pressió abs. (mbar)	F total (min)	Figura	F total (min)	Figura
1	15	116	2213	1,65	2.5	1,78	2.6
2	35	116	2213	<b>F mitjana (min)</b> 1,72			
3	10	30	2213				
4	10	30	1013				

**Figura 6.2.5. Evolució de temperatures i F d'esterilització per a la prova 3, mesura 1.**



**Figura 6.2.6. Evolució de temperatures i F d'esterilització per a la prova 3, mesura 2.**

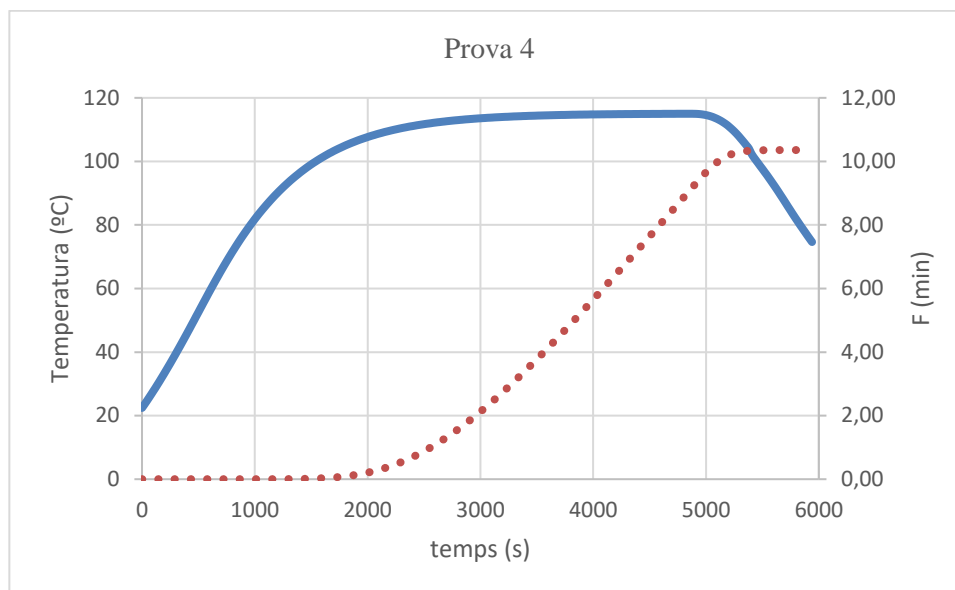


Arribats a aquest punt, on es preveu que el temps ideal de manteniment es troba entre les proves 2 i 3, per tant al voltant dels 45 minuts, es decideix fer un canvi d'objectiu. Es vol comprovar l'afectació d'un procés d'esterilització més agressiu en les qualitats visibles del producte esterilitzat i així decidir si es pot augmentar sense problema el temps de manteniment a l'autoclau per assegurar una òptima conservació del producte. Per fer-ho, s'agafa una mostra ja esterilitzada amb el programa de la prova 2, l'especificat a la taula 6.2.3, i s'hi aplica un nou tractament d'esterilització, les condicions de la taula 6.2.5. Aquest tractament es realitza assegurant un temps de manteniment de 74 minuts a la temperatura marcada pel fabricant de 116°C; seguint així les indicacions de l'empresa col·laboradora, aplicant-les únicament al procés de manteniment, per tant assegurant un màxim d'esterilització. Aquestes condicions especificades no són prou concretes, ja que dependrà del tipus d'autoclau utilitzat, si és en continu o no, la velocitat d'escalfament i refredament, i si el temps de 74 minuts és el total del procés o únicament el de l'etapa de manteniment. Per tot això, per assegurar una esterilització màxima, s'agafa la referència únicament per a l'etapa de manteniment.

**Taula 6.2.5. Prova 4 del programa d'esterilització a l'autoclau.**

Etapes programa	Temps (min)	Temperatura (°C)	Pressió absoluta (mbar)
1	15	116	2213
2	74	116	2213
3	10	116	2213
4	10	30	1013

El resultat d'aplicar aquest nou tractament sobre un producte prèviament esterilitzat, s'avalua visualment per tot l'equip de treball i es compara amb el mateix producte esterilitzat un sol cop. La figura 6.2.7 mostra l'evolució de temperatures i F per aquesta prova 4, que és de 10,36 minuts (a considerar la temperatura inicial de la mostra de 4 °C). Cal tenir en compte però, que la mostra ja havia rebut el tractament de la prova 2, per tant la F total és la suma dels dos tractaments,  $10,36 + 4,88 = 15,24$  minuts.

**Figura 6.2.7. Evolució de temperatures i F d'esterilització per a la prova 4.**

La conclusió d'aquestes proves és que no hi ha una modificació notable del producte en augmentar el temps d'esterilització i que l'important és fixar unes condicions del procés per seguir sempre el mateix al llarg de tot l'estudi. A més a més, es decideix anar a màxims nivells d'esterilització per tal d'assegurar la innocuïtat del producte a llarg termini. Les condicions definitives de l'autoclau es mostren a la taula 6.2.6. Per últim, la taula 6.2.7 mostra el càlcul de la F per a tots els processos d'esterilització realitzats, a partir del registre de temperatures de cadascun, com a mesura de control per assegurar un bon resultat; i les gràfiques de la figura 6.2.8 fins la 6.2.15 mostren l'evolució de les temperatures i la F per cada procés. La F mitjana del procés d'esterilització aplicat en el projecte és d'11,56 minuts.

