

A hand is shown from the top, holding a long, thin metal spoon. The spoon is positioned vertically, and at its tip, it holds a small, irregular, red, crystalline or foamy substance. The background is a solid, warm orange color. The lighting is soft, highlighting the texture of the hand and the metallic sheen of the spoon.

La remolatxa, de la cuina al laboratori

Treball de recerca

2n de batxillerat, curs 2016/2017



“L’art aquí no és només als museus”

— Ferran Adrià

“L’haute cuisine est un art qui suit un chemin parallèle à la connaissance scientifique”

— Hervé This



Agraïments

Aquest treball de recerca no només ha estat possible amb l'esforç dels components del grup, sinó que ha necessitat l'ajuda de moltes persones involucrades. En aquest espai volem manifestar el nostre agraïment a totes elles.

A la Marisa García, la tutora del nostre treball, perquè sense ella aquest projecte no hauria estat possible. També, per la seva dedicació i disposició a qualsevol moment del dia i aportar-nos un altre punt de vista per solucionar els entrebancs trobats al llarg del camí.

A la Montsina Roca i en Jordi Casademont, per obrir-nos la porta a la seva cuina, on vam realitzar totes les pràctiques d'aquest treball. També per aportar-nos la part tecnològica que ens mancava. Sense ells, el nostre treball de camp no hagués estat el mateix.

A l'Enric Monsó, per proporcionar-nos els coneixements matemàtics necessaris a l'hora d'interpretar les gràfiques elaborades amb els resultats obtinguts.

Al Sr. Pere Castells, per respondre i solucionar els problemes que ens hem trobat al llarg del treball de manera immediata i clara.

Al Dr. Claudi Mans, per ajudar-nos a enfocar el nostre treball i oferir-nos la idea principal. També per contestar la varietat de preguntes que sorgien durant la realització del treball de camp.

Al Dr. Axel Bidon-Chanal, per la seva ajuda incondicional oferta al llarg dels cinc mesos de treball i la seva generositat des del principi.

A la xef Fàtima Gismero, per dedicar-nos el seu temps i ensenyar-nos a realitzar unes bones esferificacions, així com els seus secrets.

A l'Íngrid Farré de la Fundació Àlicia per proporcionar-nos una bibliografia de llibres, articles i pàgines de consulta sobre la cuina moderna.

Al Sr. Joan Roca, per dedicar-nos una bona part del seu temps i accedir a respondre totes les preguntes que plantejàvem. D'altra banda, volem agrair la seva afabilitat a l'hora de rebre'ns i l'atenció amb la qual vam ser tractades al Cellar de Can Roca.

No podem deixar de mencionar les senyores de la neteja i el conserge del nostre institut per la seva amabilitat i alegria durant les llargues tardes.

En darrer lloc, volem agrair a totes aquelles persones que ens animaven a continuar i ens recolzaven en els moments que més ho hem necessitat. Gràcies a tots aquells que s'han embarcat en aquest projecte amb nosaltres.



Índex

1-	Introducció	1
2-	Objectius	3
3-	Hipòtesis.....	4
4-	Cuina i ciència.....	5
4.1-	Breu història de la cuina i la ciència	5
4.2-	Gastronomia molecular.....	5
5-	Part teòrica.....	6
5.1-	La remolatxa	6
5.2-	Hidrocol·loides.....	7
5.2.1-	Xantana	8
5.2.2-	Agar-Agar.....	8
5.3-	Tècniques de la cuina moderna.....	9
5.3.1-	Gels.....	9
5.3.2-	Escumes.....	13
5.3.3-	Emulsió	18
6-	Part pràctica	20
6.1-	Objectiu	20
6.2-	Part pràctica escumes	20
6.2.1-	PRÀCTICA 1. Obtenció d'escumes de remolatxa a partir de diferents mètodes	22
6.2.2-	PRÀCTICA 2. Comparació del temps de liquació de l'escuma segons l'espesseïdor afegit i de les densitats.....	35
6.2.3-	PRÀCTICA 3. Mesurar la densitats de les escumes utilitzant metilcel·lulosa com a tensioactiu i amb espesseïdors	42
6.2.4-	PRÀCTICA 4. Determinar la variació del pH de l'escuma amb suc 5, utilitzant la metilcel·lulosa com a tensioactiu i batent amb la batedora pastadora	44
6.3-	Part pràctica esferificacions	50
6.3.1-	PRÀCTICA 5. Creació d'esferificacions de remolatxa pel mètode de l'esferificació directa. Fabricació d'un texturòmetre. Assaig de la textura d'esferificacions directes	50
6.3.2-	PRÀCTICA 6. Creació d'esferificacions de remolatxa pel mètode de l'esferificació inversa. Assaig de la textura d'esferificacions inverses.....	55
6.3.3-	PRÀCTICA 7. Estudi del percentatge de gelificació en l'esferificació directa.....	60
7-	Respostes a les hipòtesis.....	63
8-	Conclusió final	65
9-	Bibliografia i Webgrafia	66
9.1-	Bibliografia	66
9.2-	Bibliografia d'imatges.....	66



9.3-	Webgrafia	66
10-	Annexos	70
10.1-	Annex 1. Elaboració de la nostra base de suc de remolatxa	70
10.1.1-	Elaboració dels suc 1, 2 i 3	70
10.1.2-	Elaboració del suc 4	71
10.1.3-	Elaboració del suc 5	71
10.2-	Annex 2. Reunió amb el Dr. Claudi Mans	73
10.3-	Annex 3. Reunió amb l'Axel Bidon-Chanal	74
10.4-	Annex 4. Curs d'esferificacions inverses	75
10.5-	Annex 5. Visita a la Fundació Alícia	77
10.6-	Annex 6. Entrevista a en Joan Roca	78
10.7-	Annex 7. Passos per a l'ús d'un sífó	81
10.8-	Annex 8. Introducció als conceptes d'àcid-base i pH	82
10.9-	Annex 9. Anàlisi sensorial	85
10.9.1-	PRÀCTICA 8. La nostra anàlisi sensorial	85
10.10-	Annex 10. Regressió (lineal i no lineal) i coeficient de determinació	87
10.10.1-	Regressió lineal simple	87
10.10.2-	Regressió no lineal	88
10.10.3-	Coeficient de determinació (R^2)	88
10.11-	Annex 11. Diccionari de la ciència i la cuina	90
10.12-	Annex 12. Índex de figures	92



1- Introducció

Per a nosaltres, el treball de recerca és una activitat que permet als estudiants investigar, buscar informació i aprendre de la pròpia experiència. La realització d'un projecte com aquest és una oportunitat no només de conèixer les vies per les quals s'arriba a una conclusió científica i a moure's dins d'aquest món, sinó també de demostrar les capacitats de síntesi, cooperació i treball en equip que hem anat adquirint al llarg de la nostra etapa d'estudiants.

Avui en dia estem acostumats a trobar-nos-ho tot fet i payout, i són poques les vegades que sortim fora de la nostra zona de confort i ens posem a prova. Així, hem aprofitat aquest projecte tant per a créixer com a científiques com per madurar humanament.

A l'inici no teníem gens clar com orientar aquest treball. Vam determinar que volíem realitzar un treball pràctic, que ens permetés endinsar-nos en aspectes de la ciència fins ara desconeguts per a nosaltres, que exigís experimentació i que ens obligués a utilitzar fonaments i mètodes analítics que fins ara només havíem estudiat en llibres. Al cap i a la fi, tots els coneixements que anem adquirint a mesura que avancem en el nostre aprenentatge ens poden ser útils en els moments més inimaginables, i aquesta és la prova de la importància de conèixer.

Així, volíem encarar el nostre treball cap a la ciència donat que ens agradaria dedicar-nos-hi professionalment en un futur. Ens atrau l'inconformisme que tant defineix els científics, la idea que el coneixement és inexhaurible i mai es pot arribar a saber-ho tot. Per tant, en això coincidíem les tres: volíem un treball de ciència.

Però a partir d'aquest moment les decisions van començar a posar-se més difícils, ja que havíem de triar un tema concret en el qual basar el nostre projecte. I aquesta no era una tasca fàcil, ja que hi ha tantes coses que són tan atractives, tantes coses que no coneixem i ens agradaria saber, tantes possibilitats on aprofundir...

D'aquesta manera, necessitàvem l'ajuda d'algú amb criteri que ens guiés, ja que no érem plenament conscients de què era viable i què era massa ambiciós. Vam acudir a la Marisa García, la nostra tutora, i ella ens va proposar encarar la temàtica del nostre treball cap a un concepte del qual mai hi havíem sentit a parlar: la cuina molecular.

A mesura que vam anar investigant sobre el tema, el nostre interès augmentava i cada cop ens sentíem més atretes cap a la idea d'estudiar els processos fisicoquímics implicats en l'activitat culinària. Vam creure que era essencial experimentar sobre una qüestió tan quotidiana i tan a l'abast de tots com és la cuina, sempre present a la nostra vida diària, i a més ens oferia un gran ventall de possibilitats en quant a la part pràctica.

Així, vam emprendre aquest projecte amb molta il·lusió, ja que per a nosaltres era una vertadera descoberta, i també una real oportunitat de fer recerca. Com bé diu la nostra tutora, el treball de recerca no consisteix en una sèrie de pràctiques de laboratori en les que només cal seguir un protocol per a tenir èxit; ni tampoc té res a veure amb una recepta de cuina, que si se segueixen bé tots els passos no hi haurà cap problema... El treball de recerca és, tal i com el seu nom indica, recerca, i cada cop ens sentíem més motivades per a seguir avançant en el nostre trajecte.

De seguida, però, vam adonar-nos que el món de la cuina molecular era massa extens, i havíem de focalitzar-nos en aspectes més concrets. Vam decidir demanar assessorament a persones de gran prestigi en aquesta qüestió, com va ser el cas de Claudi Mans (veure annex 2). Vam entrevistar-nos amb ell una tarda, i li vam comentar quines eren les nostres idees fins el moment. Ell, molt amable, ens va donar la seva opinió, i li agraïm la gran idea que ens va regalar: treballar la cuina molecular amb un sol ingredient.

Ens va semblar molt interessant el que el Dr. Mans ens va proposar, i després de molt rumiar vam optar per la remolatxa, un ingredient comú i exòtic a la vegada. El principal motiu d'aquesta tria va ser el seu color, ja que ens captivava només de pensar en com quedarien les nostres



creacions. També era important que fos un aliment ric en aigua, ja que partiríem sempre de suc, i havia de ser possible trobar-lo al mercat, sense que fos un aliment explotat. Així, la remolatxa era l'ingredient que compartia tots aquests requisits, de manera que no va ser molt difícil decantar-nos.

Un cop vam tenir ben clar que volíem centrar-nos en l'aplicació de les tècniques de la cuina molecular a la remolatxa, vam decidir apuntar-nos a un curset ofert per l'Aula Gastronòmica d'iniciació a les esferificacions (veure annex 4), ja que era la tècnica que des de l'inici ens havia cridat més l'atenció. Volíem aprendre tot el que fos possible sobre aquestes creacions tan extraordinàries, i què millor que fer-ho de la mà de Fàtima Gismero, una gran xef.

Per a completar el nostre coneixement sobre aquest nou món en el qual acabàvem de capbussar-nos, era indispensable visitar les instal·lacions de la Fundació Alícia, una de les institucions més rellevants a nivell de relació entre cuina i ciència (veure annex 5). Així, vam contactar amb l'Íngrid Farré, responsable de les visites que la fundació ofereix als estudiants, per a que ens mostrés les funcions d'aquest centre tan especial.

Sense cap dubte, però, la reunió que va determinar més clarament la direcció del nostre treball va ser amb el professor Axel Bidon-Chanal, expert en Ciència i Tecnologia dels Aliments (veure annex 3). Ell va ser qui ens va recomanar enfocar el nostre treball de camp en la tècnica de les escumes, atès que és la que menys atenció des del punt de vista científic ha atret. Donat el nostre interès en fer recerca real, ja que sempre hem tingut clar que volíem innovar, vam acceptar el seu suggeriment, essent conscients que era tot un repte. Així, teníem clar que havíem escollit un camí complex en el que ens esperaven dificultats, però tot i els obstacles ens va semblar excitant investigar sobre un tema de nivell universitari i pel qual els nostres coneixements tant de física com de química quedaven una mica curts.

Encara que ja havíem contactat amb un gran nombre de professionals del món de la cuina molecular, no vam poder negar l'extraordinària oportunitat que se'ns va brindar d'entrevistar al mateix Joan Roca, el millor xef del món (veure annex 6). La xerrada amb el senyor Roca va ser un fort estímul i va provocar que la nostra curiositat augmentés, sobretot pel recolzament que vam rebre per part seva. Li va semblar molt interessant la nostra proposta de treballar amb remolatxa, tot i recalcant que era una idea molt innovadora i engrescant-nos a insistir, però també alertant-nos que era un ingredient "tan interessant i tan complicat... ningú no gosa".

Pel que fa al treball que es presenta tot seguit, aquest es divideix clarament en dues parts.

Una primera en la que s'exposen els coneixements teòrics que hem après, ens ha calgut assimilar i que hem trobat en les diferents fonts d'informació que s'expliciten en la bibliografia i webgrafia que trobareu al final d'aquest document.

I una segona part, més extensa, on presentem la nostra recerca, en la qual exposem les escumes i esferificacions de remolatxa, que han estat molt exigents amb nosaltres. Volem fer constar que totes les imatges que il·lustren aquests continguts són de font pròpia, ja que les vam prendre nosaltres mateixes durant les llargues sessions de "laboratori casolà".

Així doncs, us obrim la porta a un món que tots tenim a l'abast, dins la cuina de casa, el qual passa absolutament inadvertit per a la majoria de nosaltres. Esperem que gaudiu del trajecte.



2- Objectius

A continuació es presenten una sèrie d'objectius a complir en la realització d'aquest treball. Aquests tenen el propòsit d'acompanyar-nos al llarg de la nostra carrera, tant universitària com laboral.

1. Descobrir els inicis de la cuina moderna, així com tots els seus avenços i característiques.
2. Conèixer les diverses tècniques de la cuina molecular i ser capaces de dur-les a terme.
3. Estudiar els diversos factors influents en la creació d'una escuma.
4. Determinar les característiques de la capa de gelatina, pròpia de les esferificacions inverses i directes.
5. Aplicar el mètode de les escumes i les esferificacions a un únic aliment. Estudiar el comportament de l'aliment escollit segons la tècnica aplicada a aquest.
6. Aprendre les bases d'una anàlisi sensorial i la seva realització.
7. Moure's en el món científic de la recerca.
8. Contactar amb professionals de l'àmbit de la cuina moderna.
9. Conèixer els passos a seguir en la producció d'un treball d'investigació.
10. Aprendre a treballar en grup i a organitzar-nos.



3- Hipòtesis

La nostra curiositat ha provocat que ens hagi sorgit una extensa bateria de preguntes. A continuació es mostra un recull de suposicions o hipòtesis que intentarem respondre, demostrar o negar, després de fer la nostra recerca i investigació científica.

Hipòtesi 1. Una escuma és estable quan es liqua lentament, la nostra primera hipòtesi és que potser la mida de les seves bombolles ha de ser petita per a que sigui més estable.

Hipòtesi 2. Creiem que és possible obtenir una escuma de remolatxa a partir d'una gran diversitat de suc¹, ja sigui a partir de la remolatxa bullida, confitada o liquada.

Hipòtesi 3. Obtindrem una escuma per diferents mètodes: amb batedor de vareta manual, amb batedora pastadora i amb sífó. És possible que l'escuma més estable sigui l'obtinguda amb el sífó.

Hipòtesi 4. Postulem que tant l'estabilitat de l'escuma com la seva densitat dependran de l'espesseïdor*² afegit al nostre suc de remolatxa (agar-agar o xantana)³.

Hipòtesi 5. La remolatxa té un pH àcid de (4,9 a 5,6) per tant especulem que una escuma es pot estabilitzar segons el pH del medi. A més, pensem que si acidifiquem o basifiquem el suc de l'escuma abans de batre-la, el color granat característic del suc de remolatxa es veurà alterat, i serà possible obtenir una escuma verda o blava.

Hipòtesi 6. Estimem que hi haurà un canvi important de les propietats físiques (color, forma) d'una escuma de remolatxa si es deixa sota la influència de l'aire durant un període de temps llarg. Potser aquests canvis es veuran afectats per la temperatura* del medi en què es troba.

Hipòtesi 7. Valorem la temperatura com un factor molt influent a l'hora d'elaborar una escuma. Seria possible la realització d'una comparativa amb escumes preparades a diferents temperatures i veure quina és l'òptima.

Hipòtesi 8. Creiem que és possible realitzar una mesura quantitativa⁴ de l'elasticitat de les esferificacions⁵. D'aquesta manera, una opció consisteix en afegir objectes d'una massa coneguda a sobre l'esferificació per a comprovar la pressió que pot suportar.

Hipòtesi 9. Pensem que el temps en el qual l'esferificació es troba en el bany influeix en el gruix de la capa gelatinosa.

Hipòtesi 10. Especulem que si apliquem una pressió a una esferificació, aquesta es trencarà amb facilitat.

Hipòtesi 11. Estimem que la concentració de calci repercutirà en la velocitat de creació de la capa gelatinosa de l'esferificació.

Hipòtesi 12. Segons tenim entès, el pH és un factor influent en la creació d'una esferificació. Així, creiem que no serà viable la formació d'esferificacions en un medi molt àcid (inferior a 4) i molt bàsic (superior a 8).

¹ Convé recalcar que segons la consistència de la base de remolatxa líquida o semi-líquida amb la que es vol treballar es pot parlar de sopa, crema o puré; tot depèn de la seva consistència, viscositat i densitat. Tanmateix, a partir d'ara ens referirem amb la paraula "suc" a les diferents bases de la nostra remolatxa.

² Qualsevol paraula acompanyada d'un *, es troba el seu significat al glossari (veure pàgina 90).

³ De tots els espesseïdors s'han escollit l'agar-agar i la xantana ja que són els més utilitzats en la cuina moderna.

⁴ Hi ha uns aparells anomenats texturòmetres que tenen la finalitat de mesurar diferents paràmetres que serveixen per a definir la textura dels aliments.

⁵ Utilitzarem el terme *esferificació*, en comptes del terme *sferificació* utilitzat en restauració.



4- Cuina i ciència

4.1- Breu història de la cuina i la ciència

Fa 2,5 milions d'anys Homo sapiens sapiens incorpora porcions de carn a la seva dieta vegetariana, fet que disminueix l'aparell digestiu (i augmenta la mida del cervell). Per conservar els aliments es fa servir l'assecat per a les fruites i la salaó o un sistema de congelació entre blocs de gel per a la carn i el peix, ja que millora el gust del producte. Més tard, fa un milió d'anys, es descobreix el foc. Aquesta troballa permet el pas de les peces crues a les cuites. La calor modifica la textura* dels aliments de tal manera que la proteïna* de la carn es converteix en gelatina. No obstant això, l'impacte del foc és molt més ampli. No és fins després de la seva descoberta i saber-lo controlar que els humans comencen a reunir-se a la vora del foc per escalfar-se i dialogar. És aleshores quan s'inicia la civilització. Amb els canvis del Neolític, l'aparició de la domesticació dels animals força el sedentarisme de les poblacions, i això crea la necessitat de la conservació i emmagatzematge. Ja des de la prehistòria la ciència té un paper clau en la nostra alimentació, ja sigui pels aliments que se sotmeten a mètodes primaris com l'assecat al Sol, el fumatge i la cocció al foc, els quals pateixen uns canvis físics i químics.

4.2- Gastronomia molecular

Els humans tenim tendència a evolucionar, superar-nos i innovar. Saber-ne més, aquesta és la nostra principal motivació a seguir interessats en el món que ens envolta, i tal com ho fa la ciència, l'art, o qualsevol altra activitat humana, la cuina també progressa.

Fa aproximadament 20 anys, dos científics que sentien interès pels processos físics i químics que sofreix un aliment en ser cuinat, van crear una nova disciplina anomenada gastronomia molecular. Nicholas Kurti⁶ i Hervé This⁷ van ser els pioners d'aquesta nova modalitat científica, que analitza totes les transformacions físiques i químiques que es produeixen, per exemple, des que es baten els ous fins que es menja una truita.

A mesura que es treballaven aquestes tècniques, els cuiners van decidir adaptar la gastronomia molecular a la seva rutina culinària, de manera que van començar a crear nous plats mitjançant les innovadores tècniques científiques: és en aquell moment en què va néixer la cuina de la gastronomia molecular o, com avui dia es coneix, la cuina molecular. No obstant això, després d'haver consultat a professionals, podem afirmar que hi ha una preferència global cap als termes cuina moderna o evolutiva.

⁶ Nicholas Kurti va ser un físic hongarès que va dedicar la major part de la seva vida a la recerca a la Universitat d'Oxford, Gran Bretanya. L'any 1969 va donar una xerrada a la Royal Society, anomenada *El físic a la cuina*, on va aconseguir gran popularitat.

⁷ Hervé This és un químic francès membre de la fundació INRA (Institut National de la Recherche Agronomique). Actualment segueix dedicant-se a la recerca, i la seva àrea principal és la gastronomia molecular.



5- Part teòrica

5.1- La remolatxa

La remolatxa és una hortalissa de la qual en podem extreure diversos productes en funció de la varietat i la part de la planta escollida.

L'origen d'aquesta hortalissa és el resultat d'una planta cultivada a la zona costera d'Àfrica del Nord datada del segle II aC. Inicialment, l'ús de l'arrel va ser exclusivament medicinal per vèncer el mal de cap i queixals, fins al segle XVI quan es va introduir a algunes receptes aprofitant el seu sabor dolç i el seu color atractiu.

Tot i que existeixen abundants varietats de remolatxa les més conegudes i consumides són:

- Bleda-rave hortícola (*Beta vulgaris conditiva*): n'aprofitem l'arrel i la consumim crua o cuita. Popularment la coneixem com a remolatxa vermella.
- Bleda-rave sucrera (*Beta vulgaris saccharifera*): n'aprofitem l'arrel per extreure'n el sucre i obtenir el mundialment utilitzat sucre refinat. També es destina a l'alimentació animal. Popularment la coneixem com a remolatxa blanca.

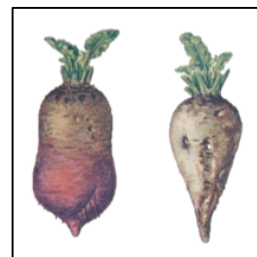


Figura 1. Bleda-rave hortícola i bleda-rave sucrera.

Concretament, ens centrarem en les propietats i el cultiu de la denominada remolatxa vermella, ja que és la que utilitzarem posteriorment en les pràctiques.

La sembra es fa a meitats de setembre amb una temperatura d'entre 15°C i 18°C, en un sòl ric en potassi. D'altra banda, és important regar la planta amb aigua abundant. Un dels avantatges d'aquesta hortalissa és la seva collita, que permet recol·lectar la planta sense importar l'etapa de desenvolupament de la planta.

En referència a les propietats alimentàries i medicinals, la ingesta de remolatxa vermella és molt afavoridora per al nostre organisme donat que entre d'altres propietats, ajuda a mantenir-nos joves degut al seu contingut en àcid fòlic, i afavoreix la inhibició o prevenció de tumors cancerígens, ja que conté un elevat nombre de flavonoides*. Convé destacar que és preferible menjar la remolatxa crua o ratllada amb el propòsit de no perdre les seves nombroses propietats. No obstant això, a l'hora de bullir-la és recomanable fer-ho amb la pell amb l'objectiu de disminuir la pèrdua de vitamines.

Altrament, la remolatxa presenta una alta concentració d'oxalats* i de sodi. És per això, que les persones amb problemes als ronyons o amb hipertensió han de vigilar el consum d'aquesta hortalissa.

Per cada 100 g comestibles, la composició és la següent:

Aigua	87,5 g	Magnesi	23 mg
Calories	43 Kcal	Ferro	0,80 mg
Lípids	0,17 g	Zinc	0,35 mg
Proteïnes	1,61 g	Vitamina C	4,9 mg
Glúcids	9,56 g	Vitamina B2	0,04 mg
Fibra	2,8 g	Vitamina B6	0,07 mg



Potassi	325 mg	Vitamina A	36 UI ⁸
Sodi	78 mg	Vitamina E	0,30 mg
Fòsfor	40 mg	Vitamina B9⁹	109 µg
Calci	16 mg	Vitamina B3	0,33 mg

Taula 1. Proporcions d'elements en 100 g de remolatxa.

Referent al seu color tan característic, podem dir que el responsable n'és la betanina. Químicament, les betanines són derivats de la tirosina* i poden ser o bé antocianines* (b), amb un color porpra o violat i les betaxantines (c) de color taronja groguenc. De totes maneres, el seu nucli està compost per l'àcid betalàmic (a).

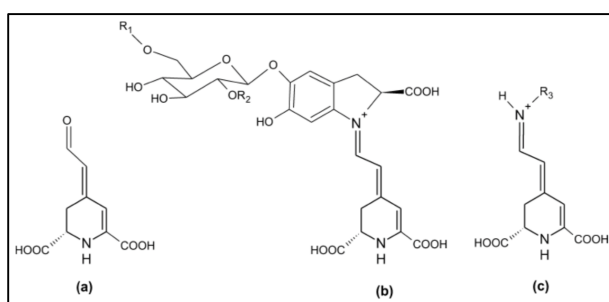


Figura 2. Estructura química de l'àcid betalàmic (a), la betacianina (b) i la betaxantina (c).

En suma, l'àcid betalàmic és el cromòfor¹⁰ comú i habitual de tots els pigments betalàinics el qual s'uneix a un sucre simple. L'ús de les betaines està autoritzat pel Codex Alimentarius Commission (2004) i és comercialitzat als Estats Units i a Europa amb el nom de "vermell remolatxa".

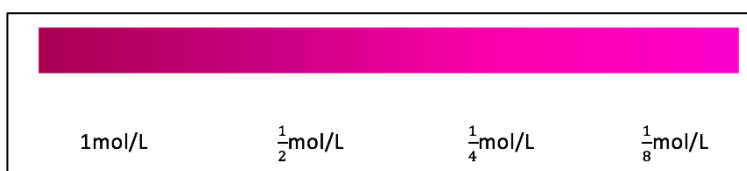


Figura 3. Concentració i colors aproximants de la betanina.

5.2- Hidrocol·loides

Arran de tots els avenços de la cuina, molts aliments són tractats amb additius* amb l'objectiu de corregir les seves propietats o característiques de viscositat, consistència o d'altres. Paral·lelament, molta gent reclama la disminució de l'ús d'additius sintètics els quals, a llarg termini, poden ser perjudicials per la nostra salut. Per aquest fet, les grans indústries i restaurants han introduït en els seus plats els hidrocol·loides.

⁸ Unitat Internacional. No existeix una definició estricta d'1 UI perquè es diferent segons la substància mesurada i, a més, es establerta per acord internacional. Es basa en l'activitat biològica o els efectes de la substància mesurada, la qual pot ser hormones, vitamines o inclús algunes drogues.

⁹ La vitamina B9 també es coneguda com a àcid fòlic.

¹⁰ Agrupació atòmica insaturada d'una molècula o cromogen que absorbeix radiació visible o ultraviolada.



Els hidrocol·loides són polisacàrids* de cadena llarga, extrets d'éssers vius com algues, llavors o bacteris que, degut a la seva gran quantitat de grups hidroxil (-OH), es mesclen amb aigua per formar gels o dispersions viscoses. Principalment, s'utilitzen com a espesseïdors si es produeix la retenció física de l'aigua, o com a gelificants si es crea una xarxa macroscòpica que reté les molècules d'aigua en els seus intersticis. Aquests additius alimentaris són de gran importància perquè a més de ser naturals, modifiquen la reologia* dels aliments. En altres paraules, els hidrocol·loides tenen la capacitat d'alterar el comportament del flux (viscositat) i les característiques sòlides de l'aliment (textura).

Dos dels hidrocol·loides més utilitzats en a cuina moderna són la xantana i l'agar-agar; per tant, a continuació es parlarà d'ells.

5.2.1- Xantana

La xantana s'utilitza principalment per espessir o estabilitzar tant emulsions (veure pàgina 17) com escumes (veure pàgina 13). Aquest additiu alimentari es coneix comercialment com a E-415 i s'obté per mitjà de la fermentació del bacteri *Xanthomonas campestris*, patògen de les cols.

Estructuralment, la xantana és un polisacàrid amb una cadena principal de glucoses ($C_6H_{12}O_6$) unides mitjançant un enllaç β^{11} entre els carbonis 1 $\rightarrow$ 4. Atrament, cada dues glucoses presenta una cadena formada per dues mannoses ($C_6H_{12}O_6$) separades per un àcid glucurònic ($C_6H_{10}O_7$). Les mannoses terminals estan unides a un grup piruvat ($C_3H_4O_3$), mentre que les pròximes a la cadena principal són acetilades en el carboni 6. En conjunt, la cadena principal forma hèlixs senzilles o dobles on s'afegeixen les ramificacions laterals cap a l'exterior, les quals s'uneixen entre elles formant ponts d'hidrogen. En suma, la xantana presenta un pes atòmic molt elevat.

La goma xantana actua com a espesseïdor i/o emulsionant i es dissol sense dificultats en líquids, ja siguin freds o calents. És poc sensible als canvis de pH o temperatura, fet que permet conservar una solució de xantana a qualsevol temperatura sense alterar la viscositat que s'aconsegueix amb l'addició d'aquesta. D'altra banda, permet elaborar gelats o sorbets més cremosos, perllongant el temps de formació de cristalls.

Amb referència a altres gomes, la xantana actua de diferents formes segons amb quina la barregem. La interacció amb la goma guar* dona lloc a viscositats molt elevades però mai arriben a formar gels. Paral·lelament, amb la goma garrofi* es produeixen gels elàstics.

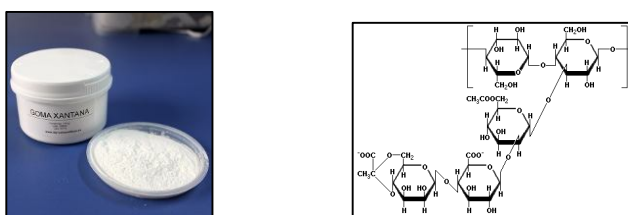


Figura 4. Estructura química de la xantana.

5.2.2- Agar-Agar

L'agar-agar és un polisacàrid estructural que s'obté de l'extracció de tres tipus d'algues vermelles de la classe *Rhodophyta*. Aquest hidrocol·loide es va utilitzar per primer cop al Japó, on es recol·lecta de forma manual i es deixa assecar al sol.

¹¹ Anomenem beta a un glúcid quan el grup hidroxil (-OH) del carboni anomèric se situa per sobre de l'anell. Els polisacàrids formats per monosacàrids β són molt resistents i difícils de trencar. S'anomenen polisacàrids estructurals.



L'agar-agar està constituït principalment d'agarosa i d'agaropectina. L'agarosa és una molècula lineal formada per cadenes repetides de galactosa i anhidrogallactosa unides per l'enllaç α 1→4 o β 1→6. A diferència de l'agaropectina, l'agarosa es troba lliure de grups sulfats i per això, juntament amb la seva estructura de doble hèlix, constitueix la part gelificant de l'agar-agar. La formació del gel es deu a terme mitjançant la interacció de les hèlixs d'agarosa, les quals s'apleguen i retenen les molècules d'aigua. Cal fer esment específic dels tres àtoms d'hidrogen (H_2) presents a la part central de l'anhidrogallactosa perquè són els que confereixen a l'agar-agar la seva propietat gelificant.

Aquest hidrocol·loide pot formar gels amb concentracions baixes, per exemple a 0,5%. El seu punt de gelificació es troba entre els 32°C i els 45°C, llunyà del seu punt de fusió present entre els 85°C i els 95°C, característica denominada com a histèresi. La histèresi fa que l'agar-agar presenti la possibilitat de formar gels termorreversibles*, molt útils en la cuina. A l'hora de formar un gel cal tenir presents diversos factors que poden intensificar o disminuir la força d'aquest, així com el pH, el qual és directament proporcional a la força del gel format, o el sucre, que n'augmenta la duresa però en disminueix la cohesió. Un altre punt a considerar és la viscositat, aquesta augmenta durant la gelificació a temperatura constant. Contràriament, a una temperatura superior al punt de gelificació i un pH entre 4,5 i 9,0, la viscositat del gel es manté gairebé constant. L'estabilitat dels gels que es formen amb agar-agar depenen de la hidratació i la càrrega elèctrica donat que si s'eliminen es produeix la floculació*.

L'agar-agar es considerat com una fibra dintre de l'àmbit nutricional perquè no és digerible.

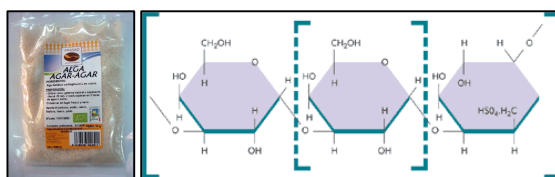


Figura 5. Estructura química de l'agar-agar.

5.3- Tècniques de la cuina moderna

Dins aquesta disciplina de la ciència dels aliments podem trobar una gran varietat de tècniques.

Degut a la modernitat de la gastronomia molecular, molts científics i cuiners segueixen experimentant noves tècniques, de manera que aquesta ciència està constantment evolucionant i modificant-se.

A continuació explicarem els gels, les escumes i les emulsions.

5.3.1- Gels

Els gels són estructures tridimensionals més o menys rígides, formades per proteïnes o polisacàrids. Les proteïnes són macromolècules formades per aminoàcids*, els quals s'uneixen entre si a través d'enllaços peptídics* entre el grup carboxílic ($-COOH$) d'un i el grup amino ($-NH_2$) de l'altre. Poden adoptar estructures tridimensionals segons la seqüència dels aminoàcids i les condicions externes com el pH i la temperatura, entre d'altres. Un bon exemple n'és el col·lagen, provinent dels teixits conjuntius d'origen animal i les ovoalbúmines de la clara de l'ou.

Per a la formació d'un gel, les proteïnes s'han de desnaturalitzar, és a dir, perdre l'estructura quaternària, terciària i/o secundària, sense perdre la primària. A vegades, aquest procés és reversible, així, la proteïna és capaç de tornar a la seva forma inicial.

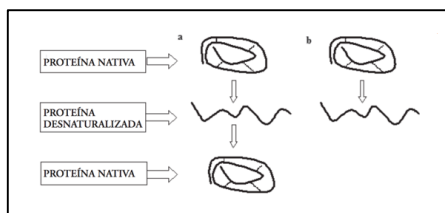


Figura 6. Proteïna nativa i desnaturalitzada en procés reversible (a) i irreversible (b). Extreta del llibre "La química en los alimentos"- Capítol 3: "Las proteínas".

D'altra banda tenim els polisacàrids, sintetitzats per un conjunt de monòmers organitzats de manera lineal o ramificada i d'elevat pes molecular, com les pectines de les fruites i el midó. Tant les proteïnes com els polisacàrids tenen en comú que són insolubles en l'aigua i, per tant, no formen veritables dissolucions. En altres paraules, formen una dissolució col·loïdal on poden arribar a cristal·litzar i precipitar.

El gel és un sistema dispers en el qual tenim un líquid espargit en un sòlid. L'entramat de proteïnes o polisacàrids atrapa l'aigua i les altres substàncies que hi ha disperses. Consegüentment, el líquid es comporta com un semi-líquid o un semi-sòlid. Cal tenir molt clar que no es tracta d'un canvi d'estat com l'evaporació, sinó de la immobilització de l'aigua. Sorprenentment, un gel pot arribar a tenir un 99% d'aigua.

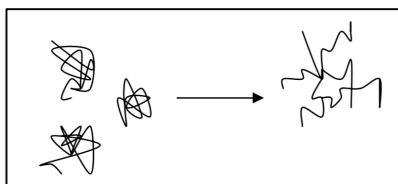


Figura 7. Esquema d'un sol (dispersió) a un gel (xarxa tridimensional). Imatge extreta del llibre "Cuinant al laboratori - Publicacions i experiències al voltant de la cuina i ciència: una proposta coeducativa per a la química del batxillerat".

Altrament, per a la formació d'un bon gel hi ha d'haver un equilibri entre les forces atractives, que mantenen unides les cadenes proteïques; i les forces repulsives, que permeten la formació de les cavitats on s'immobilitza i es reté l'aigua. Per contra, si no es manté aquest equilibri i les forces atractives predominen, les proteïnes tenen massa punts de contacte i no formen concavitats, o són massa petites i es forma un precipitat. No obstant això, si les forces majoritàries són les repulsives, les cadenes de proteïnes no poden ajuntar-se i no es forma la malla tridimensional.

En aquesta taula podem veure les forces atractives i repulsives que intervenen en la formació d'un gel.

Forces atractives	Forces repulsives
Atracció electrostàtica entre grups de diferent càrrega.	Repulsió electrostàtica entre grups de la mateixa càrrega.
Ponts d'hidrogen	Interaccions proteïna (hidròfob*)- aigua (hidròfil*)
Ponts disulfur	
Interaccions hidrofòbiques	

Taula 2. Forces atractives i repulsives que intervenen a la formació d'un gel.



Un altre element a tenir en compte és la sinèresi d'un gel, és a dir, l'escapament d'una part del líquid de la gelatina a causa de les baixes temperatures. Concretament, és el que passa quan obrim un iogurt i ens trobem un líquid blanquinós que s'ha escapat de la massa del iogurt. Quan se sotmet un gel a baixes temperatures, es comencen a formar cristalls de gel mentre que la resta de partícules d'aliments sòlids es compacten en el líquid restant. El punt clau està quan posem el producte a la nevera. Allà dins, la temperatura no és prou alta perquè la gelatina es fongui, però sí que ho és perquè ho facin els cristalls de gel i arrossequin amb ells els sabors de la xarxa. En conjunt, Mr. Blumenthal va ser el primer en introduir aquesta tècnica a la seva cuina al *Fat Duck* a principis de 2005.

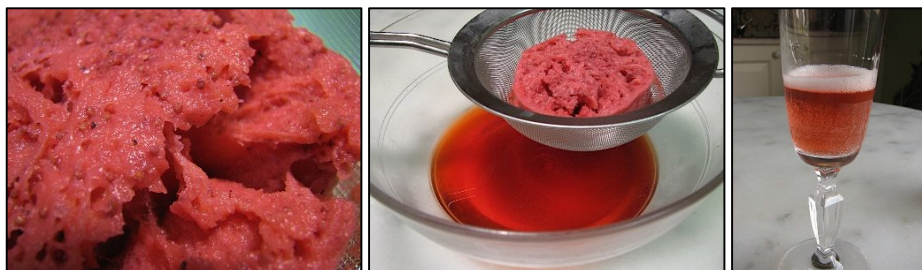


Figura 8. Sinèresi mitjançant la gelatina de maduixa.

5.3.1.1- Esferificacions

L'esferificació és la tècnica culinària que, segons la definició proporcionada per la Fátima Gismero, professora de cuina a l'Aula Gastronòmica de Barcelona, consisteix en "encapsular un líquid dins una esfera de capa gelatinosa". L'esferificació és un cas particular de gelificació.

Aquesta tècnica va ser inventada amb l'objectiu de sorprendre amb el seu sabor al comensal. S'introdueix a l'interior de la boca i al mossegar-la, explota, fet que omple l'interior del paladar amb l'aliment. Ferran Adrià, que va ser el xef del ja tancat restaurant El Bulli, és considerat el pare de l'esferificació, ja que va ser on l'any 2003 va realitzar la primera.

La raó per la qual aquesta tècnica és possible és la formació d'una pel·lícula gelatinosa externa en forma d'esfera donada per la reacció química entre l'alginat de sodi i el clorur de calci, que crea l'alginat de calci, i la part de dins de l'esfera és líquida.

L'alginat de sodi ($\text{NaC}_6\text{H}_7\text{O}$), també conegut com a additiu E-401, és un polisacàrid lineal hidrofílic, compost per dos monòmers units per enllaços glicosídics β i α (1 $\rightarrow$ 4): l'àcid α -L-gulurònic i l'àcid β -D-mannurònic. Aquesta substància és un hidrocol·loide amb una gran capacitat d'absorció d'aigua. Està present en les parets cel·lulars d'algunes algues marines marrons (generalment *Macrocystis pyrifera*), i va ser estudiada per primer cop l'any 1883 pel químic E. C. Stanford.

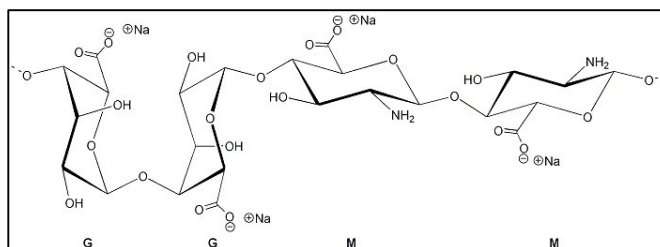


Figura 9. Estructura química d'una fibra d'alginat de sodi.

El clorur de calci (CaCl_2), o additiu E-509, s'utilitza bàsicament perquè és un compost amb un alt percentatge de calci, i és molt soluble en aigua. D'aquesta manera, tindrà una gran capacitat per realitzar l'esferificació, ja que la seva acció gelificant serà gairebé immediata.



Durant la reacció, les fibres d'alginat s'ordenen gràcies a la interposició dels ions Ca^{2+} , que actuen com a pont entre els grups carboxil de l'àcid gulurònic de l'alginat. Com són àtoms divalents¹², podran unir-se a dues cadenes simultàniament, formant així un teixit gelatinós. Aquesta reacció pot créixer cap a l'interior de l'esfera (gelificació iònica interna) o cap a l'exterior (gelificació iònica externa).

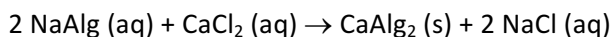
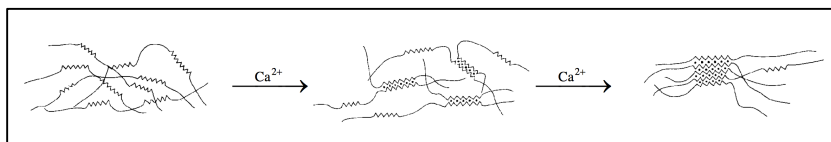


Figura 10. Reacció entre els ions calci i les fibres d'alginat.

Es poden utilitzar dues tècniques diferents per aconseguir les esferificacions: l'esferificació bàsica o directa i l'esferificació inversa. Aquestes dues tècniques s'expliquen a continuació:

– Esferificació directa

L'esferificació directa és el primer tipus d'esferificació que es va aconseguir, i en aquest cas es produeix una gelificació interna. La capa gelatinosa que embolcalla el líquid es forma cap a l'interior de l'esfera, ja que existeix un gradient osmòtic entre l'interior de l'esfera i el bany de CaCl_2 que actua com a força motriu, i permet que el calci pugui desplaçar-se a través de l'alginat. Per a realitzar-la, són necessàries dues preparacions: el bany i el producte.

- El bany, com el propi nom ens indica, és on s'aboca l'ingredient que volem modificar, i és format d'una dissolució de clorur de calci i aigua envasada (ja que té les sals minerals controlades). La proporció és 4 g CaCl_2 per cada 500 mL H_2O .
- El producte és la mescla de l'ingredient que volem esferificar en estat líquid i l'alginat sòdic, la proporció de la qual és 2 g NaAlg per 150 mL producte.

Per desgràcia, l'esferificació directa no és la més adient ja que no es pot deixar dins el bany més de 3 minuts. Això és degut a que el procés segueix endavant mentre els dos reactius estan en contacte, i per tant la capa gelatinosa és massa gruixuda. Per aconseguir que la membrana de l'esfera sigui sòlida i el seu interior romangui líquid, el temps recomanable és mig minut.

Cal dir que la velocitat amb la qual es dona la gelificació és directament proporcional a la concentració de calci de la solució, de manera que, com més presència hi hagi de calci, més ràpid gelificarà l'esferificació.

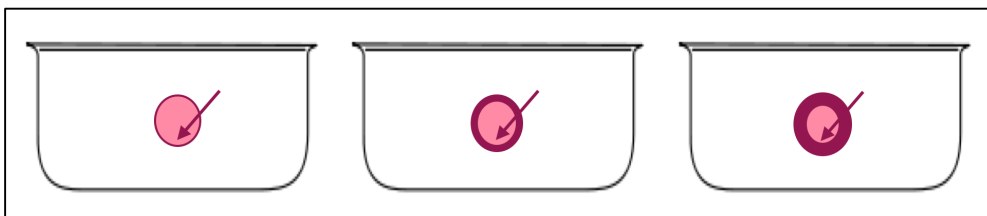


Figura 11. Evolució de la gelificació iònica interna.

¹² Entenem com a àtom divalent un ió amb una valència de 2.



– Esferificació inversa

L'esferificació directa comporta diversos problemes en quant a la ràpida gelificació del seu interior; l'esferificació inversa neix per a solucionar aquest problema i es duu a terme generalment amb productes que contenen calci de manera natural.

En l'esferificació inversa la gelificació és externa, de manera que no hi ha perill que l'esfera sencera quedi gelificada. L'única precaució que cal tenir és passar per aigua l'esferificació un cop ja estigui formada, per tal de tallar el procés i que no s'enganxin les unes amb les altres.

Per a dur a terme una esferificació inversa també es necessiten dos preparats.

- El bany és format d'una dissolució d'alginat sòdic i aigua envasada. La proporció és 5 g NaAlg per 1 L H₂O.
- El producte, per altra banda, haurà de contenir calci (2% en massa), ja sigui per defecte o per l'addició de gluconolactat de calci¹³. En el darrer cas, serà necessari afegir 1,5-2 g de xantana en 250 g de suc per augmentar la viscositat del producte, amb la finalitat que l'esferificació es realitzi correctament.

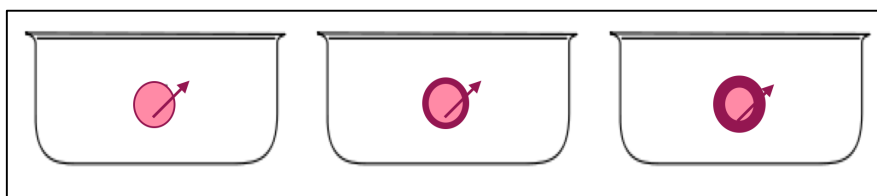


Figura 12. Evolució de la gelificació iònica externa.

5.3.2- Escumes

Si vostè és d'aquelles persones que comença el dia amb un *cappuchino* i acaba la tarda amb una cervesa ben fresca, està iniciant i cloent el dia amb una de les tècniques més captivadores de la cuina moderna: les escumes. Tal i com defineix Ferran Adrià al seu llibre "*Las espumas, técnicas y usos*", les escumes són dispersions col·loïdals d'un gas en un líquid. Mentre que el medi dispers d'una escuma pot ser tant un líquid com un sòlid, la seva fase dispersa és sempre un gas. Habitualment, el gas més emprat és l'aire encara que cada cop és més freqüent utilitzar monòxid de dinitrogen (N₂O) o el diòxid de carboni (CO₂). El líquid envolta les bombolles d'aire i les separa les unes de les altres. Aquesta barrera o paret líquida rep el nom de lamel·la*, la qual ha de presentar una rigidesa i elasticitat adequada per no fracturar-se al xocar entre elles. El diàmetre de les bombolles d'una escuma varien de mida des de 1µm fins a diversos cm.