**Taula 2.6. Programa d'esterilització a l'autoclau definitiu.**

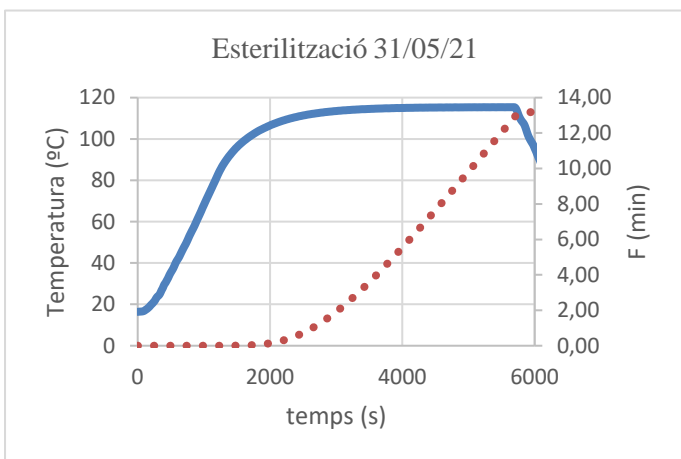
Etares programa	Temps (min)	Temperatura (°C)	Pressió absoluta (mbar)
1	15	116	2213
2	74	116	2213
3	10	30	2213
4	10	30	1013

**Taula 6.2.7. Control dels valors de F per al programa definitiu d'esterilització.**

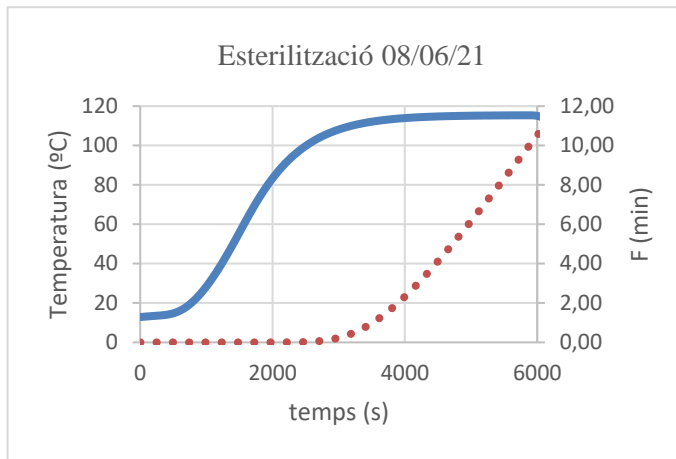
Data d'esterilització	F (min)	Figura
31/05/21	13,19	2.8
08/05/21	11,26	2.9
14/06/21	11,26	2.10

16/06/21	11,48	2.11
21/06/21	11,11	2.12
29/06/21	11,46	2.13
30/06/21	11,50	2.14
05/07/21	11,19	2.15

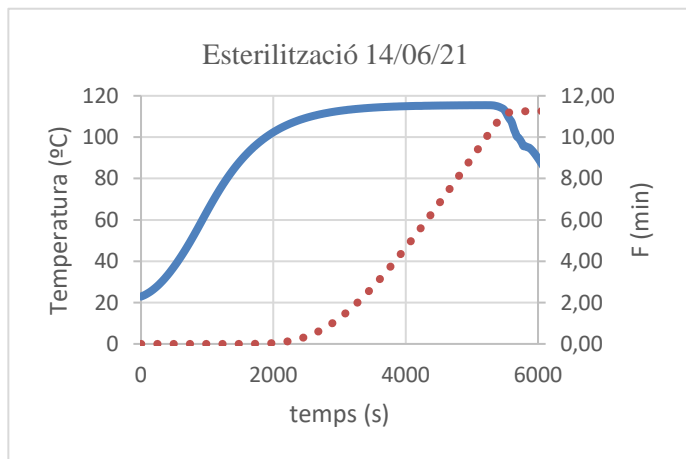
**Figura 6.2.8. Evolució temperatura i F: 31/05/21**



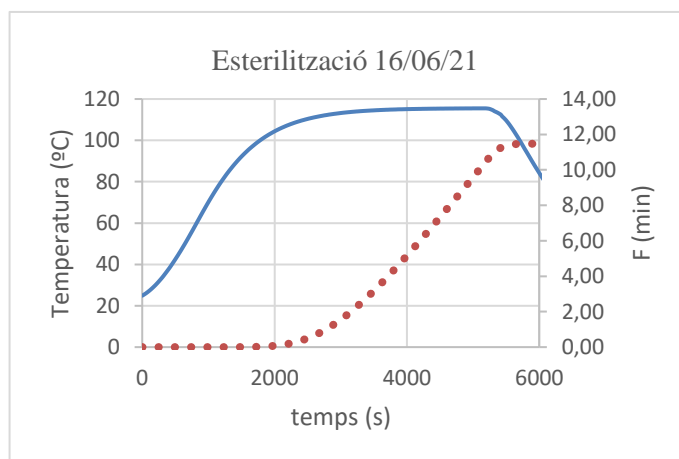
**Figura 6.2.9. Evolució temperatura i F: 08/06/21**



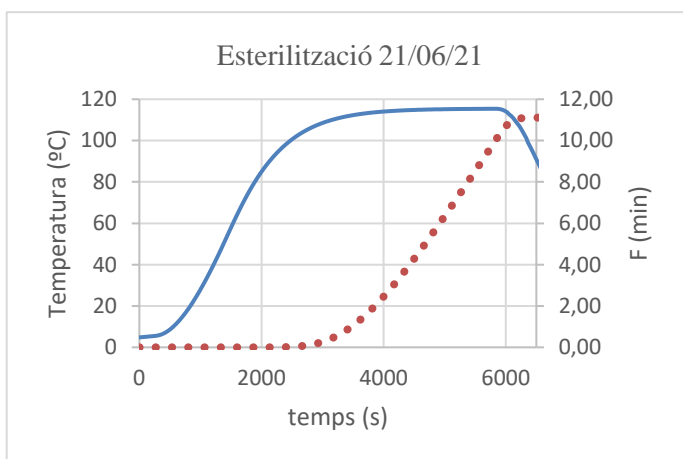
**Figura 6.2.10. Evolució temperatura i F: 14/06/21**



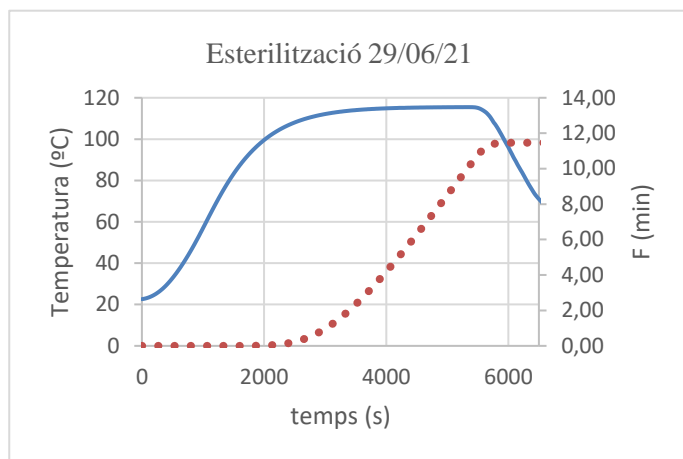
**Figura 6.2.11. Evolució temperatura i F: 16/06/21**