Per tal d'unir la fase dispersa amb el medi dispers es requereix un escumant, normalment són proteïnes que es desnaturalitzen quan es bat la mescla. D'aquesta manera, s'orienta la part hidrofòbica de la proteïna cap al centre de les bombolles i la part hidròfila de cara a la fase aquosa. Com a resultat, obtenim una escuma estabilitzada. N'és un clar exemple l'albúmina, proteïna capaç d'incorporar molt aire durant el batut i força estable en el temps.

¹³ És la mescla de dues sals càlciques, el gluconat càlcic (E576) i el lactat càlcic (E327), i té la capacitat de canviar el gust a salat.

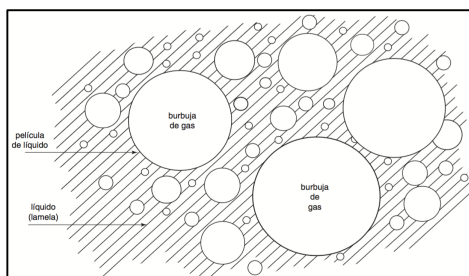


Figura 13. Esquema de l'estructura d'una escuma. Extret del llibre "Química de los alimentos".

5.3.2.1- Substàncies tensioactives

Una manera pràctica d'estabilitzar les bombolles d'una escuma és afegint-li un agent estabilitzant, més conegut com a tensioactiu. La seva funció principal és disminuir la tensió superficial entre l'aire i la lamel·la. A tall d'exemple, els tensioactius són els responsables que una emulsió i les escumes es puguin mantenir més o menys estables. Les proteïnes són macromolècules amb una capacitat emulsionant, escumant, gelificant, texturitzant, d'espessir, de retenció d'aigua, i de fixació d'aromes. Tanmateix, les proteïnes poden arribar a tenir una estructura amfifílica (és a dir, tenir una part hidrofòbica i una part hidròfila) i per tant, són bones estabilitzants d'escumes.

La formació d'una escuma utilitzant com a agent escumant una proteïna implica la desnaturalització d'aquesta. Durant aquest procés, la proteïna ha d'orientar els aminoàcids hidrofòbics cap a l'interior de la bombolla i els hidròfils cap a l'exterior, estant en contacte amb la fase aquosa. Aquestes s'uneixen al mateix temps a l'aire i a l'aigua o suc, proporcionant més viscositat i estabilitzant les bombolles d'aire que s'incorporen. A vegades, un escalfament dràstic de les proteïnes pot reduir la seva capacitat escumant a causa de l'excessiva desnaturalització.

Cal posar èmfasi al fet crucial que la substància tensioactiva s'ha d'incorporar a la fase líquida o semi-sòlida, abans de dispersar-la en l'aire. L'agent estabilitzador s'ha d'absorbir bé en la superfície del líquid i disminuir la tensió superficial per tal de crear una lamel·la suficientment resistent a separar les bombolles de l'aire. La funcionalitat d'un tensioactiu ve donada principalment pel seu balanç hidrofílic-lipofílic que reflecteix les proporcions hidrofíliques i lipofíliques de la substància.

L'aire es pot incorporar de dues maneres diferents a la fase líquida. La primera és mitjançant la injecció directa de l'aire en el líquid amb varetes o batent amb contundència. Després, hi ha el mètode de condensació, on s'utilitza un aire pressuritzat que es dissol en el líquid a escumar.

Ara s'explicaran dues substàncies tensioactives per a fer escumes, la lecitina de soia i la metilcel·lulosa. Aquests dos tensioactius seran els que es faran servir en les escumes i aires de remolatxa, en la part pràctica del nostre treball.

– Lecitina de soia

La lecitina és el nom més conegut del fosfolípid fosfatidilcolina* (FC). Així doncs, pertany al grup dels lípids derivats del glicerol i presenta una estructura similar a la dels àcids triglicèrids. D'aquesta manera, els fosfolípids estan compostos per una molècula de glicerol a la que s'uneixen dues cadenes d'àcids grassos en el carboni 1 i 2. Per contra, en el carboni 3 ho farà una molècula d'àcid ortofosfòric. Aquest darrer grup fosfat, sempre va unit a diferents tipus de molècules i quan s'uneix a la colina, es forma la fosfatidilcolina.

La lecitina va ser descoberta primerament al rovell de l'ou, però avui en dia per mètodes més moderns com el refinament d'olis de soia (el més emprat) i gira-sol, també l'obtenim com a subproducte. La lecitina es pot utilitzar tant com a emulsionant, molt popular en la indústria de la xocolata, com a airejant o escumant. Convé destacar que la lecitina no té



problemes de dispersió ni en medis freds ni calents. Tampoc en té en medis alcohòlics, àcids, salats o dolços.

Aquest lípid, té un paper crucial en les propietats de la textura dels aliments i ens permet la realització d'una escuma sense la necessitat d'utilitzar un sífó. Actua com a emulsionant perquè la seva molècula conté una part hidròfila i una altra lipòfila*. El grup fosfat i la base nitrogenada interaccionen amb la fase aquosa mentre que les cadenes hidrocarbonades ho fan amb la lipídica. Com a resultat, obtenim un contacte físic més proper entre les dues fases. Cal dir que la lecitina és un emulsionant tradicional i, a diferència dels nous emulsionants, incorpora sabor. Per això, també és essencial una petita proporció en les escumes per tal de no afectar al sabor real d'ella.

La lecitina s'utilitza en la cuina molecular per a la creació d'aires¹⁴. La lecitina s'ha d'utilitzar de manera coherent i raonada, ja que si les proporcions són excessives no s'obtindrà un bon aire. Per tal d'elaborar un aire s'han de tenir en compte els punts següents:

- La dosi ideal és de 3 a 6 g per litre.
- La lecitina funciona molt bé a una temperatura de 20°C-40°C. En canvi, no tolera temperatures superiors als 80°C ja que, tot i no desnaturalitzar-se, les seves capacitats saponificables* baixen.
- El recipient com més ample millor, perquè com més superfície de contacte hi hagi, més aire entrarà amb facilitat.
- Un cop elaborat, deixar un minut de repòs perquè s'estabilitzi i adquireixi la textura final.

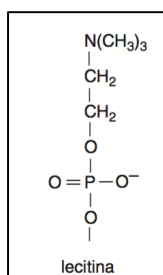


Figura 14: Estructura química de la lecitina.

– Metilcel·lulosa

La cel·lulosa és el polisacàrid estructural de tot el regne vegetal, i és considerat una font de glucosa pràcticament inesgotable ja que es renova de forma contínua per mitjà de la fotosíntesi. Un dels derivats de la cel·lulosa és la metilcel·lulosa produïda amb la reacció de la cel·lulosa conjuntament amb sosa i clorur de metil. La podem trobar present a diverses plantes verdes i algues. A diferència dels herbívors els humans no podem utilitzar la cel·lulosa en el nostre metabolisme i, per tant, el seu ús es limita al canvi de textura dels aliments. Tanmateix, la metilcel·lulosa té una potent propietat gelificant, d'espessir i emulsionant.

Com més endavant es veurà en el treball de camp, els tensioactius utilitzats per a la nostra creació d'escumes van ser la lecitina de soia, la metilcel·lulosa i la gelatina. Aquesta darrera no està explicada dins aquest apartat degut a que anteriorment hi ha un capítol dedicat als gels (veure pàgina 9).

¹⁴ Les diferències principals entre una escuma i un aire són la quantitat d'aire que hi ha en el sistema col·loïdal i la mida de les bombolles. Així, els aires tenen unes bombolles molt més grans i consegüentment, la proporció d'aire immersa en el líquid és també superior.



5.3.2.2- Característiques de les escumes

L'èxit d'una escuma està en les pròpies eleccions davant de les múltiples opcions en que es poden presentar, segons el seu gust, la seva densitat i la seva utilitat.

- El gust, la seva combinació amb la temperatura, i la base utilitzada: les opcions ja en són moltes.

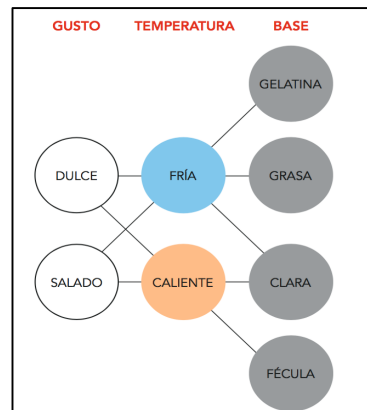


Figura 15. Esquema extret del llibre “Las espumas, técnica, tipos y usos” de Ferran Adrià.

- La densitat: depèn de la seva composició (major o menor quantitat de grasses, gelatines) i temps de repòs.

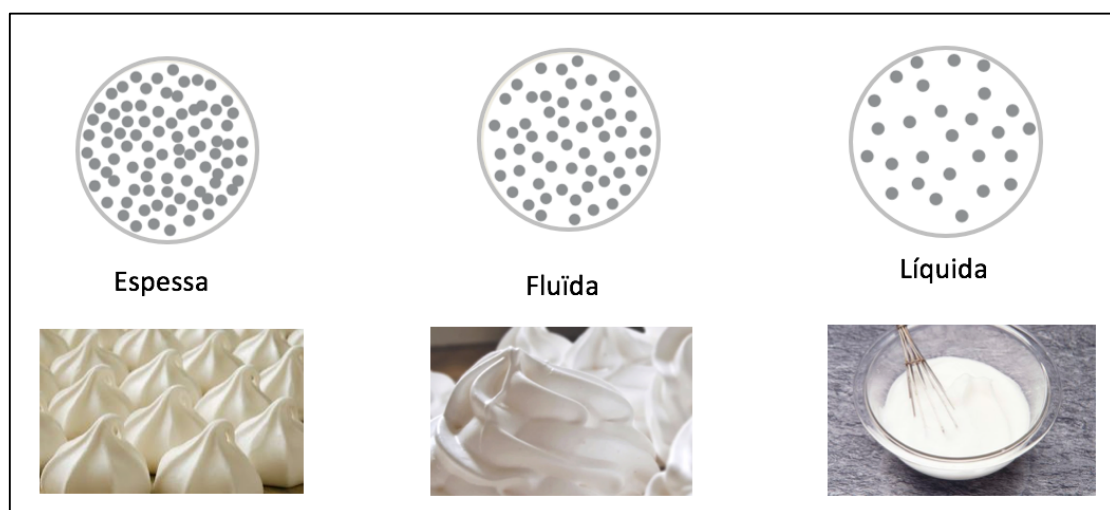


Figura 16. Extret del llibre “Las espumas, técnica, tipos y usos” de Ferran Adrià.

- Utilitat: poden servir tant per plats, salses, còctels, aperitius, decoracions i postres.

Les propietats de les escumes són avaluades per diferents principis. La capacitat escumant d'una proteïna fa referència a la quantitat d'àrea que pot ser creada per la proteïna. Es pot expressar de dues maneres diferents:

$$\text{Sobrerrendiment: } \frac{\text{Volum de l'escuma} - \text{Volum del líquid inicial}}{\text{Volum del líquid inicial}} \cdot 100$$

$$\text{Poder escumant (FP): } \frac{\text{Volum de gas incorporat}}{\text{Volum del líquid}} \cdot 100$$



Tanmateix, la mida de les bombolles i la viscositat de la fase contínua estan molt condicionades per la capacitat de l'escuma d'incorporar aire dins seu i, posteriorment, estabilitzar-se. A tall d'exemple, una escuma més estable tindrà unes bombolles de menor grandària i una fase contínua amb una viscositat més elevada per tal d'immobilitzar les bombolles.

El següent punt a considerar són els principals processos de desestabilització d'escumes.

- El drenat: és la pèrdua del líquid de l'escuma degut a la diferència de densitats entre les dues fases, el líquid que envolta l'escuma cau per l'efecte de la gravetat i les bombolles pugen a la superfície.
- El col·lapse: dos o més bombolles s'ajunten com a conseqüència del trencament de la pel·lícula de líquid que separava aquestes dues que estaven molt a prop.

Aquests dos processos passen simultàniament tot provocant la pèrdua total de l'aire de l'escuma.

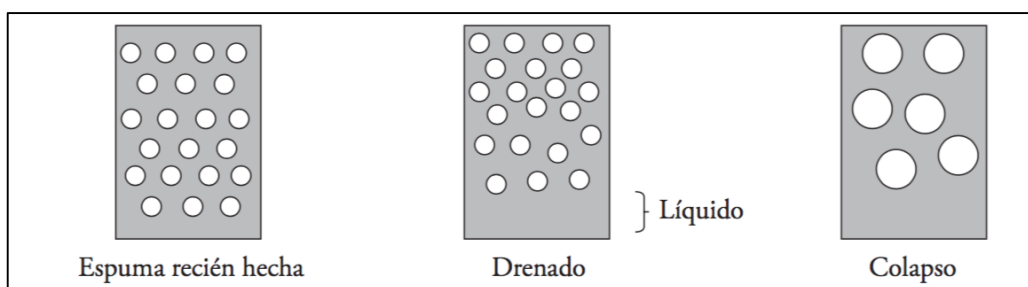


Figura 17. Extret del llibre "La química en los alimentos" - Capítol 3 "Las proteínas".

L'any 1994, el cuiner Ferran Adrià va aconseguir les primeres escumes fetes sense l'ajuda de la clara d'ou, gelatines, nates, etc. Després de fer moltes proves amb diferents tècniques com purés i emulsions, se li va ocórrer provar-ho amb un sífó¹⁵. El comportament de l'escuma varia amb la temperatura, ja que com més freda sigui, més retintut queda el CO₂ i si està escalfada poden sorgir problemes. A part del CO₂ dins un sífó hi pot haver N₂O, utilitzat per introduir un producte. Vegeu a l'annex 7 la metodologia d'ús d'un sífó.

Encara que sembli que les escumes no tenen un ordre específic, les seves bombolles s'organitzen independentment seguint unes lleis que Joseph Plateau, físic belga, va observar per primer cop l'any 1873.

Primerament, quan les càpsules del material que componen l'escuma estan alineades, aquestes ho fan en grups de tres. A més, aquestes unions sempre formaran angles de 120° entre dues d'aquestes pel·lícules. Per acabar, si aquestes línies d'intersecció varien i s'uneixen a un altre punt, les càpsules s'agruparan de 4 en 4, tot formant angles de valor $\arccos(-1/3)$ entre cada dues. Convé destacar que des d'aleshores hi ha hagut diversos matemàtics que s'han anat preguntant quina forma geomètrica han d'adoptar les bombolles d'una escuma per omplir un recipient amb la mínima quantitat de matèria possible. Entre d'altres, Dennis Weaire i Robert Phelan de Trinity College de Dublín, van trobar que les escumes on les bombolles adquireixen una forma de dos políedres irregulars, emplena l'espai amb la menor quantitat de substància possible. Per concloure, fins avui en dia no s'ha trobat cap formació millor i l'esmentada anteriorment és la més vàlida.

¹⁵ Un sífó en cuina és un estri que serveix per a inserir aire en una preparació líquida, utilitzant càrregues d'aire com poden ser de N₂O o CO₂.



5.3.3- Emulsió

L'emulsió és una dispersió col·loïdal entre dos líquids immiscibles, i hi podem trobar dues fases. La fase dispersa, discontinua o interna, és el líquid que es barreja en petites gotes en un altre líquid, el qual actua com a medi de dispersió i s'anomena fase dispersant, contínua o externa. Les emulsions són inestables perquè amb el pas del temps la fase dispersa tendeix a reagrupar-se i separar-se de l'altra fase. Un bon exemple és quan es deixa una mescla d'aigua i oli, agitada prèviament, en repòs. Així, veurem com les gotes d'oli es van ajuntant entre si. Per tal que aquest fenomen no tingui lloc, necessitem un emulsionant. Aquest és una substància que estabilitza una emulsió degut a la seva doble polaritat. Consegüentment, aquestes molècules amfifíliques, tenen una part hidrofílica que s'uneix amb les molècules d'aigua i una altra lipofílica que s'uneix als lípids.

Exemples d'aliments emulsionants són les proteïnes com l'albumina de l'ou, alguns lípids com la lecitina del rovell de l'ou o de la soia, la mel i la mostassa.

Com a les escumes, en les emulsions també hi ha un procés de desestabilització. Primerament, quan l'emulsió està acabada de fer, les gotes estan uniformement distribuïdes per tota la dispersió. En canvi, amb el transcurs del temps comencen a moure's i a ajuntar-se entre elles, provocant la desestabilització del sistema.

- El “cremat”: degut a la diferència de densitats la substància menys densa tendirà a acumular-se a la part superior, tot deixant a la part inferior una emulsió amb menys quantitat de gotes.
- La coalescència: és un procés irreversible mitjançant el qual dues o més gotes es fusionen en una única gota de mida més gran en trencar-se la pel·lícula de fase contínua que separava les gotes.

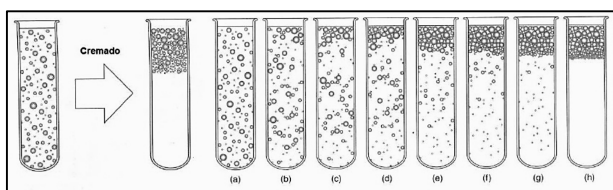


Figura 18. Representació esquemàtica del “cremat” d'una emulsió d'aigua i oli.

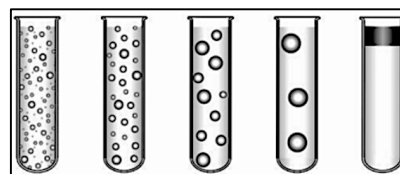


Figura 19. Representació esquemàtica de la coalescència.

- Maduració d'Ostwald: procés irreversible que resideix en la difusió de la fase dispersa de les gotes petites a gotes més grans. Com a conseqüència de la diferència de pressions de gotes de mida diferents, segons l'equació de Kelvin, la solubilitat d'una gota esfèrica augmenta amb la disminució de la seva mida.

Teòricament, el procés de maduració d'Ostwald acaba amb la unió de totes les gotes en una de sola, tot i ser molt poc probable considerant que conjuntament amb l'augment mitjà de la mida de la gota es produeix a la vegada una disminució de la velocitat del procés.

Mecanismes de desestabilització d'una emulsió:

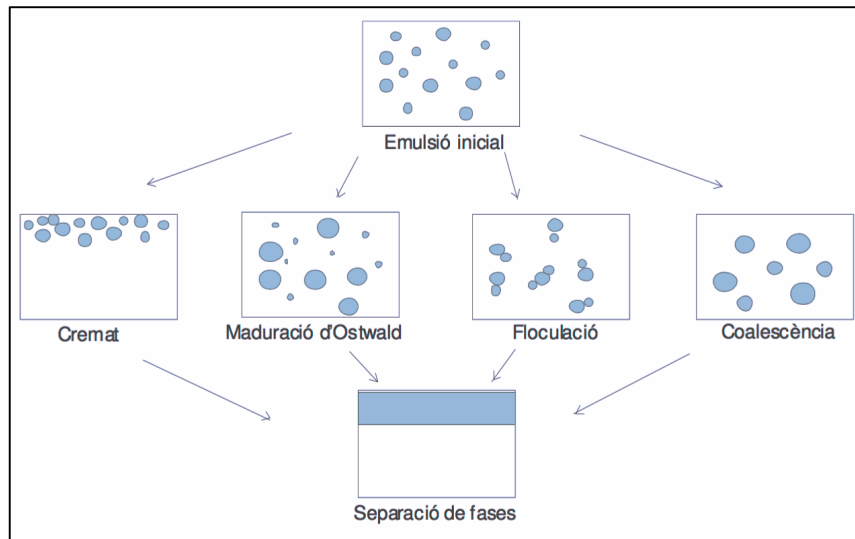


Figura 20. Extreta de l'estudi de la formació de nano-emulsions de fase externa aquosa i solubilització de fàrmacs lipòfils realitzat per la Facultat de Farmàcia de la Universitat de Barcelona.

Tenim dues classes d'emulsions.

- *Oil-in-water (o/w)* → fase interna lipofílica i fase externa predominant hidrofílica. En són un exemple la maionesa, la vinagreta, la llet i la beixamel. Al ser la part externa hidrofílica no deixen greixós el paladar i no deixen taques fregant-les amb un paper.
- *Water-in-oil (w/o)* → fase interna hidrofílica i fase externa i majoritària, lipofílica. Un bon exemple és la margarita i la mantega, les quals deixen una sensació greixosa al paladar i taquen el paper.

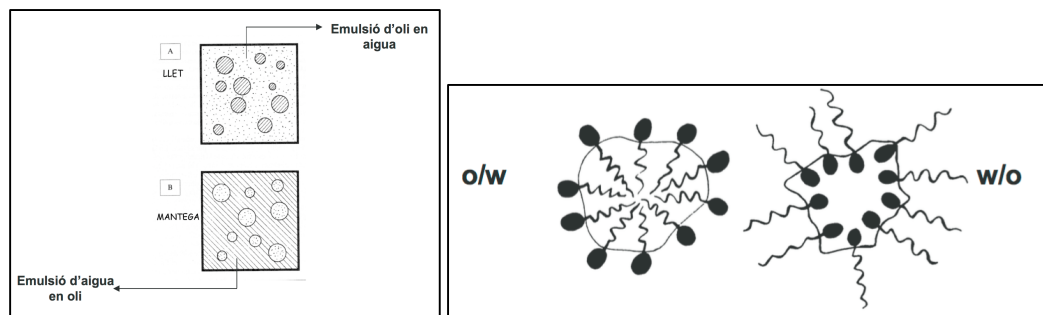


Figura 21. Diferenciació entre emulsions o/w i w/o.



6- Part pràctica

Aquest capítol presenta les pràctiques que hem realitzat amb la remolatxa basant-nos en la nostra pròpia experiència personal per estudiar dues textures molt utilitzades en la cuina moderna: les escumes i les esferificacions.

Distinció entre els suc emprats al llarg de la part pràctica (a l'annex 1 s'expliquen detalladament les preparacions de cada suc):

- Suc 1: crema de remolatxa bullida, s'aconsegueix filtrant-la pel colador de forats grans (forats de 3 mm Ø).
- Suc 2: crema fina de remolatxa bullida; s'aconsegueix filtrant pel colador “xino” (forats d'1 mm Ø).
- Suc 3: sopa-crema de remolatxa bullida, que primer s'ha colat pel colador “xino” (forats d'1 mm Ø) , i posteriorment pel colador *superbag* (forats inferior a 1 mm Ø).
- Suc 4: aigua de remolatxa (l'aigua que queda restant de la seva bullició).
- Suc 5: remolatxa crua liquada.

Tot i que aquests suc eren els que volíem utilitzar inicialment a les nostres pràctiques, vam acabar utilitzant únicament els suc 3, 4 i 5. La raó de no utilitzar els suc 1 i 2 és que no varen funcionar per fer escumes, tal i com s'explicarà més endavant.

6.1- Objectiu

El nostre treball de camp pretén crear una bona escuma de remolatxa, que sigui estable; així com una bona esferificació de remolatxa.

En el cas de l'escuma, intentarem esbrinar si factors com la mida de les partícules, els tensioactius, els espesseïdors afegits, el pH i la temperatura influeixen o no per aconseguir una bona escuma estable.

En el cas de les esferificacions, pretenem saber utilitzar els dos mètodes dels xefs de cuina moderna, l'esferificació directa i inversa i analitzar amb un texturòmetre casolà les nostres creacions, així com estudiar la capa de gelificació de la millor esferificació obtinguda.

6.2- Part pràctica escumes

El més lògic és que després d'haver realitzat unes pràctiques es facin unes bones conclusions i no pas a l'inrevés. Ara bé, creiem oportú en aquest punt del nostre treball fer tres apreciacions que ajudaran al lector a entendre millor tota la part pràctica que es trobarà més endavant. Està clar que aquests comentaris que vénen a continuació solament han estat possible de fer-los després de la realització de les nostres pràctiques.

Explicació de les tres fases de liquació de l'escuma

Al llarg dels diferents experiments que s'han realitzat i que es presenten més endavant en aquest treball, hem detectat que les escumes es comporten de forma molt diferent al llarg del temps. En una primera fase que dura aproximadament uns 5 minuts, es liquen amb gran intensitat. A continuació, en una segona fase que dura entre 30 i 40 minuts més, la liquació és menys pronunciada. Finalment, a partir dels 40 minuts pràcticament no liqua i l'escuma es manté constant. Aquestes tres fases es podrien relacionar de la següent manera: la primera és el temps que l'escuma està a la cuina; la segona, el temps que l'escuma està al menjador i es consumeix pel comensal; i la tercera seria si volguéssim conservar l'escuma per un consum posterior. En aquest treball ens hem centrat bàsicament en la segona fase que és la que interessa més a la restauració. De tota manera, presentarem uns resultats bàsics de la primera i tercera fases.



Mètode emprat per a determinar l'estabilitat d'una escuma/aire

Per a mesurar les masses d'escuma sense líquid i d'escuma líquida vam haver d'enginyar un mètode propi que ens ho permetés. D'aquesta manera, vam dissenyar el muntatge que es mostra a continuació:



Figura 22. Muntatge emprat per a determinar l'estabilitat d'una escuma/aire (font pròpia).

1. Mesurar la massa del vas de precipitats i el colador i anotar-les respectivament.
2. Mesurar la massa del muntatge (vas de precipitats i colador en conjunt).
3. Afegir escuma fins que la massa marcada per la balança augmenti 10 grams.
4. Iniciar el temporitzador a cinc minuts.
5. Quan aquest temps ha transcorregut, mesurar la massa del vas de precipitats aixecant el colador amb l'escuma.
6. Anotar la massa obtinguda i restar la massa inicial del vas de precipitats. Així, obtenim la massa d'escuma líquida (m_{LIQUID}).
7. Tarar el vas de precipitats amb el líquid i recolzar el colador tal i com s'indica al muntatge.
8. Anotar la massa obtinguda i restar la massa inicial del colador. Així, obtenim la massa d'escuma restant (m_{ESCUMA}).
9. Repetir aquest procediment 8 vegades (40 minuts en total).

Línies de tendència

Hem intentat modelar matemàticament el comportament de les escumes. Per això hem utilitzat la funció de línia de tendència de l'Excel, la qual ens busca una funció matemàtica que s'assembla als resultats obtinguts. Per calcular aquesta línia de tendència, l'Excel ens deixa triar entre varies tipologies de funcions: lineal, polinòmica, potencial, exponencial i logarítmica. Per veure si les dues gràfiques (l'obtinguda empíricament i la línia de tendència) s'assemblen, l'Excel calcula el coeficient de determinació (R^2), que és un paràmetre que com més s'acosti a 1 més s'aproximen entre elles.

En alguns casos, les línies de tendència que s'ajustaven més eren les logarítmiques, per poder-les utilitzar hem hagut de modificar lleugerament l'eix x (el temps) dient que enlloc de començar a $x=0$ començava a $x=0,1$. Amb aquesta petita aproximació aconseguim línies de tendència molt més precises. La raó és que la funció logaritme presenta una asymptota a $x=0$.

Per tal d'obtenir els valors dels experiments, aquests es van realitzar tres vegades consecutives, i el valor utilitzat per l'anàlisi és la mitjana dels tres.

Per ampliar els nostres coneixements sobre els mètodes per ajustar funcions matemàtiques a punts experimentals vam buscar informació, la qual es troba a l'annex 10.



6.2.1- PRÀCTICA 1. Obtenció d'escumes de remolatxa a partir de diferents mètodes

Aquesta pràctica l'hem dividit en tres parts. Primerament, mostrarem els resultats obtinguts utilitzant la lecitina com a tensioactiu amb el suc 3 (crema de remolatxa bullida). Posteriorment, hi ha els resultats de les escumes obtingudes emprant el suc 5 (remolatxa crua liquada) elaborades amb dos altres tensioactius, la gelatina i la metilcel·lulosa.

Per a cada un dels casos anteriors es poden utilitzar quatre mètodes diferents per a obtenir les escumes, segons l'instrument utilitzat per a batre: 1) batedor de vareta manual, 2) batedora pastadora elèctrica, 3) sífó i 4) batedora d'immersió (vulgarment anomenat *turmix*). Nosaltres utilitzarem els tres primers mètodes anteriors. Ja que vàrem fer unes proves prèvies utilitzant el *turmix* i vàrem poder comprovar que no era un bon instrument per a obtenir escumes.

6.2.1.1- Suc 3 amb lecitina com a tensioactiu

OBJECTIU

Determinar si els diferents mètodes que es poden fer servir en la creació d'escumes, afecten o no a la seva estabilitat. El tensioactiu que es farà servir serà la lecitina. Els tres mètodes que s'utilitzaran són: batre amb batedor de vareta manual, batre amb la batedora pastadora i utilitzar el sífó Isi amb càrrega de N_2O .

MATERIALS I REACTIUS

- | | |
|---|--|
| – 1,25 L de suc 3 | – Batedor d'immersió <i>Braun turbo 4191</i> |
| – 500 mL de suc 4 | Potència: 500-600 W |
| – Lecitina (Laguilhoat): 10,20 g | Tensió: 220-240 V |
| – Balança electrònica ($\pm 0'01$ g) | Freqüència: 50-60 Hz |
| – 6 vasos de precipitats de 200 mL | – Batedora de vas americana <i>Philips HR2095/90</i> |
| – Vidre de relloige | Potència 700 W |
| – 3 coladors petits amb forats prims | Tensió: 220-240 V |
| – Batedora pastadora model <i>Moulinex Powermix</i> | Freqüència: 50-60 Hz |
| <i>Referència: HM61511/BV0R</i> | – Sífó Isi amb càrregues de N_2O |
| Potència: 500 W | – Colador "xino" (forats d'1 mm diàmetre) |
| Tensió: 220-240 V | – Colador <i>superbag</i> |
| Freqüència: 50-60 Hz | – Cullera |
| – Batedor de vareta manual | – Espàtula |
| – Batedor d'immersió <i>Braun turbo 4191</i> | – Vareta de vidre |
| Potència: 500-600 W | – Termòmetre |
| Tensió: 220-240 V | |
| Freqüència: 50-60 Hz | |
| – Batedor de vareta manual | |



Figura 23. Material escuma suc 3 amb lecitina (font pròpia).

PROCEDIMENT

Per a l'elaboració de les escumes amb el suc 3, hem seguit els passos següents:

1. Descongelar 1,25 L de suc 3 la nit anterior i deixar-lo a temperatura ambient, 22°C.
2. Passar-ho per la batedora de vas americà per tal d'homogeneïtzar la mescla.
3. Filtrar el suc pel colador "xino" i a continuació tornar a colar per la *superbag*.
4. Afegir les quantitats adequades de lecitina seguint les instruccions del pot. A l'etiqueta indicava entre 2-6 cullerades per 100 mL, i nosaltres vam optar per un valor mitjà, és a dir 4 cullerades (2,04 g) (la cullereta utilitzada estava en el pot de lecitina).
Per a la realització de les escumes amb el batedor de vareta manual i amb batedora pastadora vam utilitzar les següents proporcions: per cada 250 mL de suc vam afegir 10 culleradetes de lecitina (5,10 g).
En quant al sífó, no requereix tensioactiu.
5. Barrejar i homogeneïtzar la mescla amb el batedor d'immersió.
6. Deixar reposar 5 minuts.
7. Batre fins que s'observi una escuma abundant i estable.
 - a. **Batedor de vareta manual** → 20 minuts.
 - b. **Batedora pastadora elèctrica** → 25 minuts.
 - c. **Sífó** → Afegir la càrrega de N_2O i seguir els passos esmentats a l'annex 7.

RESULTATS

Nosaltres preteníem obtenir escumes, però el que realment vam obtenir van ser aires, que per cert, ara mateix estan de molta actualitat dins de la cuina moderna. Per tal d'obtenir aquests aires es varen provar els 3 mètodes indicats anteriorment. Malgrat tot, només va funcionar el de batre amb la batedora pastadora. Amb els altres dos mètodes no es va aconseguir muntar l'escuma.

Batedora pastadora (suc 3)

t (min)	m _{ESCUMA} (g)	m _{LÍQUID} (g)
0	5,00	0,00
5	1,24	2,72
10	1,03	2,88
15	0,92	2,94
20	0,85	2,94
25	0,80	2,96
30	0,74	2,99
35	0,70	2,99
40	0,66	2,99

Taula 3. Resultats de l'escuma suc 3 amb batedora pastadora i lecitina.



Figura 24. Escuma suc 3 amb batedora pastadora i lecitina (font pròpia).

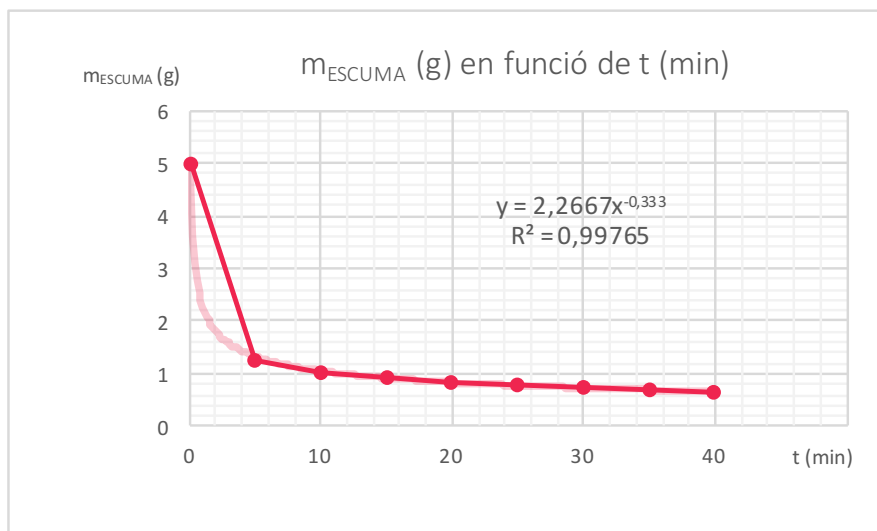


Figura 25. Massa escuma (suc 3 - batedora pastadora - lecitina) en funció del temps.

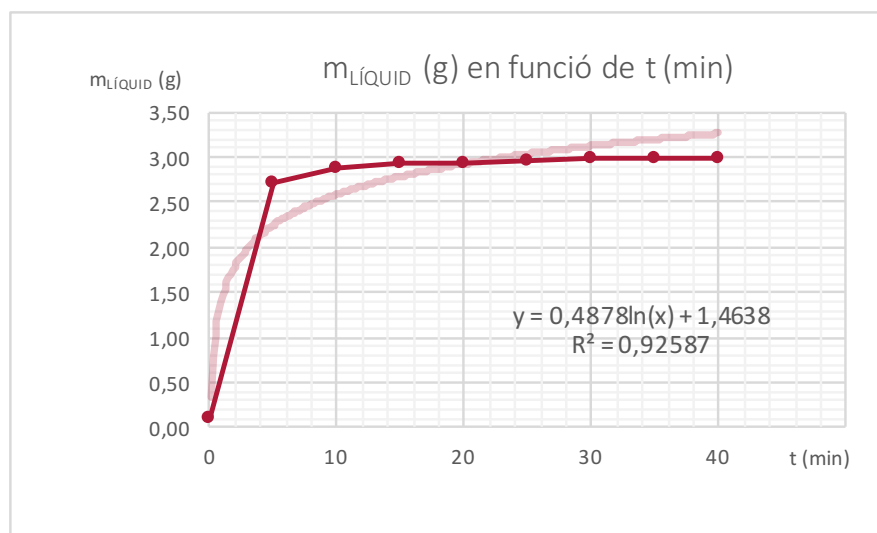


Figura 26. Massa líquid (suc 3 - batedora pastadora - lecitina) en funció del temps.

ANÀLISI DE RESULTATS

A partir de la mitjana de les tres proves realitzades hem obtingut les gràfiques anteriors. L'anàlisi de les gràfiques de l'escuma amb suc 3, utilitzant la batedora pastadora són les següents.

La representació gràfica $m_{\text{ESCUMA}} \text{ (g)}$ en funció de $t \text{ (min)}$ és una funció potencial decreixent, la qual ve determinada per l'equació: $y = 2,2667x^{-0,333}$ amb una $R^2 = 0,99765$. El coeficient R^2 major de 0,9 que significa que hi ha una expressió matemàtica que descriu el comportament de l'experiment de forma molt precisa.

S'observa que existeix una primera fase, que dura aproximadament uns 5 minuts, on l'escuma es liqua amb gran intensitat (s'ha liquat 2,72 g d'escuma d'una massa de partida de 5 g). A continuació, en una segona fase que dura uns 20 minuts, la liquació és menys pronunciada (del minut 5 al 25 només es liquen 0,24 g d'escuma). Finalment, a partir d'aproximadament el minut 30 l'escuma no liqua i la massa de líquid es manté constant a 2,99 g.

Segons el comportament descrit per la funció de tendència, a temps infinit, l'escuma s'hauria de liquar totalment, ja que l'asíntota d'aquesta funció quan x tendeix a infinit és zero. Malgrat això, observem que arriba a un moment on no es liqua més. Això és degut a que l'escuma no té una pressió a sobre suficientment gran per acabar de trencar les bombolles i liquar-se.



Consegüentment, a partir d'un cert temps intervenen certs efectes fisicoquímics i la funció de tendència canvia, hauria de ser pràcticament una constant. Per contrastar-ho vam tenir una escuma durant una setmana i vam veure que l'escuma no es liquava més però s'assecava, quedant en el colador només residus sòlids.

D'altra banda, l'anàlisi de la gràfica anterior la relacionem amb la massa del líquid que va desprenent. Aquesta massa liquada es pot expressar mitjançant la funció $m_{\text{LÍQUID}} \text{ (g)}$ en funció de $t \text{ (min)}$, la qual ve determinada per l'expressió matemàtica $y = 0,4878\ln(x) + 1,4638$. Advertim que les dues masses (la d'escuma que queda sense liquidar i la massa d'escuma liquada) són inversament proporcionals, ja que quan una creix l'altre decreix a mesura que transcorre el temps.

L'escuma està formada per líquid i un gas incorporat, per tant la massa de l'escuma perduda correspon a la massa liquada més la massa del gas escapat. Per això la suma, en un temps determinat, de la massa de l'escuma restant i la massa del líquid obtingut no és igual a la massa de l'escuma inicial. La diferència és la massa del gas perdut.

A partir del minut 30 la massa liquada no s'incrementa, és a dir, l'escuma ja no es liqua més. Malgrat això, la massa de l'escuma continua reduint-se, això és degut a que l'escuma va perdent gas sense perdre líquid, es converteix en una escuma amb menys gas, més espessa.

CONCLUSIONS

Al ser la primera pràctica vam tenir diversos problemes amb les escumes, així que vam haver de repetir-la dues vegades. La nostra idea principal era obtenir una escuma densa i consistent, similar a l'escuma d'afaitar, utilitzant la lecitina com a tensioactiu. No obstant això, només vam ser capaces de formar aires de remolatxa.

El primer dia vàrem utilitzar suc 1 (crema de remolatxa bullida, triturada i passada pel colador de forats grans) i no es va aconseguir muntar cap escuma consistent.

El segon dia vàrem utilitzar suc 3 (crema fina de remolatxa bullida, triturada i passada pel colador "xino" i *superbag*) i només es va aconseguir muntar aires amb molt poca consistència en lloc d'escumes. Els resultats presentats en aquesta pràctica són els relacionats amb aquests aires. També vàrem fer les mateixes proves amb el suc 4 (aigua de remolatxa bullida) obtenint uns resultats encara pitjors als del suc 3 i que hem omès de la memòria per no poder considerar-ho una escuma, ja que en els 5 primers minuts es liquava un 86,80% de la seva massa.

En aquest punt no sabíem què fer per obtenir escumes consistents i estables, ja que pensàvem que l'error estava en la mida de les partícules i no era així. Per això, vàrem contactar amb professionals del tema per demanar opinió i ajuda. El Sr. Pere Castells va ser molt amable en dedicar part del seu temps a resoldre'ns aquest problema. Ens va dir que l'error havia estat bullir la remolatxa, ja que en fer-ho, eliminem els agents escumants que hi puguin haver. Així doncs, el correcte era liquidar la remolatxa crua i aquesta ja seria la base del nostre suc 5 (veure annex 1). A més, ens va explicar que la lecitina de soia és un tensioactiu que actua només a nivell de superfície del líquid, creant aires i no escumes, i que si realment volíem escumes havíem d'utilitzar gelatines o metilcel·lulosa.

El suc 2 el vàrem descartar abans de fer cap intent de crear escumes per les mateixes raons que el suc 1, perquè estava bullit i contenia, a més, partícules sòlides.



6.2.1.2- Suc 5 amb gelatina com a tensioactiu

OBJECTIU

Determinar si el mètode emprat per a la creació d'una escuma amb gelatina, com a tensioactiu, afecta la seva estabilitat. Els tres mètodes que s'utilitzaran són: batre amb batedor de vareta manual, batre amb la batedora pastadora i utilitzar el sífó Isi amb càrrega de N_2O .

MATERIALS I REACTIUS

- | | |
|---|--------------------------------------|
| – Remolatxa per a la preparació d'1 L de suc (remolatxa crua) | – Sífó Isi amb càrregues de N_2O |
| – 10 làmines de gelatina (6 g) <i>Dr. Oetker</i> | – 6 vasos de precipitats de 200 mL |
| – Liquadora model <i>Moulinex 202 261</i>
Potència: 160 W
Tensió: 230-240 V
Freqüència: 50-60 Hz | – Vidre de rellotge |
| – Balança electrònica ($\pm 0'01$ g) | – 3 coladors petits amb forats prims |
| – Batedora pastadora <i>Moulinex Powermix</i> | – Cullera |
| – Batedor de vareta manual | – Espàtula |
| – Batedor d'immersió | – Vareta de vidre |
| | – Termòmetre |
| | – Paper film |
| | – Got mesurador |
| | – Ganivet |
| | – Recipient de vidre gran |



Figura 27. Material escuma suc 5 amb gelatina (font pròpia).

PROCEDIMENT

Per a l'elaboració de les escumes hem seguit els passos següents:

1. Lliurar remolatxes (que prèviament hem tallat a trossets petits), fins a obtenir 1 L de suc aproximadament (suc 5).
2. Hidratar les 10 làmines de gelatina en aigua durant 5 minuts (4 làmines per a sífó i 3 làmines per a cadascun dels altres dos mètodes emprats).
3. Afegir les làmines en una cassola de mida petita juntament amb 250 mL de suc 5, i escalfar a foc mínim per tal de dissoldre la gelatina evitant la desnaturalització d'aquesta.
4. Deixar reposar fins que la mescla torni a la temperatura ambient inicial (22°C).
5. Batre fins que s'observi una escuma abundant i estable.
 - a. **Batedor de vareta manual** → 6,50 minuts
 - b. **Batedora pastadora** → 22,20 minuts
 - c. **Sífó** → Afegir la càrrega de N_2O i seguir els passos esmentats a l'annex 7.

RESULTATS

A continuació es presenten els resultats obtinguts en l'estudi de l'estabilitat de l'escuma obtinguda utilitzant el batedor de vareta manual i gelatina com a tensioactiu. Amb els altres dos mètodes no vàrem obtenir els resultats esperats.



Amb batedor de vareta manual (suc 5)

t (min)	m _{ESCUMA} (g)	m _{LÍQUID} (g)
0	10,00	0,00
5	6,43	3,38
10	5,30	4,69
15	4,90	4,86
20	4,58	5,12
25	4,37	5,32
30	4,17	5,49
35	4,03	5,62
40	3,87	5,71



Taula 4. Resultats escuma suc 5 fent servir batedora de vareta manual amb gelatina.

Figura 28. Escuma suc 5 fent servir batedora de vareta manual amb gelatina (font pròpia).

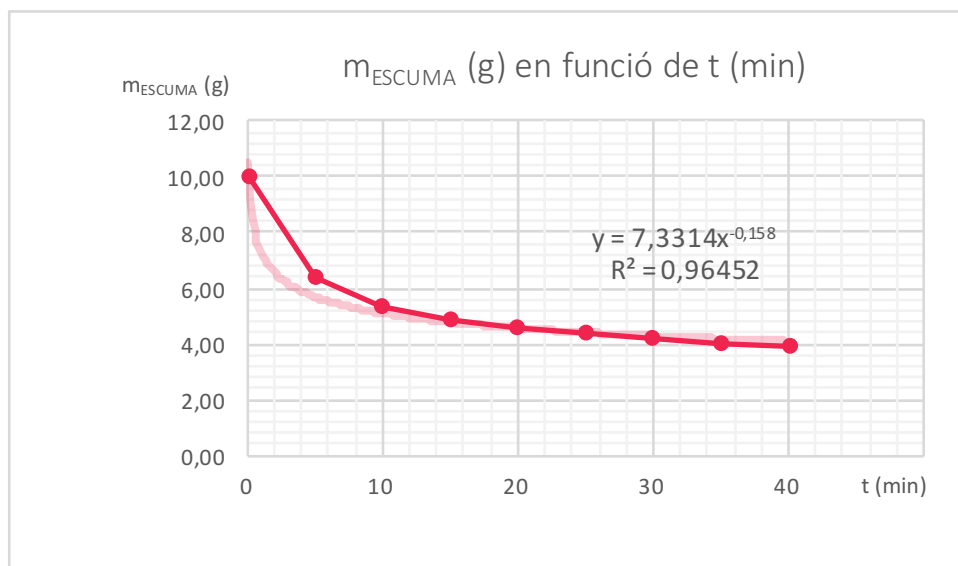


Figura 29. Massa escuma (suc 5 - batedora de vareta manual - gelatina) en funció del temps.

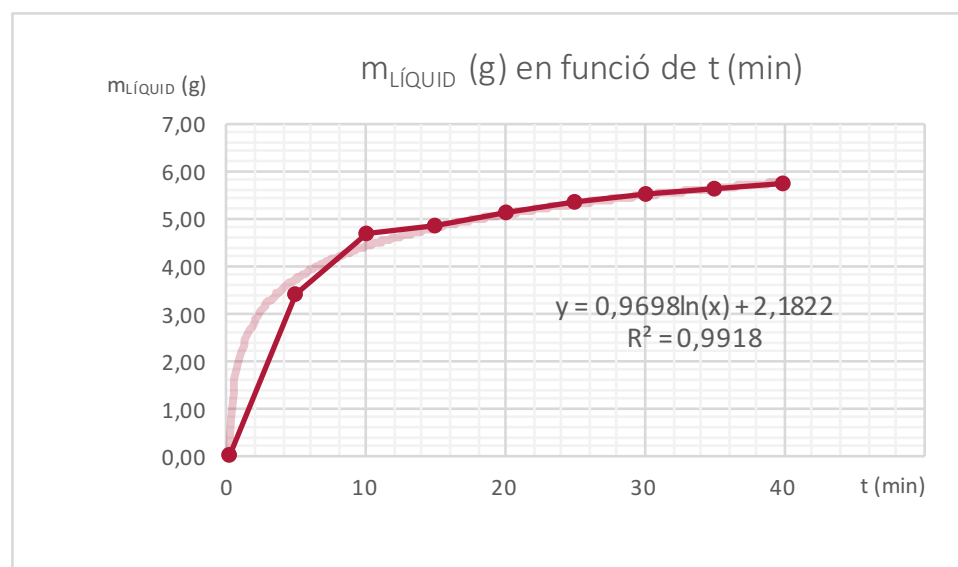


Figura 30: Massa líquid (suc 5 - batedora de vareta manual - gelatina) en funció del temps.