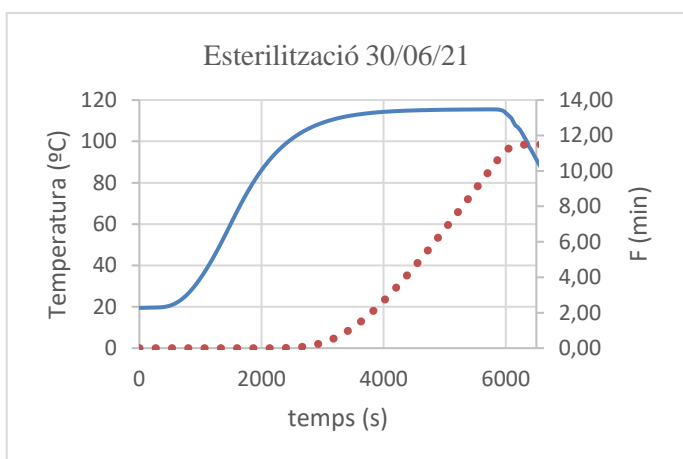
**Figura 6.2.12. Evolució temperatura i F: 21/06/21**



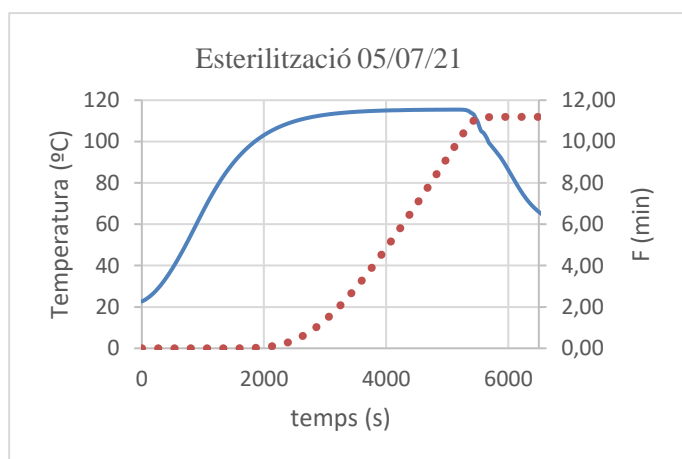
**Figura 6.2.13. Evolució temperatura i F: 29/06/21**



**Figura a 6.2.14. Evolució temperatura i F: 30/06/21**



**Figura 6.2.15. Evolució temperatura i F: 05/07/21**



Per acabar, cal tenir en compte que la variabilitat de la F calculada per cada procés d'esterilització va estretament lligada a la temperatura inicial de la crema en entrar a l'autoclau, que es idealment ha de ser de 20 °C però a la pràctica no sempre és la mateixa. A més a més, es pot constatar amb certesa que les diferents formulacions no tenen efectes perceptibles en l'evolució de temperatures de les cremes de verdures durant l'esterilització.

### **Annex 3: Tractament de dades reològiques**

Per tal d'analitzar les dades obtingudes en el test reològic amb el reòmetre Haake, s'han utilitzat dos mètodes de càlcul diferents i s'han comparat els resultats obtinguts. La taula 6.3.1 mostra un exemple de de les dades que proporciona el reòmetre Haake per cada anàlisi realitzada, en aquest cas, per la mostra control sense microalga, una de les sis anàlisis que s'han dut a terme. La primera columna indica les 17 mesures que pren l'instrument i l'última els segons reals quan es pren cada mesura. Les tres primeres mesures proporcionen dades reològiques sobre el producte, que després s'estudiaran, i la quarta indica la temperatura a la que es realitza l'anàlisi. Cal tenir en compte que aquesta temperatura és la del bany tèrmic que s'aplica, no la que té realment la crema en el seu interior, que acostuma a ser aproximadament 5 °C inferior.

Amb aquestes dades, la primera opció és aplicar la llei de la potència, o Ostwald de Waele, que es mostra a l'equació 6.3.1. Per fer-ho, es linealitzava la llei de la potència, com es mostra a l'equació 6.3.2, i es calculen set i vuit de la taula 6.3.1 amb els logaritmes neperians de  $\gamma$  i  $\tau$ .

$$\tau = k \cdot \gamma^n \quad (6.3.1)$$

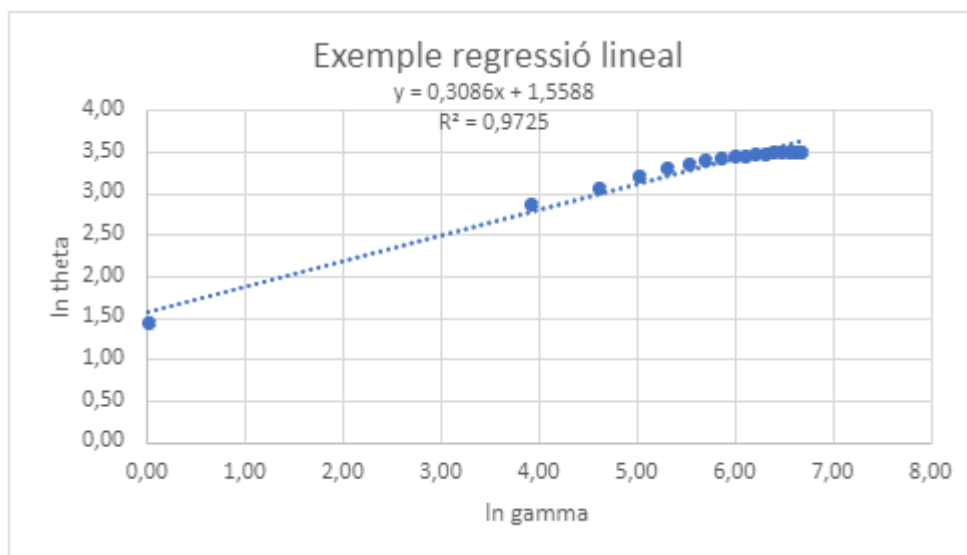
$$\ln \tau = \ln k + n \cdot \ln \gamma \quad (6.3.2)$$