ANÀLISI DE RESULTATS

A partir de la mitjana de les tres proves realitzades hem obtingut les gràfiques i taules anteriors. L'anàlisi de les gràfiques de l'escuma amb el suc 5, utilitzant el batedor de vareta manual i fent servir la gelatina com a tensioactiu, s'expliquen a continuació.

La representació gràfica m_{ESCUMA} (g) en funció de t (min) és una funció potencial decreixent, la qual ve determinada per l'equació: $y = 7,3314x^{-0,158}$ amb una $R^2 = 0,96452$, per tant, hi ha una expressió matemàtica molt propera als nostres punts de la taula i únicament vàlida per l'interval de temps 0-40 min.

S'observa que existeix una primera fase, que dura aproximadament uns 10 minuts, on l'escuma es liqua amb força intensitat (s'han liquat 4,69 g d'escuma d'una massa inicial de partida de 10 g). A continuació, l'escuma es va liquant de manera gradual fins al minut 40 on finalitza la nostra prova. Així, en 30 minuts l'escuma ha perdut 1,43 g més, els quals han passat a líquid i a gas.

Segons el comportament descrit per la funció de tendència, a temps infinit, l'escuma s'hauria de liquidar totalment. A diferència de l'escuma amb lecitina, aquesta, als 40 minuts encara continua liquidant-se. Per tant, encara no hem arribat a la fase 3, on l'escuma para de liquidar degut a no tenir suficient pes (pressió) a sobre d'ella. Podem concloure que l'escuma amb gelatina arribarà als 40 minuts sent una escuma més estable i amb més massa que no pas l'escuma on utilitzem lecitina com a tensioactiu. Per saber en quin moment comença la fase 3, hauríem d'haver continuat mesurant a intervals de 5 minuts de temps fins a observar que la massa del líquid no varia i és constant.

D'altra banda, l'anàlisi de la massa d'escuma sense liquidar la relacionem amb la massa d'escuma liquidada. Aquesta massa liquidada es pot expressar mitjançant la funció $m_{\text{LÍQUID}}$ (g) en funció de t (min), la qual ve determinada per l'expressió matemàtica $y = 0,9698\ln(x) + 2,1822$. Advertim que les dues masses són inversament proporcionals, ja que quan una creix l'altre decreix a mesura que transcorre el temps.

CONCLUSIONS

Al dur a terme la pràctica de les escumes utilitzant gelatina com a tensioactiu, vam percebre que l'escuma era més estable i es liquava més a poc a poc que amb lecitina.

A més, aquesta pràctica també la vam realitzar amb la tècnica del sífó. No obstant això, creiem que vam posar massa gelatina perquè després de tenir 3 hores el sífó a la nevera i realitzar l'escuma, aquesta es va comportar com una escuma els 5 primers minuts i després va adoptar una forma gelatinosa que no es liquava, ja que era més gel que escuma. Vam utilitzar 4 làmines de gelatina per 350 mL de suc liquidat de remolatxa. Més tard, vam tornar a repetir la pràctica del sífó posant únicament 3 làmines de gelatina en lloc de 4; els resultats no van ser bons i s'han omès del treball. Pensem que si haguéssim posat menys gelatina hauria pogut sortir una escuma més bona i per tant, no recomanem posar gelatina al sífó.

En quant a la tècnica amb la batedora pastadora, vam obtenir una escuma molt densa i tenia certes propietats gelatinoses. Vam intentar fer la pràctica amb aquesta escuma però al cap de 40 minuts no havia liquidat gens i per tant, no l'hem adjuntat als resultats. Per aquest motiu només hem realitzat la pràctica amb el batedor de vareta manual, únic mètode amb el qual vam obtenir una escuma decent i que anava liquidant amb el pas del temps.

D'altra banda, la bromera aconseguida amb el batedor de vareta manual va ser tot un èxit ja que va quedar molt densa i consistent i vam poder prosseguir en la seva liquidació durant 40 minuts, el resultat dels quals s'han descrit anteriorment.



6.2.1.3- Suc 5 amb metilcel·lulosa com a tensioactiu

OBJECTIU

Determinar si el mètode emprat per a la creació d'una escuma amb metilcel·lulosa, com a tensioactiu, afecta la seva estabilitat. Els dos mètodes que s'utilitzaran són: batre amb batedor de vareta manual i batre amb la batedora pastadora.

MATERIAL I REACTIUS

- | | |
|---|--------------------------------------|
| – Remolatxa crua per a obtenir 1 L de suc | – 6 vasos de precipitats de 200 mL |
| – 1,5 g de metilcel·lulosa | – Vidre de rellotge |
| – Liquadora <i>Moulinex</i> | – 3 coladors petits amb forats prims |
| – Balança electrònica ($\pm 0'01$ g) | – Cullera |
| – Batedora pastadora <i>Moulinex Powermix</i> | – Espàtula |
| – Batedor de vareta manual | – Vareta de vidre |
| – Batedor d'immersió (<i>turmix</i>) | – Termòmetre |
| – Sifó Isi amb càrregues de N_2O | – Got mesurador |



Figura 31. Material escuma amb metilcel·lulosa i suc 5 (font pròpia).

PROCEDIMENT

Per a l'elaboració de les escumes hem seguit els passos següents:

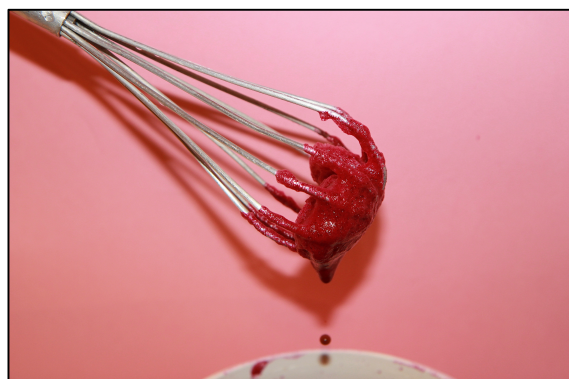
1. Lliurar 1 L de remolatxa crua (suc 5).
2. Afegir 0,75 g de metilcel·lulosa en 250 mL de suc 5.
3. Triturar amb el batedor d'immersió per tal que la metilcel·lulosa es dissolgui correctament.
4. Deixar reposar durant 5 minuts a temperatura ambient (22°C).
5. Batre fins que s'observi una escuma abundant i estable.
 - a. **Batedor de vareta manual** → 10 minuts
 - b. **Batedora pastadora** → 3 minuts
 - c. **Sifó** → En Pere Castells ens va recomanar no utilitzar-lo ja que no aconseguiríem bons resultats.

RESULTATS

A continuació, presentem els resultats obtinguts en la determinació de l'estabilitat de l'escuma amb el suc 5 i emprant metilcel·lulosa com a tensioactiu.

**Amb el batedor de vareta manual (suc 5)**

t (min)	m _{ESCUMA} (g)	m _{LÍQUID} (g)
0	10,00	0,00
5	5,27	5,04
10	4,62	5,68
15	4,39	5,89
20	4,28	5,97
25	4,16	6,05
30	4,09	6,09
35	4,01	6,12
40	3,87	6,22



Taula 5. Resultats escuma suc 5 amb el batedor de vareta manual i amb metilcel·lulosa.

Figura 32. Escuma suc 5 amb el batedor de vareta manual i amb metilcel·lulosa (font pròpia).

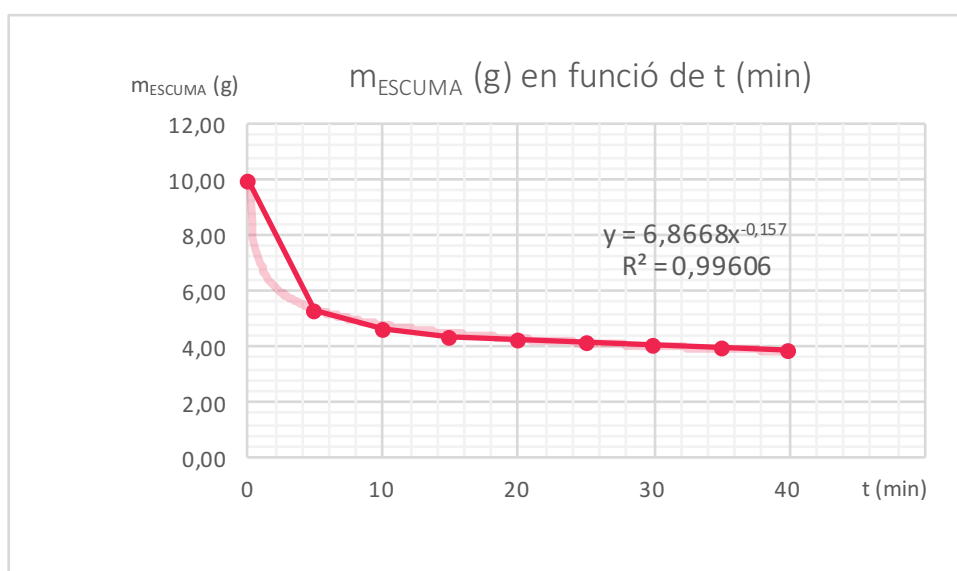


Figura 33. Massa escuma (suc 5 - batedor de vareta manual - metilcel·lulosa) en funció del temps.

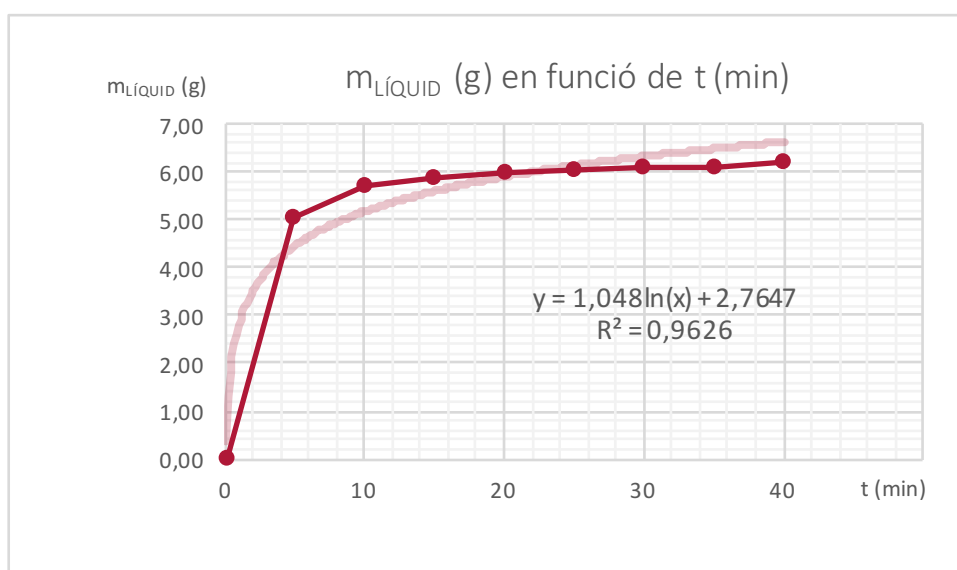


Figura 34. Massa líquid (suc 5 - batedor de vareta manual - metilcel·lulosa) en funció del temps.

**Amb la batedora pastadora (suc 5)**

t (min)	m _{ESCUMA} (g)	m _{LÍQUID} (g)
0	10,00	0,00
5	8,11	1,73
10	7,01	2,77
15	6,39	3,31
20	5,97	3,69
25	5,65	3,93
30	5,42	4,14
35	5,23	4,29
40	5,08	4,41



Taula 6. Resultats escuma suc 5 amb batedora pastadora i metilcel·lulosa.

Figura 35. Escuma suc 5 amb batedora pastadora i metilcel·lulosa (font pròpia).

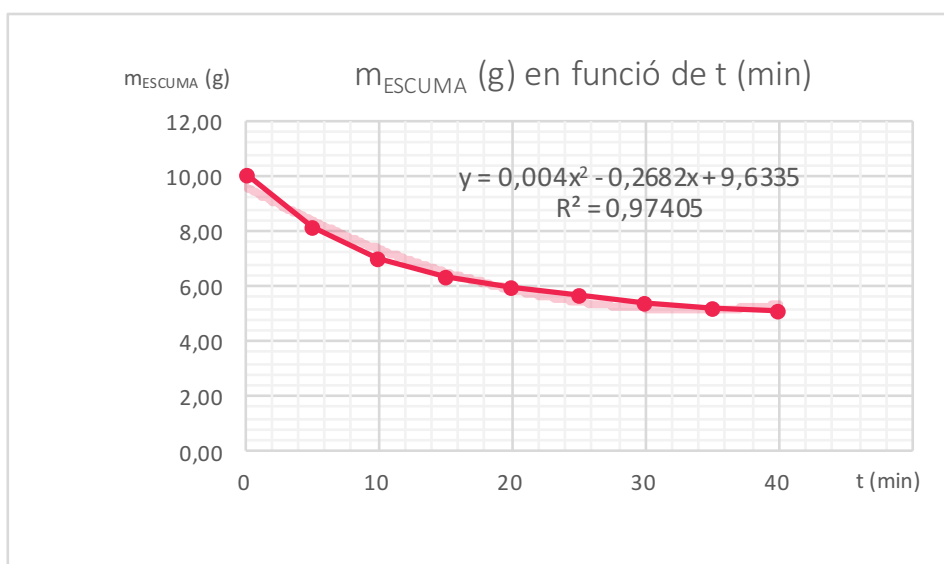


Figura 36. Massa escuma (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa) en funció del temps.

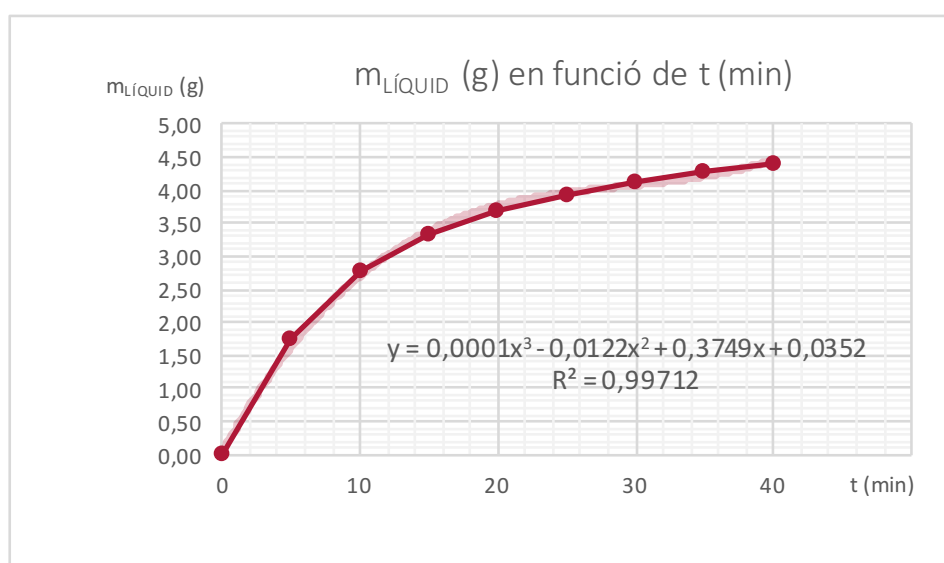


Figura 37. Massa líquid (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa) en funció del temps.



ANÀLISI DE RESULTATS

A partir de la mitjana de les tres proves realitzades per a cada un dels dos mètodes hem obtingut les gràfiques anteriors. L'anàlisi de les gràfiques de les escumes amb metilcel·lulosa, utilitzant el batedor de vareta manual, són les següents.

La representació gràfica m_{ESCUMA} (g) en funció de t (min) és una funció potencial, la qual ve determinada per l'equació: $y = 6,8668x^{-0,157}$ amb una $R^2 = 0,99606$, la qual és molt pròxima a 1 i per tant, hi ha una expressió matemàtica que s'acosta molt als nostres punts de la gràfica.

S'observa que existeix una primera fase, que dura aproximadament uns 5 minuts, on l'escuma es liqua amb gran intensitat (s'ha liquat 5,04 g de líquid d'una massa de partida de 10 g d'escuma). A continuació, en una segona fase que dura els propers 35 minuts, la liquació és menys pronunciada (del minut 5 al 40 només es liquen 1,18 g). Aquí va finalitzar la nostra prova; tot i així, podem dir que l'escuma va continuar liquant fins a un període de temps determinat en el qual no té suficient pressió a sobre per continuar liquant-se.

De manera paral·lela, l'anàlisi de la gràfica anterior la relacionem amb la massa del líquid que va desprendre. Aquesta massa liquada es pot expressar mitjançant la funció $m_{\text{LÍQUID}}$ (g) en funció de t (min), la qual ve determinada per l'expressió matemàtica $y = 1,048\ln(x) + 2,7647$. Advertim que les dues masses són inversament proporcionals, ja que quan una creix l'altra decreix a mesura que transcorre el temps.

En referència a l'escuma elaborada a partir del suc 5 i amb l'ajuda de la batedora pastadora, podem dir que la representació gràfica m_{ESCUMA} (g) en funció de t (min) donada per la mitjana dels tres cops que hem realitzat la pràctica, és una funció polinòmica, la qual ve determinada per l'equació: $y = 0,004x^2 - 0,2682x + 9,6335$ amb una $R^2 = 0,97504$.

De manera paral·lela, l'anàlisi de la gràfica anterior la relacionem amb la massa del líquid que va desprendre. Aquesta massa liquada es pot expressar mitjançant la funció $m_{\text{LÍQUID}}$ (g) en funció de t (min), la qual ve determinada per l'expressió $y = 0,0001x^3 - 0,0122x^2 + 0,3749x + 0,0352$ amb una $R^2 = 0,99712$. Advertim que les dues masses són inversament proporcionals, ja que quan una creix l'altra decreix a mesura que transcorre el temps.

S'observa que aquesta escuma obtinguda utilitzant la batedora pastadora és molt més estable que la realitzada utilitzant el batedor de vareta manual. La primera fase dura aproximadament uns 10 minuts i el líquid obtingut és només 2,77 g d'una massa de partida de 10 g d'escuma, en lloc de 5,68 g de líquid que havíem obtingut al minut 10 de l'escuma obtinguda utilitzant el batedor de vareta manual, aproximadament la meitat. A continuació, en la segona fase que dura els propers 30 minuts, es liquen només 1,64 g d'escuma. Altrament, si ens fixem amb la massa d'escuma romanent, veiem que en el minut 40 queden 5,08 g d'escuma obtinguda amb la batedora pastadora i 3,87 g d'escuma obtinguda amb el batedor de vareta manual, un 23,8%.

També podem observar que en 40 minuts la fase de liquació lenta de l'escuma preparada amb la batedora pastadora encara no s'ha acabat. Segurament s'aniria liquant uns minuts més fins que quedés estable (fase tres) com les altres. Malgrat tot, no vàrem extendre el temps de l'experiment perquè no hem vist aquesta conclusió fins que hem representat la gràfica del comportament de l'escuma.

CONCLUSIONS

Com a conclusió d'aquest apartat, pensem que com que ja portàvem diverses pràctiques ja sabíem com funcionava tot i realitzàvem els passos amb més eficiència. Personalment, les escumes amb metilcel·luloses són les que considerem més "perfectes", ja que són més



estables que les realitzades utilitzant lecitina i gelatina i adquireixen una textura que ens agrada més.

Respecte al mètode de batre, és més eficient la batedora pastadora que el batedor de vareta manual ja que l'escuma és més estable. Amb el sífo no ho vàrem ni provar, ja que les escumes posteriors havien sortit molt malament i vam decidir descartar aquest mètode.

En quant al model matemàtic del comportament de l'escuma, cal dir que la funció que representa millor la massa d'escuma elaborada amb metilcel·lulosa i a partir de la batedora pastadora respecte del temps, és una funció polinòmica d'ordre 2, mentre que en totes les altres era una funció potencial. Aquesta té un comportament menys pronunciat en els primers minuts de l'experiment. També fer notar que hi haurà un moment, després del vèrtex de la paràbola, a partir del qual la funció començarà a créixer i això no és possible perquè la massa d'escuma no pot augmentar per si sola. Així, $f(x)$ només es vàlida per l'interval de temps $[0, 40]$ min i partir d'aleshores, si s'hagués continuat amb l'experiment, necessitaríem una funció diferent.

6.2.1.4- Estudi de la liquació de les escumes en la primera fase, els 5 primers minuts d'haver-se format

En la taula que es mostra a continuació, tenim els valors de la massa d'escuma en els intervals de temps 0 i 5 minuts. Com que en el cas de l'escuma amb lecitina partíem d'una massa d'escuma de 5 g, hem multiplicat tots els seus valors per dos per tenir uns resultats equitatius i coherents.

En les següents taules, quan posem "batedora", ens referim a la batedora pastadora i quan posem "mà" ens referim al batedor de vareta manual.

t (min)	Lecitina - batedora suc 3 (g)	Gelatina - mà suc 5 (g)	Metilcel·lulosa - mà suc 5 (g)	Metilcel·lulosa - batedora suc 5 (g)
0	10	10	10	10
5	2,48	6,43	5,27	8,11

Taula 7. Relació entre el tipus d'escuma i la massa d'escuma als minuts 0 i 5.

Per tal de calcular el percentatge d'escuma perduda utilitzem la següent expressió:

$$\% \text{ escuma liquada en 5 minuts} = \frac{\text{massa escuma } (t = 0 \text{ min}) - \text{massa escuma } (t = 5 \text{ min})}{\text{massa escuma } (t = 0 \text{ min})} \cdot 100$$

Tot seguit, es mostra la taula i el gràfic on hem aplicat la fórmula anterior per calcular el percentatge d'escuma perduda en els cinc primers minuts de la pràctica.

Tipus d'escuma	Lecitina - batedora suc 3	Gelatina - mà suc 5	Metilcel·lulosa - mà suc 5	Metilcel·lulosa - batedora suc 5
% Escuma perduda en 5 minuts	75,20%	35,70%	47,30%	18,90%

Taula 8. Relació entre el tipus d'escuma i el % de pèrdua d'escuma en els 5 primers minuts.

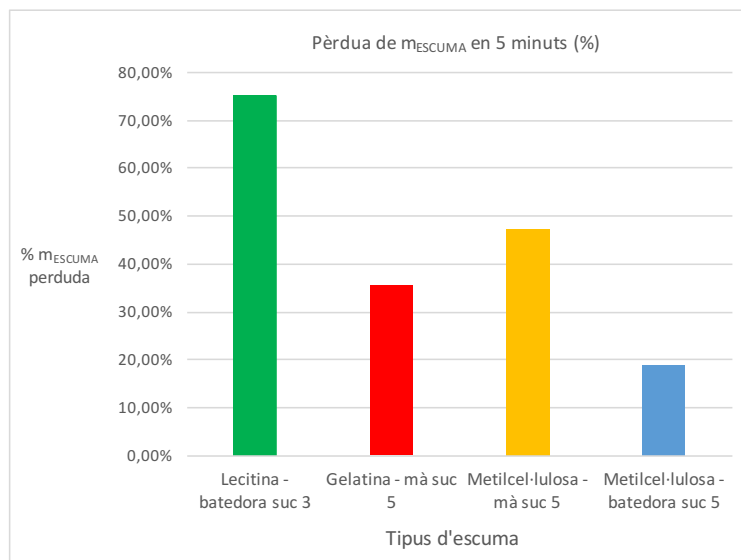


Figura 38. Comparativa del percentatge de massa d'escuma perduda.

Mirant al gràfic i les dues taules anteriors, podem observar que l'escuma que perd menys percentatge de massa en els 5 primers minuts, i per tant la més idònia per a servir-la ràpidament en un restaurant sense que liqui gaire, és l'escuma amb metilcel·lulosa com a tensioactiu utilitzant el mètode de la batedora pastadora amb el suc 5. D'altra banda, observem que el percentatge més elevat d'escuma perduda en els 5 primers minuts és en el cas de l'aire amb lecitina, utilitzant la batedora pastadora i suc 3.

6.2.1.5- Estudi de la liquació de la millor escuma obtinguda en la tercera fase, a partir dels 40 minuts d'haver-se format

Per realitzar correctament aquest estudi, vam deixar cinc dies, una escuma elaborada amb el suc 5, amb metilcel·lulosa i batuda amb la batedora pastadora en un colador. En el transcurs dels dies vam anar veient diversos canvis en el seu aspecte i quantitat de massa d'escuma. Al final del segon dia, la quantitat de massa d'escuma que quedava era realment petita. No obstant això, del segon dia al cinquè, l'escuma no es va liquidar més. La massa d'escuma restant al colador es va assecar i es va solidificar.

La nostra conclusió personal sobre aquesta pràctica és que observem que s'arriba a un moment on l'escuma ja no es liqua. Això és degut a que l'escuma no té una pressió a sobre suficientment gran per trencar les bombolles i liquidar-se. Consegüentment, a partir d'un cert temps intervenen certs efectes fisicoquímics i creiem que aquesta funció hauria de tendir a ser constant.



Figura 39. Escuma al cap de 5 dies amb residus sòlids al colador (font pròpia).

6.2.1.6- Resultats i conclusions globals de la pràctica 1

Per decidir quina és l'escuma que presenta una major estabilitat al llarg del temps hem fet una taula amb totes les escumes per veure quina es liquava menys en l'interval de temps estudiat.

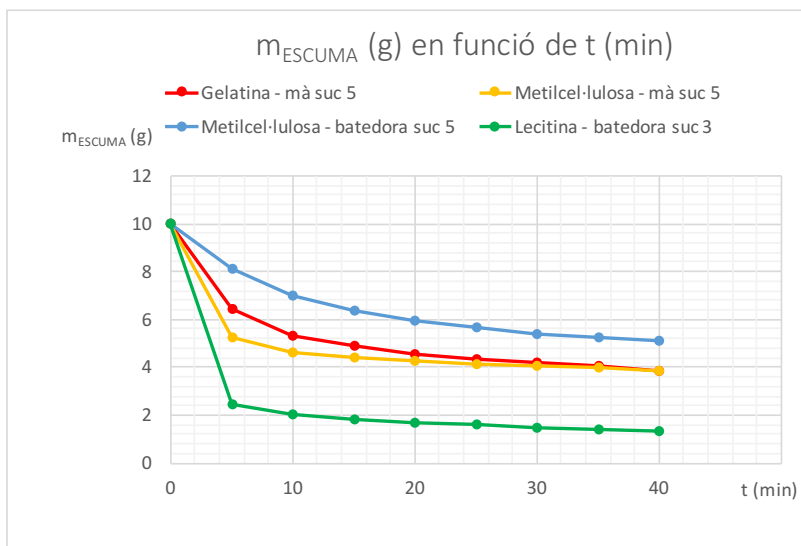


Figura 40. Comparativa entre totes les escumes analitzades a la pràctica 1.

Amb aquesta gràfica podem comparar:

- Suc utilitzat: el suc 3 (sopa-crema de remolatxa bullida) dona el pitjor resultat ja que al bullir la remolatxa eliminem els agents escumants que hi poguessin haver.
- Mètode utilitzat per batre (línies blava i groga): la batedora pastadora dona millors resultats que el batre amb el batedor de vareta manual, suposem que això passa degut a que la mescla és més homogènia en el primer cas.
- Tensioactiu (línies vermella i groga): l'escuma obtinguda utilitzant gelatina com a tensioactiu aguanta millor els primers minuts que la l'escuma obtinguda utilitzant la metilcel·lulosa com a tensioactiu, encara que a partir del minut 30 es comporten de forma molt semblant.

La conclusió principal que podem extreure de tota la pràctica 1 d'escumes és que l'escuma més estable que hem pogut crear, i per tant, la més idònia de les que hem preparat, és l'obtinguda a partir del suc 5 (suc de remolatxa crua), utilitzant la metilcel·lulosa com a tensioactiu i fent servir per a batre la batedora pastadora.

Aquesta pràctica ens ha donat a conèixer que hi ha molts tipus diferents d'escumes, algunes amb bombolles més grans i d'altres amb una textura més gelatinosa o aigualida. Així, hem vist de primera mà com influeixen factors com els tensioactius utilitzats, la tècnica emprada o la base de suc en l'elaboració d'una escuma.

Finalment, recalcar que si volem crear una escuma de remolatxa, aquest vegetal no l'hem de bullir mai, ja que en l'ebullició perd els agents escumants que pugui tenir.

Un altre comentari que podríem fer és dir que no hem sabut utilitzar el sífo Isi, amb càrrega de N_2O , per fer escumes de remolatxa i el motiu pel qual no ha estat possible no el sabem.

6.2.2- PRÀCTICA 2. Comparació del temps de liquació de l'escuma segons l'espesseïdor afegit i de les densitats

Partint dels resultats de la pràctica 1, prenem l'escuma que ha resultat més estable i que més ens ha agradat i ara estudiarem com evoluciona si afegim addicionalment un espesseïdor. En aquesta pràctica utilitzarem dos espesseïdors diferents, en quantitats diferents.



OBJECTIU

Estudi de la millora d'estabilitat d'una escuma amb l'addició d'un espesseïdor. Els espesseïdors que utilitzarem seran agar-agar i xantana.

MATERIAL I REACTIUS

- | | |
|--|---------------------------------------|
| – 600 mL de suc de remolatxa crua | – 3 vasos de precipitats de 200 mL |
| – Metilcel·lulosa | – 3 vasos de precipitats de 80 mL |
| – Xantana | – Vidre de rellotge |
| – Agar-agar | – 3 coladors petits amb forats petits |
| – Liquadora | – Cullera gran de cuina |
| – Balança electrònica ($\pm 0'01$ g) | – Espàtula |
| – Batedora elèctrica, <i>Moulinex Powermix</i> | – Vareta de vidre |
| – Batedor d'immersió (<i>turmix</i>) | – Termòmetre |



Figura 41. Material necessari per a la realització de la pràctica 2 (font pròpia).

PROCEDIMENT

1. Rentar i pelar les remolatxes, posteriorment, tallar-les a daus de mida petita, aproximadament 4 cm x 4 cm x 4 cm.
2. Lliurar les remolatxes fins a obtenir un volum de suc de 600 mL.
3. Agafar 150 mL i posar-los en un bol gran.
4. Afegir 0,75 g de metilcel·lulosa i homogeneïtzar bé amb el batedor d'immersió (*turmix*).
5. Repetir el procediment 4 cops fins a obtenir 4 vols iguals.
6. A cada bol afegir una quantitat diferent d'espesseïdor, en dos dels bols afegir agar-agar i en dos dels bols afegir xantana:
 - a. **Escuma 1:** 0,25 g agar-agar.
 - b. **Escuma 2:** 0,50 g agar-agar.
 - c. **Escuma 3:** 0,25 g xantana.
 - d. **Escuma 4:** 0,50 g xantana.

Els passos següents s'hauran de repetir idènticament per a cada escuma.

7. Batre amb la batedora pastadora durant 3 minuts amb intensitat de 4-5 sobre 5.
8. Un cop tenim l'escuma formada, preparar 3 coladors (per tenir 3 mostres per realitzar la mitjana) i abocar 10 g d'escuma de remolatxa a cada colador.
9. Anotar el pes de la massa liquada i de la massa d'escuma sense liquar de cada colador a intervals de 5 minuts.
10. Fer fotografies per veure l'evolució de la liquació de l'escuma.
11. Anotar tots els resultats.
12. Fer les taules i gràfiques corresponents.

RESULTATS

A continuació, es mostren les taules de com varia la massa liquada i la massa d'escuma sense liquar segons el tipus d'espesseïdor i la seva quantitat.

**ESCUMA 1 (0,25 g agar-agar)**

t (min)	m _{ESCUMA} (g)	m _{LÍQUID} (g)
0	10,00	0,00
5	6,86	2,53
10	5,92	3,51
15	5,31	4,05
20	4,76	4,55
25	4,33	5,00
30	3,89	5,36
35	3,62	5,61
40	3,39	5,78



Figura 42. Escuma suc 5 amb 0,25 g agar-agar (font pròpia).

Taula 9. Resultats escuma suc 5 amb 0,25 g agar-agar.

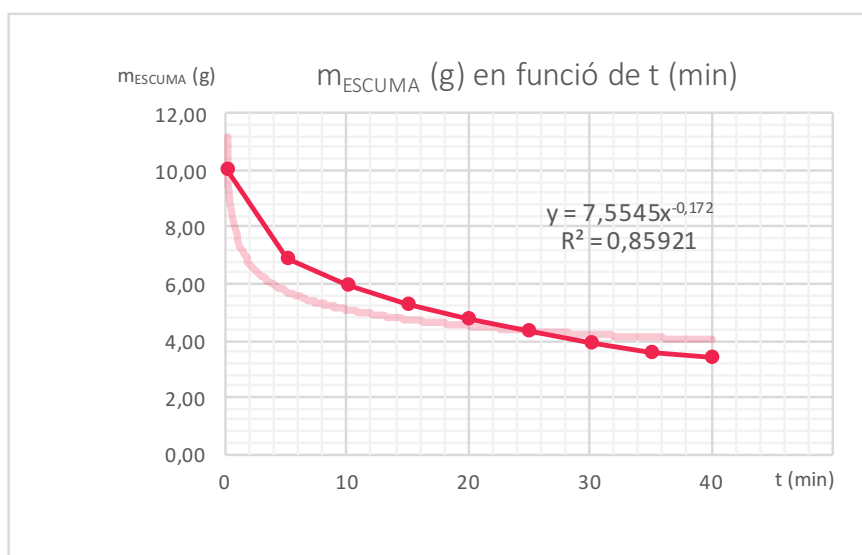


Figura 43. Massa escuma (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa- 0,25 g agar-agar) en funció del temps.

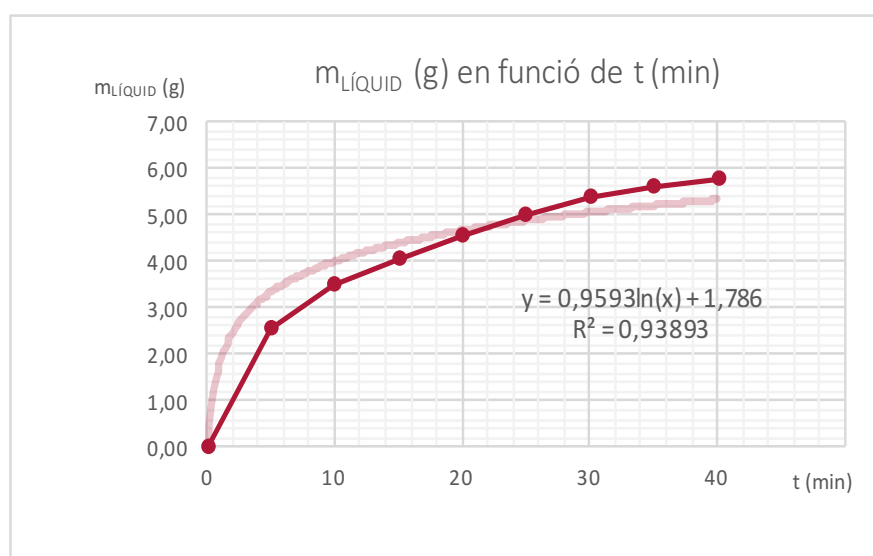


Figura 44. Massa líquid (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa- 0,25 g agar-agar) en funció del temps.

**ESCUMA 2 (0,5 g agar-agar)**

t (min)	m _{ESCUMA} (g)	m _{LÍQUID} (g)
0	10,00	0,00
5	7,23	2,95
10	6,18	3,98
15	5,59	4,52
20	5,20	4,90
25	4,86	5,21
30	4,55	5,48
35	4,30	5,69
40	4,10	5,85



Taula 10. Resultats escuma suc 5 amb 0,5 g agar-agar.

Figura 45. Escuma suc 5 0,5 g amb agar-agar (font pròpia).

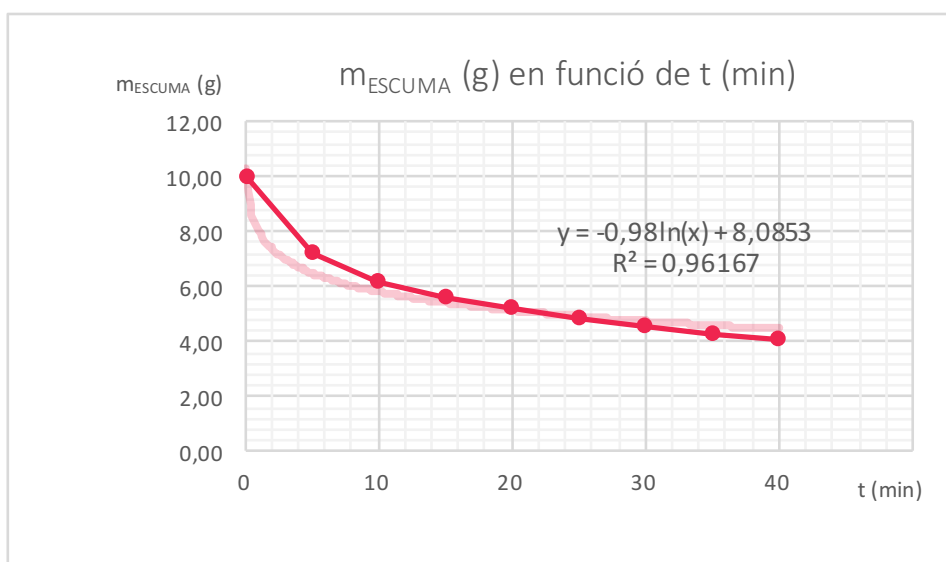


Figura 46. Massa escuma (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa - 0,5 g agar-agar) en funció del temps.

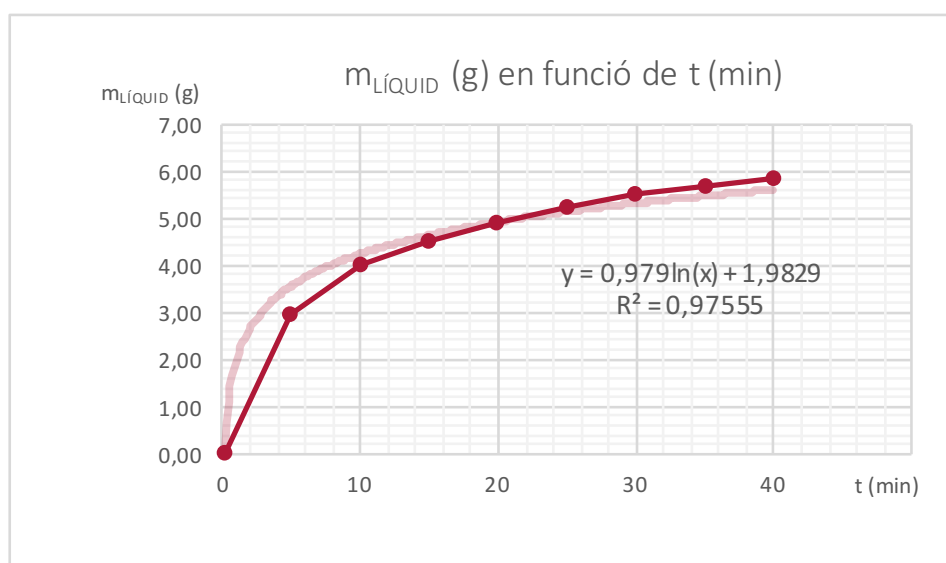


Figura 47. Massa líquid (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa- 0,5 agar-agar) en funció del temps.

**ESCUMA 3 (0,25 g xantana)**

t (min)	m _{ESCUMA} (g)	m _{LÍQUID} (g)
0	10,00	0,00
5	9,01	0,82
10	8,08	1,71
15	7,46	2,31
20	6,99	2,74
25	6,66	3,05
30	6,32	3,34
35	6,08	3,58
40	5,85	3,80

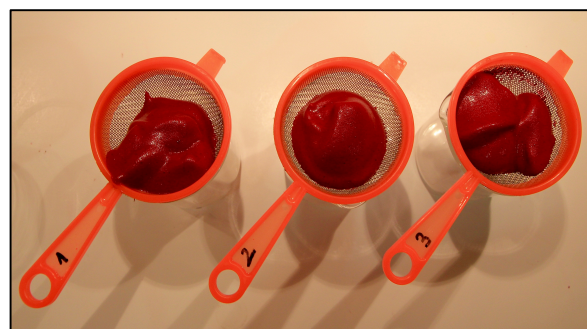


Figura 48. Escuma suc 5 amb 0,25 g xantana (font pròpia).

Taula 11. Resultats escuma suc 5 amb 0,25 g xantana.

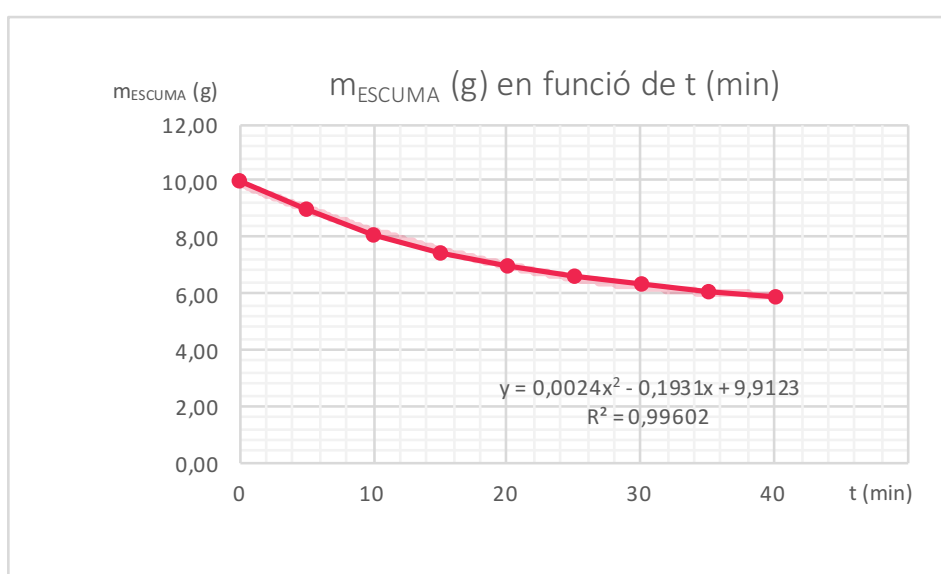


Figura 49. Massa escuma (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa - 0,25 g xantana) en funció del temps.

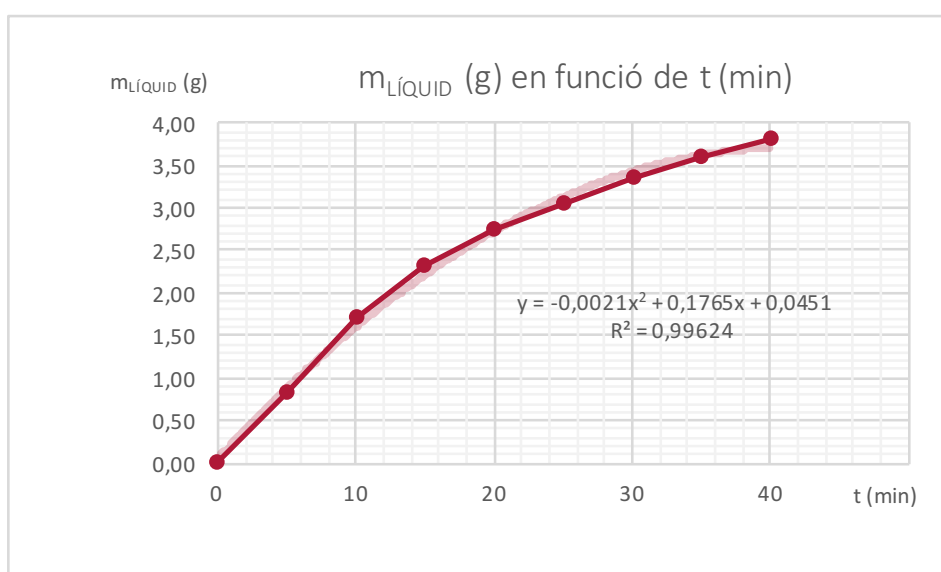


Figura 50. Massa líquid (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa - 0,25 g xantana) en funció del temps.

**ESCUMA 4 (0,5 g xantana)**

t (min)	m _{ESCUMA} (g)	m _{LÍQUID} (g)
0	10,00	0,00
5	9,64	0,01
10	9,62	0,01
15	9,60	0,01
20	9,56	0,01
25	9,53	0,01
30	9,51	0,01
35	9,48	0,01
40	9,45	0,01

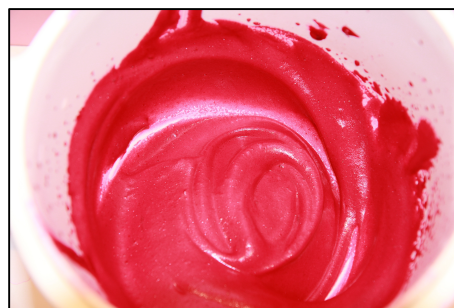


Figura 51. Escuma suc 5 amb 0,5 g xantana (font pròpia).

Taula 12. Resultats escuma suc 5 amb 0,5 g xantana.

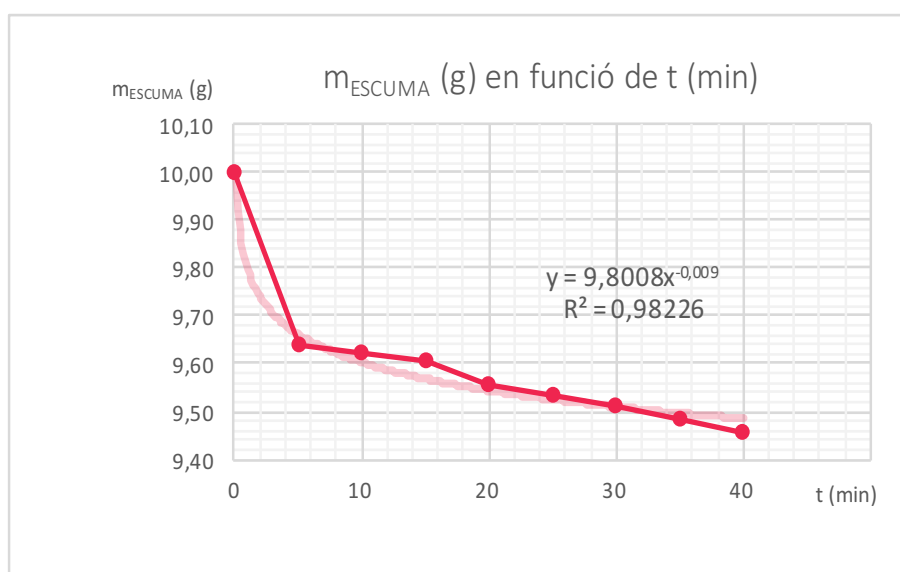


Figura 52. Massa escuma (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa - 0,5 g xantana) en funció del temps.