**Taula 6.3.1. Dades primàries reòmetre Haake per la crema sense microalgues.**

STD	$\gamma$ en 1/s	$\tau$ en Pa	$\eta$ en Pas	T en °C	t en s	$\ln \gamma$	$\ln \tau$
1 1	1,01	4,37	4,35	55,75	16,16	0,0060	1,4265
1 2	50,78	17,47	0,34	55,75	31,17	3,9275	2,8730
1 3	100,90	20,26	0,20	55,74	46,18	4,6141	3,0564
1 4	150,70	22,83	0,15	55,76	61,20	5,0153	3,1966
1 5	201,00	25,16	0,13	55,74	76,16	5,3033	3,2891
1 6	250,70	27,08	0,11	55,73	91,17	5,5243	3,3538
1 7	300,50	28,46	0,09	55,77	106,20	5,7054	3,3948
1 8	350,10	29,34	0,08	55,74	121,20	5,8582	3,4200
1 9	400,50	29,99	0,07	55,76	136,20	5,9927	3,4401
1 10	450,10	30,50	0,07	55,76	151,20	6,1095	3,4532
1 11	500,40	30,83	0,06	55,75	166,20	6,2154	3,4614
1 12	550,00	31,14	0,06	55,78	181,20	6,3099	3,4695
1 13	600,30	31,23	0,05	55,74	196,20	6,3974	3,4803
1 14	650,20	31,43	0,05	55,78	211,20	6,4773	3,4877
1 15	699,80	31,47	0,04	55,78	226,10	6,5508	3,4938
1 16	749,90	31,56	0,04	55,75	241,20	6,6199	3,4983
1 17	800,00	31,77	0,04	55,73	256,20	6,6846	3,4995

A partir d'aquí, es fa una regressió lineal de les columnes 7 i 8, que es pot veure representada a la figura 6.3.1; de la qual s'obtenen  $\ln k = 1,5588$  i  $n = 0,3086$ ; i per obtenir  $k$  es fa l'exponencial del valor, i així  $k = 4,7513$ . Aquest procediment de càlcul s'aplica per totes les mesures realitzades, i es fa la mitjana dels 6 valors obtinguts per cadascuna de les 9 formulacions de cremes de verdures.

**Figura 6.3.1. Exemple de regressió lineal per la crema sense microalgues.**



La segona opció de càlcul és simplement agafar els valors de la llei de la potència que el propi programari Haake proporciona. Les mitjanes dels valors per  $k$  i  $n$  obtinguts amb el programari Haake es troben a les columnes 2 i 3, i les mitjanes obtingudes amb la regressió lineal de l'equació es troben a les columnes 4 i 5 de la taula 6.3.2. Aquesta taula també inclou el càlcul de la desviació estàndard i el coeficient de variació en percentatge per les dues opcions de càlcul, per tal de poder-les comparar.

**Taula 6.3.2. Comparativa valors reològics obtinguts amb dos metodologies diferents.**

Mostra	$k$ (programari) (Pa · s <sup>n</sup> )	$n$ (programari)	$k$ (linealització) (Pa · s <sup>n</sup> )	$n$ (linealització)
Control	8,51±1,66	0,22±0,02	6,93±2,15	0,26±0,04
CV (%)	19,51	8,64	30,94	14,98
CV15	7,74±1,57	0,23±0,02	5,46±1,85	0,29±0,04
CV(%)	20,24	7,98	33,91	12,78
CV30	7,16±1,36	0,24±0,02	4,65±1,21	0,32±0,04
CV(%)	18,95	9,11	25,97	12,33
NO15	6,77±1,17	0,24±0,02	4,54±1,77	0,32±0,07
CV(%)	17,25	9,36	39,00	23,06
NO30	6,44±0,47	0,25±0,01	3,96±1,11	0,33±0,05
CV(%)	7,29	5,23	27,97	15,80
SP15	8,35±1,78	0,22±0,02	5,87±2,00	0,28±0,04
CV(%)	21,30	9,64	33,97	14,65

SP30	9,49±1,35	0,21±0,03	6,09±1,98	0,29±0,07
CV(%)	14,22	12,72	32,48	22,82
TC15	7,70±1,61	0,23±0,02	5,80±1,54	0,28±0,03
CV(%)	20,94	9,83	26,60	12,10
TC30	7,34±0,93	0,23±0,01	4,99±1,34	0,30±0,04
CV(%)	12,63	6,38	26,88	14,04

Abreviacions de les mostres especificades a la taula 2.3 de l'informe principal.

Observant els valors de la taula, es determina amb certesa que els coeficients de variació pels valors obtinguts a partir del programari, automàticament, són inferiors als obtinguts linealitzant les equacions. Per aquest motiu es decideix analitzar estadísticament les dades proporcionades pel programari Haake, ja que els algoritmes interns d'aquest proporcionen menor coeficient de variació entre les sis anàlisis realitzades per cada mostra de crema de verdures.

#### **Annex 4: Càlcul de la composició nutricional**

Per calcular la composició nutricional de cadascuna de les mostres de crema de verdures, amb i sense microalgues, s'ha utilitzat la formulació de cada mostra, la composició química dels ingredients promig extreta de la base de dades Swiss Food Composition Database (FSVO, 2021) i la composició química de les microalgues proporcionada per les empreses proveïdores. La base de dades aporta informació sobre la composició química de cadascun dels ingredients de la crema, és a dir, l'energia, greixos, carbohidrats, proteïnes, sal i fibra per 100 grams de cada ingredient.

La composició nutricional de les microalgues queda recollida a la taula 6.4.1, creada a partir de les dades proporcionades per les diferents empreses productores i comercialitzadores de les microalgues.