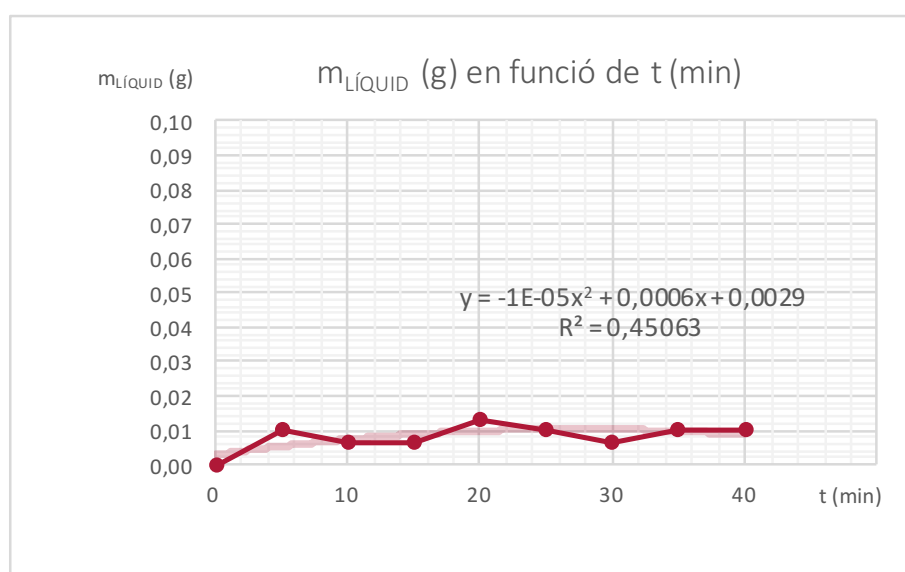


Figura 53. Massa líquid (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa - 0,5 g xantana) en funció del temps.



A continuació, es mostra una taula amb les masses d'escumes dels 4 espesseïdors afegits i l'escuma de metilcel·lulosa sense res afegit.

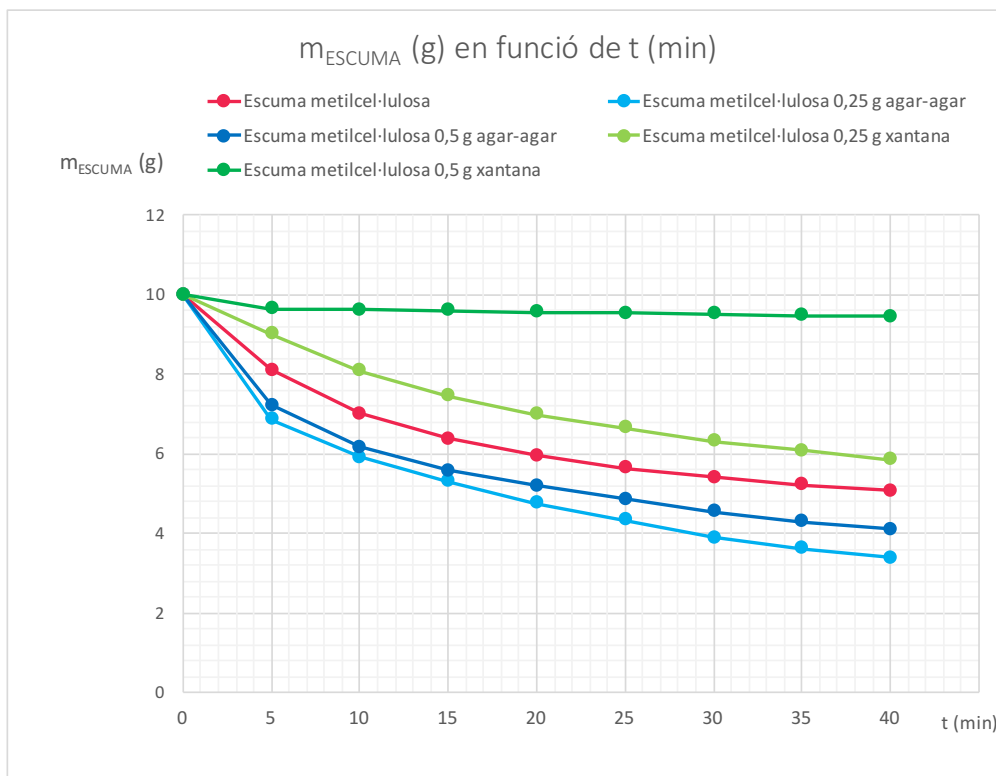


Figura 54. Comparativa de les escumes segons l'espesseïdor en funció del temps.

A partir de la mitjana de les tres proves realitzades hem obtingut les gràfiques anteriors. L'anàlisi global de les gràfiques de les escumes amb metilcel·lulosa afegint diferents quantitats d'espesseïdors i obtingudes amb batedora pastadora, són les següents.

- Es pot observar un canvi de comportament de l'escuma segons que no se li hagi afegit cap espesseïdor, o afegint els espesseïdor agar-agar o xantana.
- En referència a utilitzar l'agar-agar com a espesseïdor, veiem que perdem massa d'escuma més ràpidament i en més quantitat que sense posar-ne cap. D'aquesta manera, si ens fixem en el minut 5, afegint 0,25 g d'agar-agar perdem 3,14 g de massa d'escuma, afegint-ne 0,5 g en perdem 2,77 g i sense afegir cap espesseïdor se'n perd només 1,89 g. En síntesi, a mesura que augmentem la proporció d'agar-agar, els resultats milloren. Per aquest fet, si haguéssim afegit més agar-agar (0,75-1 g) potser l'escuma ens hagués sortit més estable que l'escuma sense cap espesseïdor. De tota manera s'hauria de comprovar empíricament.
- Per contra, amb la xantana, observem uns canvis positius i beneficiosos per a l'escuma on utilitzem la metilcel·lulosa com a tensioactiu. Al minut 5, afegint 0,25 g de xantana perdem 0,99 g de massa d'escuma, afegint-ne 0,5 g en perdem només 0,36 g quan sense afegir cap espesseïdor es perdia 1,89 g.
- Podem veure que la diferència entre la massa d'escuma amb quantitats d'espesseïdors 0,25 g i 0,5 g varia molt més amb la xantana que amb l'agar-agar. En conseqüència, la quantitat afegida de xantana és molt important que sigui acurada i en correcte relació a les proporcions d'escuma.

Aquestes escumes s'assemblen en que totes tres consten de 3 fases; la primera són aproximadament els 5 primers minuts on totes es liquen amb força intensitat. Més tard, del



minut 5 al 40 es liquen amb menys intensitat ja que comencen a estabilitzar-se. Finalment, si haguéssim continuat estudiant aquestes escumes durant més temps, hauríem vist com arribava un moment on no liquen gens.

Cal destacar que l'escuma amb 0,5 g de xantana afegida és molt més estable que la resta. En els primers 5 minuts es perden únicament 0,36 g d'escuma i al minut 40 se n'han perdut tan sols 0,55 g. Així, en la primera fase de 5 minuts, perdem el 65,45% de la massa d'escuma total perduda en els 40 minuts d'estudi.

A més, aquesta escuma va perdent massa però no es liqua, la massa del líquid es manté constant durant quasi tota la prova a 0,1 g. Per tant, això significa que la massa perduda és pràcticament tota d'aire.

CONCLUSIÓ

Finalment, concloem que afegir un espesseïdor no sempre es beneficiós per a l'escuma:

- Les escumes obtingudes amb suc liquat de remolatxa i afegint metilcel·lulosa com a tensioactiu, milloren la seva estabilitat afegint xantana.
- Les escumes obtingudes amb suc liquat de remolatxa i afegint metilcel·lulosa com a tensioactiu, empitjoren la seva estabilitat afegint agar-agar.

La quantitat d'espesseïdor afegit també és rellevant, com més espesseïdor, més estable és l'escuma. Al fer l'escuma més espessa, necessita més temps per liquidar-se i per tant és més estable.

6.2.3- PRÀCTICA 3. Mesurar la densitat de les escumes utilitzant metilcel·lulosa com a tensioactiu i amb espesseïdors

A partir de les escumes obtingudes a la pràctica 2, mesurem les seves densitats al minut 0 i analitzem si la densitat té alguna relació amb la massa d'escuma liquidada.

OBJECTIU

Determinar si la densitat de l'escuma influeix en la seva estabilitat.

MATERIAL I REACTIUS

- | | |
|---------------------------------------|--|
| – 600 mL de suc de remolatxa crua | – Batedor d'immersió (<i>turmix</i>) |
| – Metilcel·lulosa | – 3 vasos de precipitats de 80 mL |
| – Xantana | – Vidre de rellotge |
| – Agar-agar | – Cullera gran de cuina |
| – Liquadora | – Espàtula |
| – Balança electrònica ($\pm 0'01g$) | – Vareta de vidre |
| – Batedora elèctrica, <i>Moulinex</i> | – Termòmetre |
- Powermix. Referència:*
HM615110/ BVOR

PROCEDIMENT

1. Seguir el mateix procediment que a la pràctica 2 fins a l'obtenció d'una escuma. Un cop aconseguida una escuma amb cada espesseïdor i quantitat adient seguir els passos que es relacionen a continuació.
2. Mesurar la massa prèviament de cada vas de precipitats de 80 mL i anotar el resultat.
3. Omplir el vas de precipitats amb l'escuma de remolatxa i enrasar.
4. Mesurar la massa un altre cop de tot el conjunt (vas de precipitats i escuma) i anotar la massa.



5. Calcular la massa de l'escuma fent la diferència entre la massa conjunta del vas de precipitats i escuma i la massa del vas de precipitats.
6. Fer els càlculs corresponents per trobar la densitat.

CÀLCULS I RESULTATS

Per trobar la densitat corresponent a cada escuma utilitzarem la fórmula següent:

$$\text{densitat}(\text{g/cm}^3) = \frac{\text{massa escuma}(\text{g})}{\text{volum escuma}(\text{cm}^3)}$$

$$1 \text{ mL} = 1 \text{ cm}^3$$

Escuma suc 5 amb metilcel·lulosa	Massa (g)	Volum (mL)	Densitat (g/cm ³)
Agar-Agar 0,25 g	12,01	80	0,15
Agar-Agar 0,5 g	11,28	80	0,14
Xantana 0,25 g	11,13	80	0,14
Xantana 0,5 g	11,16	80	0,14

Taula 13. Comparativa de densitats segons l'espesseïdor.

ANÀLISI DE RESULTATS

Pel que fa a l'estudi de les densitats de les escumes corresponents, observem que 3 de les 4 escumes estudiades en aquesta pràctica tenen la mateixa densitat, 0,14 g/cm³ mentre que la quarta presenta una densitat de 0,15 g/cm³. La diferència és realment petita, un 7,1%.



Figura 55. Col·lapse parcial de les escumes amb 0,25 g d'agar-agar, 0, 5g d'agar-agar i 0,25 g de xantana (d'esquerra a dreta) (font pròpia).

CONCLUSIÓ

Amb els resultats obtinguts podem veure que totes les escumes obtingudes tenen una densitat molt similar. De tota manera, la més densa, que és la que utilitza 0,25 g d'agar-agar com espesseïdor (0,15 g/cm³ enfront a 0,14 g/cm³, un 7,1% més), és la que es liqua més ràpid i en més quantitat. Per tant, aquí veiem que com més densa és l'escuma, més ràpidament liqua.

Les escumes amb densitat 0,14 g/cm³ presenten diferències tan petites que inclús poden ser degudes a petits errors de mesura. Per tant, no en podem treure conclusions fiables.



6.2.4- PRÀCTICA 4. Determinar la variació del pH de l'escuma amb suc 5, utilitzant la metilcel·lulosa com a tensioactiu i batent amb la batedora pastadora

OBJECTIU

Determinar l'estabilitat d'una escuma en medi àcid (pH 3) i en medi bàsic (pH 7,65) i comparar-la amb l'escuma sense modificacions on hi ha un pH inicial de 6,22.

MATERIAL I REACTIUS

- | | |
|---|------------------------------------|
| – 450 mL de suc 5 remolatxa crua | – Suport metàl·lic |
| – 1,5 g metilcel·lulosa | – Doble nou |
| – 50 mL suc de llima | – Pinça |
| – Citrat | – 5 vasos de precipitats de 250 mL |
| – 5,5 cullerades molt petites de bicarbonat, <i>Sal Costa</i> | – Agitador magnètic amb imants |
| – Carbó actiu | – Coladors |
| – pHmetre, <i>Hanna HI 98103</i> | – Vareta de vidre |
| – Solució tampó* (pH 7) | – Vidre de rellotge |
| – Batedor d'immersió (<i>turmix</i>) | – Espàtula |
| – Batedora pastadora | – Embut de vidre |
| – Bol de plàstic | – Paper de filtre |

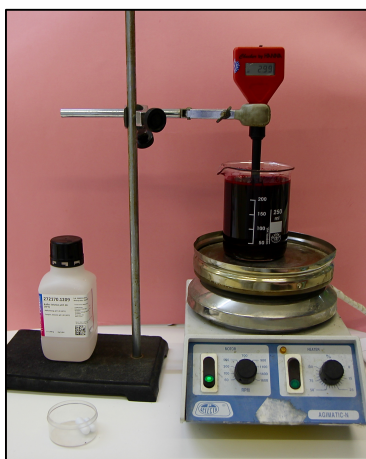


Figura 56. Material emprat per a la pràctica de la determinació de pH (font pròpia).

PROCEDIMENT

- 1- Rentar i pelar les remolatxes, posteriorment, tallar-les a daus de mida petita, d'aproximadament 4 cm x 4 cm x 4 cm.
- 2- Liquejar les remolatxes fins a obtenir un suc de 450 mL i dividir-lo en dues parts (200 mL i 250 mL).
- 3- Calibrar el pHmetre (veure annex 8).
- 4- Mesurar el pH del suc 5 (que ens ha donat un valor de 6,22).
- 5- Netejar el pHmetre i calibrar-lo novament.
- 6- Afegir 50 mL de suc de llima molt a poc a poc als 200 mL mesurats prèviament de suc de remolatxa i simultàniament, homogeneïtzar la mescla, amb l'ajuda de l'agitador magnètic, a mesura que s'afegeix el suc de llima, tot això s'ha de fer mesurant amb el pHmetre el pH cada vegada que s'afegeix una petita quantitat de



- suc de llima, fins arribar a un $\text{pH}=3$. Així s'ha preparat un suc de remolatxa crua de pH àcid ($\text{pH } 3$).
- 7- Netejar el pHmetre i calibrar-lo novament.
 - 8- Afegir un total de 5,5 cullerades molt petites de bicarbonat de sodi als 250 mL mesurats prèviament de suc de remolatxa i simultàniament, homogeneïtzar la mescla, amb l'ajuda de l'agitador magnètic, a mesura que s'afegeix a poc a poc les cullerades de bicarbonat; tot això s'ha de fer mesurant amb el pHmetre el PH, fins que aquest sigui de 7,65. Així s'ha preparat un suc de remolatxa crua de pH lleugerament bàsic ($\text{pH } 7,65$).
 - 9- Seguir el procediment de formació d'una escuma amb metilcel·lulosa com a tensioactiu ja explicat a les anteriors pràctiques. Així es poden obtenir dues escumes, una preparada a partir d'un suc de remolatxa amb pH àcid ($\text{pH } 3$) i l'altra obtinguda a partir d'un suc de remolatxa amb pH bàsic ($\text{pH } 7,65$).
 - 10- Estudiar l'estabilitat de les dues escumes (amb el mateix mètode explicat en pràctiques anteriors).
 - 11- Anotar resultats.

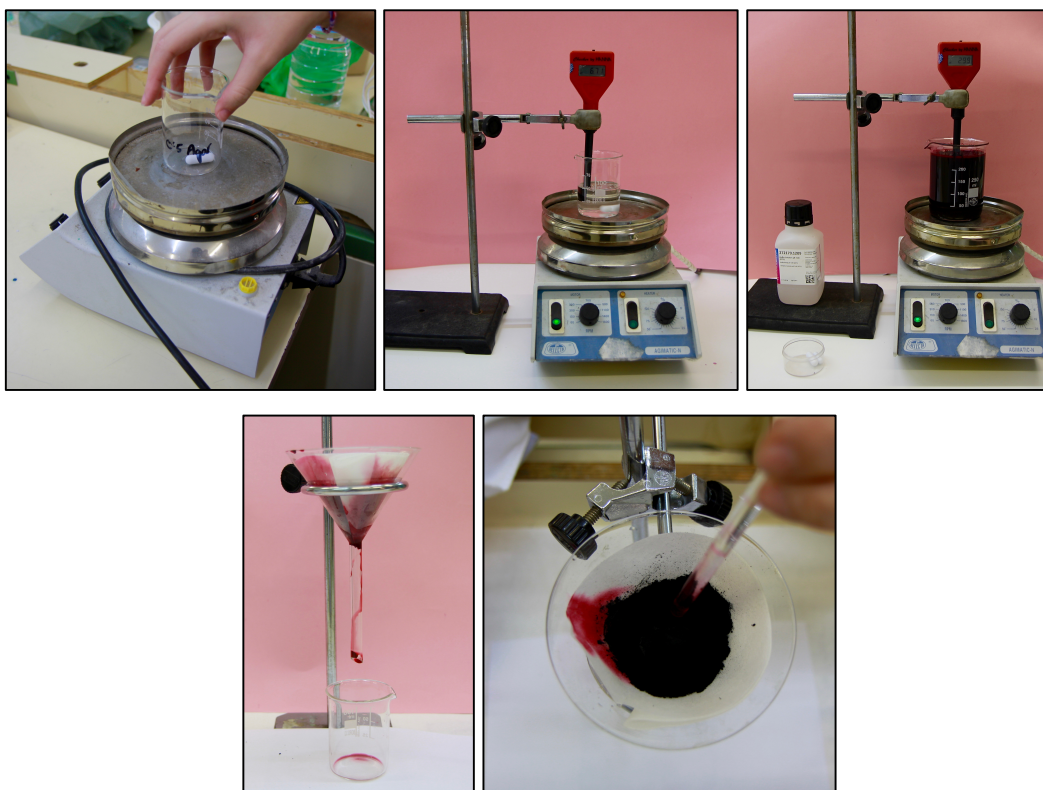


Figura 57. Metodologia pràctica 4 (font pròpia).

RESULTATS

Seguidament, mostrem unes taules acompanyades d'uns gràfics per realitzar l'anàlisi de resultats.



Medi àcid pH 3

t (min)	m _{ESCUMA} (g)	m _{LÍQUID} (g)
0	10,00	0,00
5	7,57	2,34
10	6,36	3,43
15	5,38	4,37
20	4,64	5,05
25	4,18	5,52
30	3,82	5,86
35	3,48	6,16
40	3,24	6,40



Taula 14. Resultats escuma amb metilcel·lulosa i pH 3.

Figura 58. Escuma amb pH 3 (font pròpia).

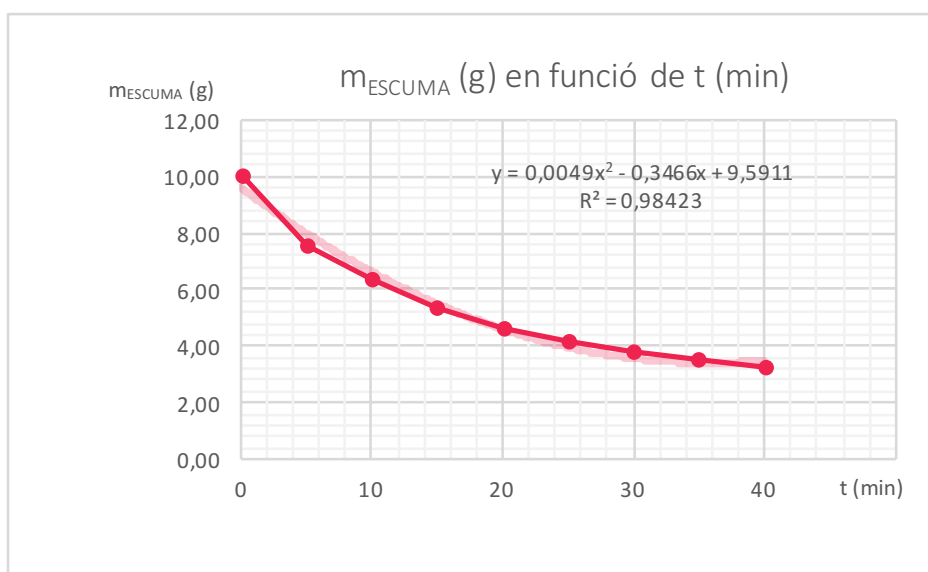


Figura 59. Massa escuma (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa - pH 3) en funció del temps.

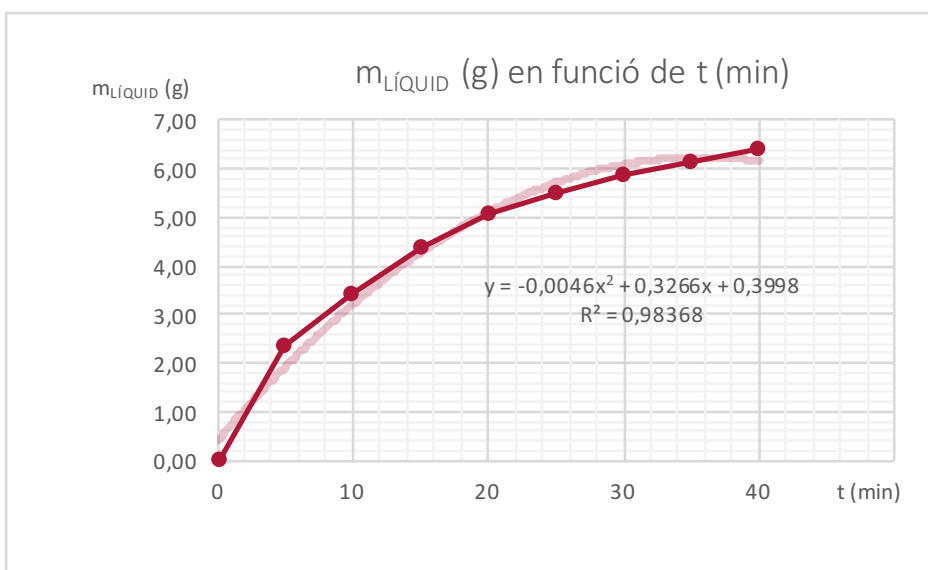


Figura 60. Massa líquid (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa - pH 3) en funció del temps.



Medi bàsic pH 7,65

t (min)	m _{ESCUMA} (g)	m _{LÍQUID} (g)
0,1	10,00	0,00
5	4,46	5,28
10	3,48	6,22
15	3,46	6,24
20	3,34	6,31
25	3,31	6,31
30	3,28	6,30
35	3,26	6,31
40	3,23	6,30



Taula 15. Resultats escuma amb pH 7,65.

Figura 61. Escuma amb pH 7,65 (font pròpia).