A partir d'aquestes dades, s'ha creat una taula de composició nutricional que relaciona la composició de la crema estudiada amb la quantitat d'energia, greixos, carbohidrats, proteïnes, sal i fibra que cadascun dels ingredients hi aporta, ponderant la quantitat per 100 grams amb la quantitat de cada ingredient. A continuació es presenten aquestes taules, numerades del 6.4.2 fins al 6.4.10, en el següent ordre: mostra control sense microalga, mostra amb *Chlorella Vulgaris* al 1,5 i 3 %; mostra amb *Nannochloropsis Oceanica* al 1,5 i 3 %; mostra amb *Spirulina Platensis* al 1,5 i 3 % i mostra amb *Tetraselmis Chuii* al 1,5 i 3 %.

El càlcul dels paràmetres de qualitat es realitza de manera separada. Per obtenir el percentatge de kilocalories provinents de proteïnes, es fa servir la dada de 4 kcal/gram de proteïna. Per obtenir el resultat, es multipliquen els grams totals de proteïna de la crema de verdures per els 4 kcal/gram de proteïna i es divideix tot entre l'energia total que aporta la crema de verdures. A l'equació 6.4.1 es mostra aquest càlcul per a la crema de verdures control sense microalga.

Per calcular els grams de fibra per 100 kilocalories, es multipliquen els grams de fibra per 100 grams de producte per 100 kcal i es divideix el resultat entre les kcal/100 grams de producte. L'equació 6.4.2 mostra aquest càlcul per la crema de verdures control sense microalga.

$$\frac{2,50 \text{ g}/100\text{g} \times 4 \text{ kcal}/\text{g}}{57,02 \text{ kcal}/100\text{g}} = 0,1751 \rightarrow 0,1751 \times 100 = 17,51 \% \text{ (6.4.1)}$$

$$\frac{2,19 \text{ g}/100\text{g} \times 100 \text{ kcal}}{57,02 \text{ kcal}/100\text{g}} = 3,85 \text{ g fibra}/100\text{kcal} \text{ (6.4.2)}$$

**Taula 6.4.1. Composició nutricional de les microalgues.**

Ingredient	Energia (kcal/100 g)	Greixos (g/100 g)	dels quals saturats (g/100 g)	Carbohidrats (g/100g)	dels quals sucres (g/100g)	Proteïnes (g/100 g)	Sal (g/100 g)	Fibra (g/100 g)
<i>Spirulina</i>	388	7,7	2,7	20,3	3,1	57,5	0,5	3,2
<i>Chlorella</i>	367	7	2,45	57,8	4	26,3	0,3	20
<i>Tetraselmis</i>	336	7,9	7,63	15,5	4,3	45,26	1,4	11,2
<i>Nannochloropsis</i>	321	15,1	14,75	17	0,093	34,94	8	14,2

**Taula 6.4.2. Composició nutricional mostra control sense microalga.**

Ingredient	Composició (%)	Energia (kcal/100 g)	Greixos (g/100 g)	dels quals saturats (g/100 g)	Carbohidrats (g/100g)	dels quals sucres (g/100g)	Proteïnes (g/100 g)	Sal (g/100 g)	Fibra (g/100 g)
Espinac	15,40	4,62	0,08	0,02	0,17	0,14	0,55	0,03	0,52
Carbassó	13,50	3,38	0,04	0,01	0,35	0,34	0,32	0,00	0,18
Cigró	13,50	17,69	0,27	0,04	2,39	0,14	1,00	0,00	0,84
Porro	9,70	3,20	0,03	0,00	0,41	0,38	0,17	0,00	0,30
Bròquil	9,70	2,91	0,04	0,01	0,22	0,21	0,28	0,00	0,28
Bleda	5,80	1,74	0,02	0,00	0,21	0,04	0,16	0,03	0,08
Aigua	29,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oli	2,90	23,49	2,61	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sal	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,00
Microalga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>57,02</b>	<b>3,08</b>	<b>0,36</b>	<b>3,75</b>	<b>1,24</b>	<b>2,496</b>	<b>0,55</b>	<b>2,19</b>

**Taula 6.4.3. Composició nutricional mostra *Chlorella Vulgaris* amb 1,5 % d'addició.**

Ingredient	Composició (%)	Energia (kcal/100 g)	Greixos (g/100 g)	dels quals saturats (g/100 g)	Carbohidrats (g/100g)	dels quals sucres (g/100g)	Proteïnes (g/100 g)	Sal (g/100 g)	Fibra (g/100 g)
Espinac	15,17	4,55	0,08	0,02	0,17	0,14	0,55	0,03	0,52
Carbassó	13,30	3,32	0,04	0,01	0,35	0,33	0,32	0,00	0,17
Cigró	13,30	17,42	0,27	0,04	2,35	0,13	0,98	0,00	0,82
Porro	9,55	3,15	0,03	0,00	0,40	0,37	0,17	0,00	0,30
Bròquil	9,55	2,87	0,04	0,01	0,22	0,21	0,28	0,00	0,28
Bleda	5,71	1,71	0,02	0,00	0,21	0,04	0,16	0,03	0,07
Aigua	29,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oli	2,90	23,49	2,61	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sal	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,00
Microalga	1,01	3,72	0,07	0,02	0,59	0,04	0,27	0,00	0,20
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>60,24</b>	<b>3,15</b>	<b>0,39</b>	<b>4,28</b>	<b>1,27</b>	<b>2,73</b>	<b>0,55</b>	<b>2,36</b>

**Taula 6.4.4. Composició nutricional mostra *Chlorella Vulgaris* amb 3,0 % d'addició.**

Ingredient	Composició (%)	Energia (kcal/100 g)	Greixos (g/100 g)	dels quals saturats (g/100 g)	Carbohidrats (g/100g)	dels quals sucres (g/100g)	Proteïnes (g/100 g)	Sal (g/100 g)	Fibra (g/100 g)
Espinac	14,94	4,48	0,07	0,01	0,16	0,13	0,54	0,03	0,51
Carbassó	13,10	3,27	0,04	0,01	0,34	0,33	0,31	0,00	0,17
Cigró	13,10	17,15	0,26	0,04	2,32	0,13	0,97	0,00	0,81
Porro	9,41	3,10	0,03	0,00	0,40	0,37	0,17	0,00	0,29
Bròquil	9,41	2,82	0,04	0,01	0,22	0,21	0,27	0,00	0,27
Bleda	5,63	1,69	0,02	0,00	0,20	0,04	0,16	0,03	0,07
Aigua	29,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oli	2,90	23,49	2,61	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sal	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,00
Microalga	2,03	7,44	0,14	0,05	1,17	0,08	0,53	0,01	0,41
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>63,46</b>	<b>3,21</b>	<b>0,41</b>	<b>4,81</b>	<b>1,29</b>	<b>2,95</b>	<b>0,55</b>	<b>2,53</b>

**Taula 6.4.5. Composició nutricional mostra *Nannochloropsis Oceanica* amb 1,5 % d'addició.**

Ingredient	Composició (%)	Energia (kcal/100 g)	Greixos (g/100 g)	dels quals saturats (g/100 g)	Carbohidrats (g/100g)	dels quals sucres (g/100g)	Proteïnes (g/100 g)	Sal (g/100 g)	Fibra (g/100 g)
Espinac	15,17	4,55	0,08	0,02	0,17	0,14	0,55	0,03	0,52
Carbassó	13,30	3,32	0,04	0,01	0,35	0,33	0,32	0,00	0,17
Cigró	13,30	17,42	0,27	0,04	2,35	0,13	0,98	0,00	0,82
Porro	9,55	3,15	0,03	0,00	0,40	0,37	0,17	0,00	0,30
Bròquil	9,55	2,87	0,04	0,01	0,22	0,21	0,28	0,00	0,28
Bleda	5,71	1,71	0,02	0,00	0,21	0,04	0,16	0,03	0,07
Aigua	29,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oli	2,90	23,49	2,61	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sal	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,00
Microalga	1,01	3,25	0,15	0,15	0,17	0,00	0,35	0,08	0,14
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>59,77</b>	<b>3,23</b>	<b>0,51</b>	<b>3,87</b>	<b>1,23</b>	<b>2,81</b>	<b>0,63</b>	<b>2,30</b>

**Taula 6.4.6. Composició nutricional mostra *Nannochloropsis Oceanica* amb 3,0 % d'addició.**

Ingredient	Composició (%)	Energia (kcal/100 g)	Greixos (g/100 g)	dels quals saturats (g/100 g)	Carbohidrats (g/100g)	dels quals sucres (g/100g)	Proteïnes (g/100 g)	Sal (g/100 g)	Fibra (g/100 g)
Espinac	14,94	4,48	0,07	0,01	0,16	0,13	0,54	0,03	0,51
Carbassó	13,10	3,27	0,04	0,01	0,34	0,33	0,31	0,00	0,17
Cigró	13,10	17,15	0,26	0,04	2,32	0,13	0,97	0,00	0,81
Porro	9,41	3,10	0,03	0,00	0,40	0,37	0,17	0,00	0,29
Bròquil	9,41	2,82	0,04	0,01	0,22	0,21	0,27	0,00	0,27
Bleda	5,63	1,69	0,02	0,00	0,20	0,04	0,16	0,03	0,07
Aigua	29,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oli	2,90	23,49	2,61	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sal	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,00
Microalga	2,03	6,51	0,31	0,30	0,34	0,00	0,71	0,16	0,29
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>62,52</b>	<b>3,37</b>	<b>0,66</b>	<b>3,98</b>	<b>1,21</b>	<b>3,13</b>	<b>0,71</b>	<b>2,42</b>

**Taula 6.4.7. Composició nutricional mostra *Spirulina Platensis* amb 1,5 % d'addició.**

Ingredient	Composició (%)	Energia (kcal/100 g)	Greixos (g/100 g)	dels quals saturats (g/100 g)	Carbohidrats (g/100g)	dels quals sucres (g/100g)	Proteïnes (g/100 g)	Sal (g/100 g)	Fibra (g/100 g)
Espinac	15,17	4,55	0,08	0,02	0,17	0,14	0,546	0,030	0,516
Carbassó	13,30	3,32	0,04	0,01	0,35	0,33	0,319	0,000	0,173
Cigró	13,30	17,42	0,27	0,04	2,35	0,13	0,984	0,000	0,824
Porro	9,55	3,15	0,03	0,00	0,40	0,37	0,172	0,000	0,296
Bròquil	9,55	2,87	0,04	0,01	0,22	0,21	0,277	0,000	0,277
Bleda	5,71	1,71	0,02	0,00	0,21	0,04	0,160	0,029	0,074
Aigua	29,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000
Oli	2,90	23,49	2,61	0,28	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000
Sal	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,490	0,000
Microalga	1,01	3,93	0,08	0,03	0,21	0,03	0,583	0,005	0,032
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>60,44</b>	<b>3,17</b>	<b>0,39</b>	<b>3,91</b>	<b>1,25</b>	<b>3,04</b>	<b>0,55</b>	<b>2,19</b>

**Taula 6.4.8. Composició nutricional mostra *Spirulina Platensis* amb 3,0 % d'addició.**

Ingredient	Composició (%)	Energia (kcal/100 g)	Greixos (g/100 g)	dels quals saturats (g/100 g)	Carbohidrats (g/100g)	dels quals sucres (g/100g)	Proteïnes (g/100 g)	Sal (g/100 g)	Fibra (g/100 g)
Espinac	14,94	4,48	0,07	0,01	0,16	0,13	0,54	0,03	0,51
Carbassó	13,10	3,27	0,04	0,01	0,34	0,33	0,31	0,00	0,17
Cigró	13,10	17,15	0,26	0,04	2,32	0,13	0,97	0,00	0,81
Porro	9,41	3,11	0,03	0,00	0,40	0,37	0,17	0,00	0,29
Bròquil	9,41	2,82	0,04	0,01	0,22	0,21	0,27	0,00	0,27
Bleda	5,63	1,69	0,02	0,00	0,20	0,04	0,16	0,03	0,07
Aigua	29,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oli	2,90	23,49	2,61	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sal	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,00
Microalga	2,03	7,87	0,16	0,05	0,41	0,06	1,17	0,01	0,06
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>63,88</b>	<b>3,22</b>	<b>0,42</b>	<b>4,05</b>	<b>1,27</b>	<b>3,59</b>	<b>0,56</b>	<b>2,19</b>

**Taula 6.4.9. Composició nutricional mostra *Tetraselmis Chuii* amb 1,5 % d'addició.**

Ingredient	Composició (%)	Energia (kcal/100 g)	Greixos (g/100 g)	dels quals saturats (g/100 g)	Carbohidrats (g/100g)	dels quals sucres (g/100g)	Proteïnes (g/100 g)	Sal (g/100 g)	Fibra (g/100 g)
Espinac	15,17	4,55	0,08	0,02	0,17	0,14	0,55	0,03	0,52
Carbassó	13,30	3,32	0,04	0,01	0,35	0,33	0,32	0,00	0,17
Cigró	13,30	17,42	0,27	0,04	2,35	0,13	0,98	0,00	0,82
Porro	9,55	3,15	0,03	0,00	0,40	0,37	0,17	0,00	0,30
Bròquil	9,55	2,87	0,04	0,01	0,22	0,21	0,28	0,00	0,28
Bleda	5,71	1,71	0,02	0,00	0,21	0,04	0,16	0,03	0,07
Aigua	29,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oli	2,90	23,49	2,61	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sal	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,00
Microalga	1,01	3,41	0,08	0,08	0,16	0,04	0,46	0,01	0,11
TOTAL	100,00	59,93	3,16	0,44	3,85	1,27	2,92	0,56	2,27

**Taula 6.4.10. Composició nutricional mostra *Tetraselmis Chuii* amb 3,0 % d'addició.**

Ingredient	Composició (%)	Energia (kcal/100 g)	Greixos (g/100 g)	dels quals saturats (g/100 g)	Carbohidrats (g/100g)	dels quals sucres (g/100g)	Proteïnes (g/100 g)	Sal (g/100 g)	Fibra (g/100 g)
Espinac	14,94	4,4814	0,0747	0,0149	0,1643	0,1344	0,5378	0,0299	0,5079
Carbassó	13,10	3,2738	0,0393	0,0131	0,3405	0,3274	0,3143	0	0,1702
Cigró	13,10	17,1545	0,2619	0,0393	2,3178	0,131	0,969	0	0,8119
Porro	9,41	3,105	0,0282	0	0,3952	0,367	0,1694	0	0,2917
Bròquil	9,41	2,8227	0,0376	0,0094	0,2164	0,207	0,2729	0	0,2729
Bleda	5,63	1,6878	0,0169	0	0,2025	0,0394	0,1575	0,0281	0,0731
Aigua	29,00	0	0	0	0	0	0	0	0
Oli	2,90	23,49	2,61	0,2842	0	0	0	0	0
Sal	0,50	0	0	0	0	0	0	0,49	0
Microalga	2,03	6,8141	0,1602	0,1547	0,3143	0,0872	0,9179	0,0284	0,2271
TOTAL	100,00	62,83	3,23	0,52	3,95	1,29	3,34	0,58	2,35

**Annex 5: Càlcul de l'avaluació econòmica**

El càlcul del cost dels ingredients de cadascuna de les formulacions de cremes de verdures s'ha realitzat a partir de la formulació de cada mostra, el cost mitjà dels ingredients comercials i el cost de mercat de les microalgues utilitzades, proporcionat per les empreses col·laboradores en el projecte. A continuació es detallen aquests càlculs a les taules de la 6.5.1 fins la 6.5.9; per cadascuna de les formulacions. Les dues primeres columnes indiquen els diferents ingredients i en quin percentatge s'afegeixen per cada formulació. La segona i tercera columnes indiquen el preu de cada ingredient al mercat, primer per kg d'ingredient i després per 100 grams, necessari per obtenir l'última columna. L'última, doncs, indica el preu de cada ingredient ponderat per la quantitat que se n'afegeix, és a dir, multiplica la columna de €/100g per la composició en percentatge. Per tenir el cost total de 100 grams, es sumen tots els valors de l'última columna; i com que l'interessant és el preu per kilogram, es multiplica per 10 aquest valor.

**Taula 6.5.1. Càlcul econòmic per la mostra control sense microalga.**

Ingredient	Composició (%)	Cost ingredient (€/Kg)	Cost ingredient (€/100g)	Preu ingredient ponderat (€)
Espinacs	15,40	1,12	0,11	0,02
Carabassó	13,50	2,36	0,24	0,03
Cigrons	13,50	2,2	0,22	0,03
Porro	9,70	4,5	0,45	0,04
Bròquil	9,70	1,49	0,15	0,01
Bleda	5,80	1,65	0,17	0,01
Aigua	29,00	0,33	0,03	0,01
Oli	2,90	1,62	0,16	0,00
Sal	0,50	0,22	0,02	0,00
Microalga	0,00		0,00	0,00
TOTAL	100,00		Preu 100 g	0,16
			Preu 1 kg	<b>1,61</b>

**Taula 6.5.2. Càlcul econòmic per *Chlorella Vulgaris* amb 1,5 % d'addició.**

Ingredient	Composició (%)	Cost ingredient (€/Kg)	Cost ingredient (€/100g)	Preu ingredient ponderat (€)
Espinacs	15,17%	1,12	0,11	0,02
Carabassó	13,30%	2,36	0,24	0,03
Cigrons	13,30%	2,2	0,22	0,03
Porro	9,55%	4,5	0,45	0,04
Bròquil	9,55%	1,49	0,15	0,01
Bleda	5,71%	1,65	0,17	0,01
Aigua	29,00%	0,33	0,03	0,01
Oli	2,90%	1,62	0,16	0,00
Sal	0,50%	0,22	0,02	0,00
Microalga	1,01%	30	3,00	0,03
TOTAL	100,00%		Preu 100 g	0,19
			Preu 1 kg	<b>1,89</b>

**Taula 6.5.3. Càlcul econòmic per *Chlorella Vulgaris* amb 3,0 % d'addició.**

Ingredient	Composició (%)	Cost ingredient (€/Kg)	Cost ingredient (€/100g)	Preu ingredient ponderat (€)
Espinacs	14,94%	1,12	0,11	0,02
Carabassó	13,10%	2,36	0,24	0,03
Cigrons	13,10%	2,2	0,22	0,03
Porro	9,41%	4,5	0,45	0,04
Bròquil	9,41%	1,49	0,15	0,01
Bleda	5,63%	1,65	0,17	0,01
Aigua	29,00%	0,33	0,03	0,01
Oli	2,90%	1,62	0,16	0,00
Sal	0,50%	0,22	0,02	0,00
Microalga	2,03%	30	3,00	0,06
TOTAL	100,00%		Preu 100 g	0,22
			Preu 1 kg	<b>2,17</b>

**Taula 6.5.4. Càlcul econòmic per *Nannochloropsis Oceanica* amb 1,5 % d'addició.**

Ingredient	Composició (%)	Cost ingredient (€/Kg)	Cost ingredient (€/100g)	Preu ingredient ponderat (€)
Espinacs	15,17%	1,12	0,11	0,02
Carabassó	13,30%	2,36	0,24	0,03
Cigrons	13,30%	2,2	0,22	0,03
Porro	9,55%	4,5	0,45	0,04
Bròquil	9,55%	1,49	0,15	0,01
Bleda	5,71%	1,65	0,17	0,01
Aigua	29,00%	0,33	0,03	0,01
Oli	2,90%	1,62	0,16	0,00
Sal	0,50%	0,22	0,02	0,00
Microalga	1,01%	75	7,50	0,08
TOTAL	100,00%		Preu 100 g	0,23
			Preu 1 kg	<b>2,35</b>

**Taula 6.5.5. Càlcul econòmic per *Nannochloropsis Oceanica* amb 3,0 % d'addició.**

Ingredient	Composició (%)	Cost ingredient (€/Kg)	Cost ingredient (€/100g)	Preu ingredient ponderat (€)
Espinacs	14,94%	1,12	0,11	0,02
Carabassó	13,10%	2,36	0,24	0,03
Cigrons	13,10%	2,2	0,22	0,03
Porro	9,41%	4,5	0,45	0,04
Bròquil	9,41%	1,49	0,15	0,01
Bleda	5,63%	1,65	0,17	0,01
Aigua	29,00%	0,33	0,03	0,01
Oli	2,90%	1,62	0,16	0,00
Sal	0,50%	0,22	0,02	0,00
Microalga	2,03%	75	7,50	0,15
TOTAL	100,00%		Preu 100 g	0,31
			Preu 1 kg	<b>3,09</b>

**Taula 6.5.6. Càlcul econòmic per *Spirulina Platensis* amb 1,5 % d'addició.**

Ingredient	Composició (%)	Cost ingredient (€/Kg)	Cost ingredient (€/100g)	Preu ingredient ponderat (€)
Espinacs	15,17%	1,12	0,11	0,02
Carabassó	13,30%	2,36	0,24	0,03
Cigrons	13,30%	2,2	0,22	0,03
Porro	9,55%	4,5	0,45	0,04
Bròquil	9,55%	1,49	0,15	0,01
Bleda	5,71%	1,65	0,17	0,01
Aigua	29,00%	0,33	0,03	0,01
Oli	2,90%	1,62	0,16	0,00
Sal	0,50%	0,22	0,02	0,00
Microalga	1,01%	30	3,00	0,03
TOTAL	100,00%		Preu 100 g	0,19
			Preu 1 kg	<b>1,89</b>

**Taula 6.5.7. Càlcul econòmic per *Spirulina Platensis* amb 3,0 % d'addició.**

Ingredient	Composició (%)	Cost ingredient (€/Kg)	Cost ingredient (€/100g)	Preu ingredient ponderat (€)
Espinacs	14,94%	1,12	0,11	0,02
Carabassó	13,10%	2,36	0,24	0,03
Cigrons	13,10%	2,2	0,22	0,03
Porro	9,41%	4,5	0,45	0,04
Bròquil	9,41%	1,49	0,15	0,01
Bleda	5,63%	1,65	0,17	0,01
Aigua	29,00%	0,33	0,03	0,01
Oli	2,90%	1,62	0,16	0,00
Sal	0,50%	0,22	0,02	0,00
Microalga	2,03%	30	3,00	0,06
TOTAL	100,00%		Preu 100 g	0,22
			Preu 1 kg	<b>2,17</b>

**Taula 6.5.8. Càlcul econòmic per *Tetraselmis Chuii* amb 1,5 % d'addició.**

Ingredient	Composició (%)	Cost ingredient (€/Kg)	Cost ingredient (€/100g)	Preu ingredient ponderat (€)
Espinacs	15,17%	1,12	0,11	0,02
Carabassó	13,30%	2,36	0,24	0,03
Cigrons	13,30%	2,2	0,22	0,03
Porro	9,55%	4,5	0,45	0,04
Bròquil	9,55%	1,49	0,15	0,01
Bleda	5,71%	1,65	0,17	0,01
Aigua	29,00%	0,33	0,03	0,01
Oli	2,90%	1,62	0,16	0,00
Sal	0,50%	0,22	0,02	0,00
Microalga	1,01%	75	7,50	0,08
TOTAL	100,00%		Preu 100 g	0,23
			Preu 1 kg	<b>2,35</b>

**Taula 6.5.9. Càlcul econòmic per *Tetraselmis Chuii* amb 3,0 % d'addició.**

Ingredient	Composició (%)	Cost ingredient (€/Kg)	Cost ingredient (€/100g)	Preu ingredient ponderat (€)
Espinacs	14,94%	1,12	0,11	0,02
Carabassó	13,10%	2,36	0,24	0,03
Cigrons	13,10%	2,2	0,22	0,03
Porro	9,41%	4,5	0,45	0,04
Bròquil	9,41%	1,49	0,15	0,01
Bleda	5,63%	1,65	0,17	0,01
Aigua	29,00%	0,33	0,03	0,01
Oli	2,90%	1,62	0,16	0,00
Sal	0,50%	0,22	0,02	0,00
Microalga	2,03%	75	7,50	0,15
TOTAL	100,00%		Preu 100 g	0,31
			Preu 1 kg	<b>3,09</b>