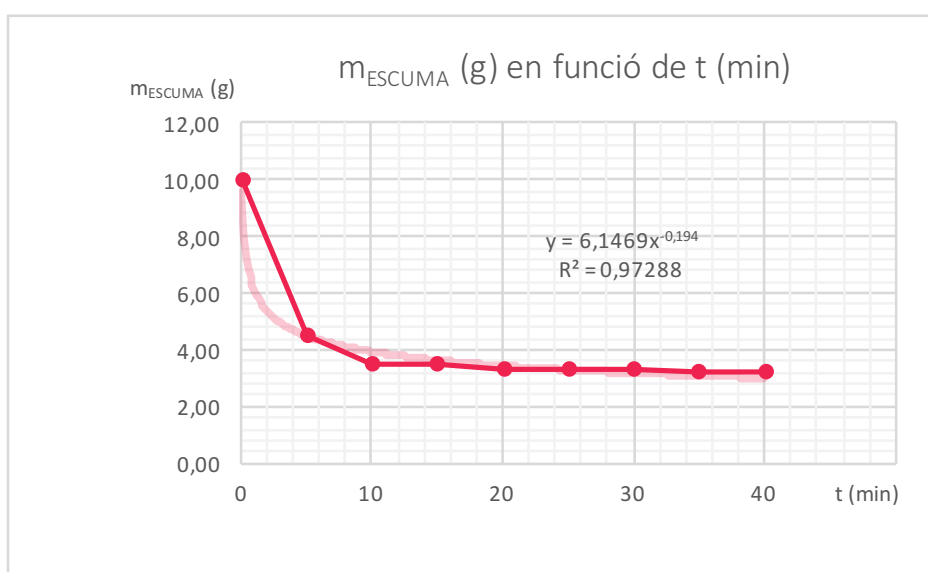


Figura 62. Massa escuma (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa - pH 7,65) en funció del temps.

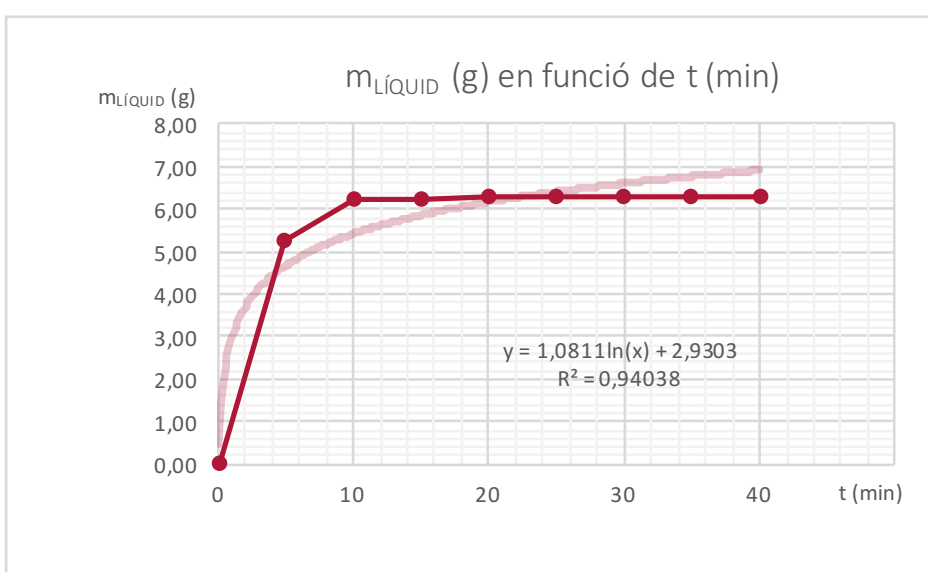


Figura 63. Massa líquid (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa - pH 7,65) en funció del temps.

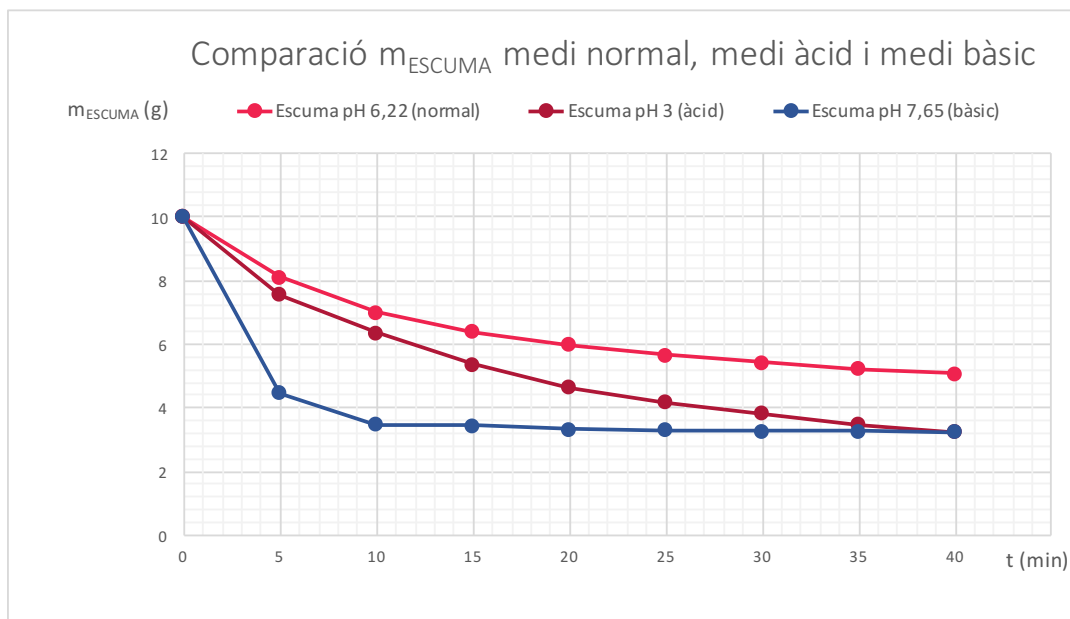


Figura 64. Comparativa de les masses d'escumes en funció del temps.

ANÀLISI DE RESULTATS

Primer de tot, analitzarem la gràfica de l'escuma amb medi àcid. Per aconseguir aquesta escuma vam afegir 50 mL de suc de llima per tal d'acidificar-la fins a un pH 3. Ho vam controlar amb un pHmetre. Els resultats obtinguts no són tan bons com l'escuma aconseguida amb un suc de remolatxa en un medi de pH normal, el qual es troba al voltant del 6,22.

A partir de la mitjana de les tres proves realitzades hem obtingut les gràfiques anteriors. L'anàlisi de les gràfiques de les escumes amb metilcel·lulosa tot utilitzant la batedora pastadora i amb un pH 3, són les següents.

La representació gràfica m_{ESCUMA} (g) en funció de t (min) és una funció quadràtica, la qual ve determinada per l'equació: $y = 0,0049x^2 - 0,3466x + 9,5911$ amb una $R^2 = 0,98423$, la qual és molt pròxima a 1 i per tant, hi ha una expressió matemàtica que s'acosta molt als nostres punts de la taula.

No s'observen tres fases clarament, sinó que durant els 40 minuts la massa de l'escuma es va liquant de manera constant en forma de paràbola. Així, quan arribem al minut 40 no sembla que hagi arribat encara a la fase 3, on l'escuma no es liqua més. Per tant, si haguéssim continuat amb l'experiment més temps, segurament hauríem pogut veure com la massa continuava liquant fins a un cert punt.

Altrament, en els 40 minuts transcorreguts, liquen 6,40 g d'escuma, mentre que a l'escuma sense alterar el pH se'n perden tan sols 4,41. Podem concloure que si acidifiquem l'escuma, es perd un 45% més de massa d'escuma.

De manera paral·lela, l'anàlisi de la gràfica anterior la relacionem amb la massa del líquid que va desprenent. Aquesta massa liquada es pot expressar mitjançant la funció $m_{\text{LÍQUID}}$ (g) en funció de t (min), la qual ve determinada per l'expressió matemàtica $y = -0,0046x^2 + 0,3266x + 0,3998$. Advertim que les dues masses són inversament proporcionals, ja que quan una creix l'altra decreix a mesura que transcorre el temps.

Per aconseguir l'escuma amb pH 7,65, vam afegir 5,5 culleradetes de bicarbonat per tal de basificar-la fins a un pH 7,65. Ho vam controlar amb un pHmetre. Els resultats obtinguts no



són tan bons com l'escuma aconseguida amb un suc de remolatxa en un medi de pH normal, el qual es troba al voltant del 6,22 ni com l'escuma àcida.

En referència a l'escuma elaborada en un medi bàsic amb un pH de 7,65, podem dir que la representació gràfica m_{ESCUMA} (g) en funció de t (min) donada també per la mitjana dels tres cops que hem realitzat la pràctica. És una funció potencial decreixent, la qual ve determinada per l'equació: $y = 6,1469x^{-0,194}$ amb una $R^2 = 0,97288$.

Percebem que aquesta escuma a partir del minut 20, la seva massa líquida es manté constant a 6,31 (s'ha produït un fenomen estrany al minut 30 i 40 on tenim 6,30 g envers de 6,31 i deduïm que pot ser un error de mesura). No obstant això, la seva massa d'escuma va disminuint, per tant, la massa perduda serà aire.

De manera paral·lela, l'anàlisi de la gràfica la relacionem amb la massa del líquid que va desprenent. Aquesta massa líquida es pot expressar mitjançant la funció $m_{\text{LÍQUID}}$ (g) en funció de t (min), la qual ve determinada per l'expressió $y = 1,0811\ln(x) + 2,9303$. Advertim que les dues masses són inversament proporcionals, ja que quan una creix l'altra decreix a mesura que transcorre el temps.

Finalment, hem adjuntat en una mateixa gràfica les tres escumes analitzades, per tal de comparar-les amb més exactitud i obtenir unes conclusions acurades. Es veu clarament que l'escuma més "perfecta" i estable al llarg del temps és l'escuma a la qual no s'ha modificat la seva acidesa o basicitat i per tant que es troba en un medi amb un pH de 6,22. De tota manera, l'escuma acidificada ha donat uns millors resultats que la basificada, la qual liqua molt ràpidament durant els 10 primers minuts i després s'estabilitza. Per contra, l'escuma amb pH 3, va liquant de manera més moderada i constant, tot i que al minut 40 aquesta no creiem que hagi arribat a la fase 3 i continuarà liquant, mentre que l'escuma de pH 7,65 no liqua més.

CONCLUSIÓ

Finalment, podem dir que l'escuma més estable és l'escuma que no ha tingut el pH alterat i per tant, determinem que el pH sí que és un factor que influeix en l'estabilitat i la liquació d'una escuma de remolatxa.

Aquesta pràctica la vam plantejar per analitzar el pH a partir de dos mètodes: el pHmetre i el paper indicador de pH. Per a aquesta darrera tècnica, va caldre primer filtrar el suc de remolatxa a través de carbó actiu, per tal d'evitar la tinció de les antocianines al paper i provocar un error en la prova. Malauradament, aquest sistema no va resultar efectiu perquè el carbó actiu va adsorbir* totalment el líquid i no vam obtenir el suc filtrat de color transparent per poder veure com canviava el paper indicador de pH, i determinar si era molt àcid o poc.

Consegüentment, vam emprar únicament el mètode del pHmetre que va ser tot un èxit. Abans de començar la pràctica, vam afegir unes 5 gotes de suc de llima en vasos de precipitats de 80 mL i vam anotar com variava el pH, per decidir quina quantitat posàvem a la nostra escuma. El mateix vam fer amb el bicarbonat, en vam anar afegint culleradetes fins que vam decidir que ja teníem un medi prou bàsic per dur a terme la nostra prova.

A més, una de les nostres hipòtesis era que el color del suc de remolatxa canviaria quan se li alterés el pH. Vam poder comprovar que el color quan acidifiquem el suc 5 de remolatxa i el diluïm en aigua, adquireix una tonalitat granat. D'altra banda, el suc basificat adquireix una tonalitat violeta-morada.

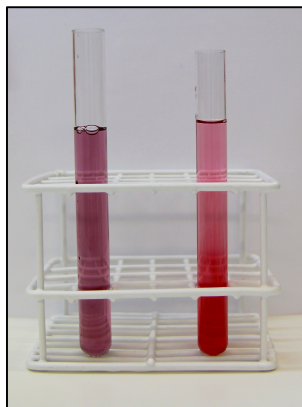


Figura 65. Tubs d'assaig de suc de remolatxa pH 7,65 i 3 (d'esquerra a dreta) (font pròpia).

Com a conclusió final d'aquesta pràctica, podem dir que hem aprofundit sobre el tema del pH, el qual no en sabíem gaire ja que serà al llarg d'aquest segon de batxillerat on estudiarem a fons els àcids, les bases i el pH.

6.3- Part pràctica esferificacions

En el cas de les esferificacions, pretenem saber utilitzar els dos mètodes dels xefs de cuina moderna, l'esferificació directa i inversa i analitzar amb un texturòmetre casolà les nostres creacions, així com estudiar la capa de gelificació de la millor esferificació obtinguda.

6.3.1- PRÀCTICA 5. Creació d'esferificacions de remolatxa pel mètode de l'esferificació directa. Fabricació d'un texturòmetre. Assaig de la textura d'esferificacions directes

En aquesta pràctica s'explica el procediment que cal seguir per a realitzar una esferificació directa. Per aprofundir més detalladament en aquesta qüestió, veure pàgina 11. També s'exposa la construcció d'un texturòmetre casolà, i l'ús.

OBJECTIUS

Crear diferents esferificacions de remolatxa, utilitzant el mètode d'esferificació directa. A més, construir un texturòmetre casolà, el qual s'utilitzarà per analitzar les nostres esferificacions. Observar el comportament de les esferificacions quan se'ls aplica una pressió determinada dins el texturòmetre casolà.

MATERIAL I REACTIUS

- | | |
|---|--|
| – 250 mL de suc 3 de remolatxa crua | – Cullera colador per esferificació |
| – 400 mL d'aigua envasada | – Culleres mesuradores de plàstic, amb forma semiesfèrica (7,5 mL) |
| – Balança electrònica ($\pm 0'01$ g) | – Paper de cuina |
| – Vas mesurador | – Batedora de vas americana |
| – Vidre de rellotge | – Batedor d'immersió (<i>turmix</i>) |
| – Clorur de calci (CaCl_2) | – Vareta de vidre |
| – Alginat de sodi | – Espàtula |
| – 2 recipients de vidre grans rectangulars amb certa fondària | – Monedes de 50 cèntims i d'1 euro |
| – Colador "xino" | – Pals prims de fusta |
| – Colador <i>superbag</i> | – Poliestirè expandit (EPS) |
| | – Regle |



Figura 66. Material pràctica 5 d'esferificacions (font pròpia).

PROCEDIMENT

A) Esferificació directa

L'esferificació directa necessita la preparació prèvia d'un producte-base i un bany.

Preparació del producte-base:

1. Mesurar 250 mL de crema de remolatxa bullida.
2. Amb l'ajuda de la batedora de vas americà, batre el suc fins que quedi una mescla homogènia.
3. Colar el suc de remolatxa pel colador "xino" i seguidament pel colador *superbag*, per tal d'obtenir el suc 3.
4. Mesurar 3,3 g d'alginat de sodi a la balança electrònica.
5. Afegir lentament l'alginat de sodi als 250 mL de suc 3, i simultàniament, mesclar amb el batedor d'immersió per facilitar la dissolució de l'alginat de sodi en el suc de remolatxa.

Preparació del bany:

1. Mesurar 1,6 g de clorur de calci.
2. Mesurar 400 mL d'aigua envasada amb un vas mesurador.
3. Abocar el clorur de calci als 400 mL d'aigua.
4. Dissoldre el clorur de calci en l'aigua amb l'ajuda d'una vareta de vidre.
5. Posar aquesta dissolució en un recipient rectangular amb certa fondària (veure fotografies).

Per a la creació d'una esferificació directa es duen a terme els següents passos:

1. Omplir una cullera mesuradora semiesfèrica de 7,5 mL amb el producte-base.
2. Abocar el contingut de la cullera al bany de clorur de calci amb un moviment sec per tal d'evitar possibles prolongacions de producte-base.
3. Per tal d'obtenir cinc esferificacions diferents, se submergirà cada esferificació a un temps específic dins del bany. Aquests temps seran de 2, 4, 6, 8 i 10 minuts.
4. Treure les esferificacions del bany amb la cullera colador en els intervals de temps indicats anteriorment.

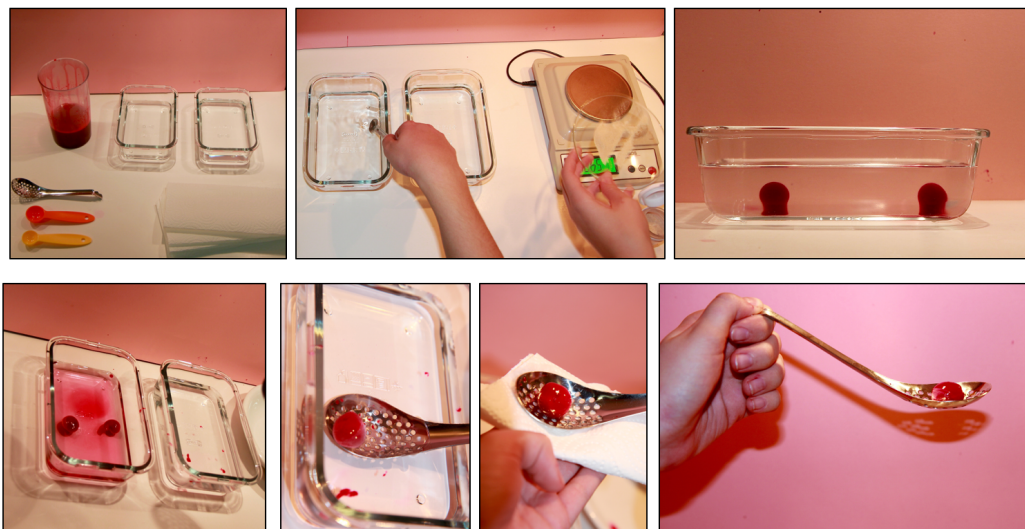


Figura 67. Procés seguit per obtenir esferificacions de remolatxa amb el mètode directe.

RESULTATS

Hem obtingut satisfactòriament les cinc esferificacions previstes, que tenien aproximadament 2,3 cm Ø.

B) Construcció del texturòmetre casolà

Idear un texturòmetre casolà ens va portar molts mals de caps. Vam estar mirant vàries imatges d'internet de texturòmetres del mercat (mirar figura 68). Així que se'ns va ocórrer posar diferents objectes a sobre de les esferificacions per tal de determinar quina pressió eren capaces de suportar. Al final, vam idear com construir el nostre texturòmetre.

La construcció d'un texturòmetre casolà és molt senzilla, ja que només cal aconseguir una base quadrada de poliestirè expandit (popularment conegut com a *Porexpan*) de 12 x 12 cm i perforar-la amb quatre pals prims de fusta respectant el diàmetre d'una moneda de 50 cèntims ($\varnothing = 24,25$ mm).

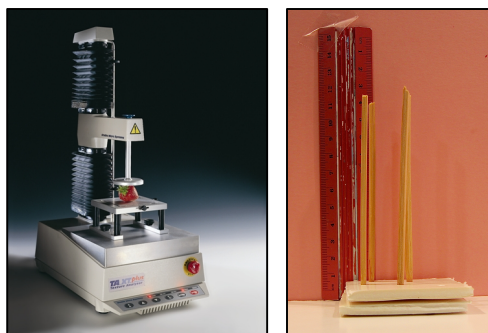


Figura 68. Fotografies d'un texturòmetre del mercat i la nostra invenció (font pròpia).

Per fer l'assaig amb el texturòmetre amb les nostres esferificacions, vam seguir els passos següents:

1. Posar l'esferificació al texturòmetre casolà (mirar fotografies en l'apartat de resultats)
2. Afegir monedes de 50 cèntims i d'1 € a sobre de l'esferificació.
3. Anotar el nombre de monedes, de les quals es determinarà la seva massa, així com la superfície de la moneda en contacte amb l'esferificació (és de 50 cèntims) i, posteriorment, calcular la pressió exercida.



Càlcul de la pressió exercida sobre una esferificació directa

Moneda 50 cèntims

$$\varnothing = 24,25 \text{ mm}$$

$$r = 12,125 \text{ mm}$$

$$\text{Àrea} = \pi \cdot r^2$$

$$\text{Àrea} = \pi \cdot 12,125^2 = 461,86 \text{ mm}^2 = 4,6186 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\text{pressió} = \frac{\text{Pes}}{\text{Àrea}}$$

Monedes totals

$$m_{\text{TOTAL}} = 191,47 \text{ g} = 0,19147 \text{ kg}$$

$$\text{Pes} = m \cdot g$$

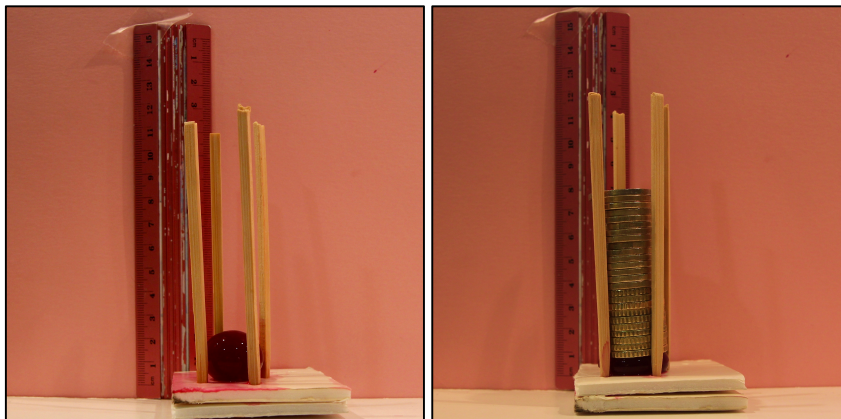
$$P = 0,19147 \cdot 9,8 = 1,8764 \text{ N}$$

$$p = \frac{1,8764 \text{ N}}{4,6186 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} ; p = 4062,7 \text{ Pa}$$

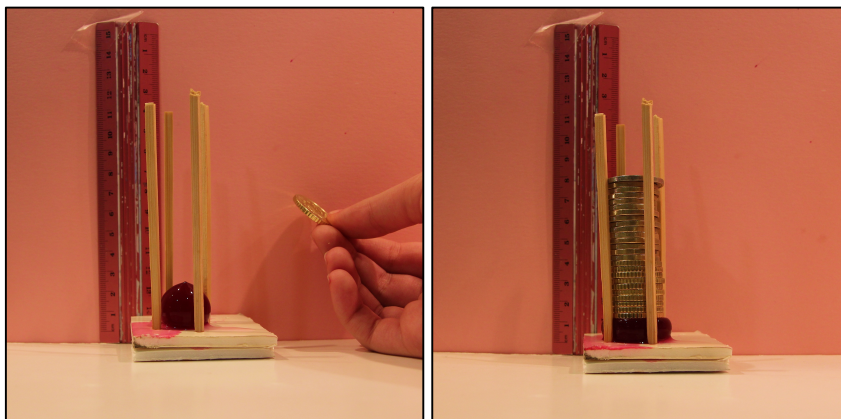
RESULTATS

A continuació, es mostra una comparativa de l'aparença de l'esferificació, primer sense cap manipulació i seguidament sotmesa a 4062,7 Pa de pressió. Aquest procediment es repeteix 5 vegades amb cada una de les cinc esferificacions (que ja hem indicat que s'han anat obtenint únicament variant el temps de submersió de l'esferificació en el bany de clorur de calci).

2 minuts



4 minuts

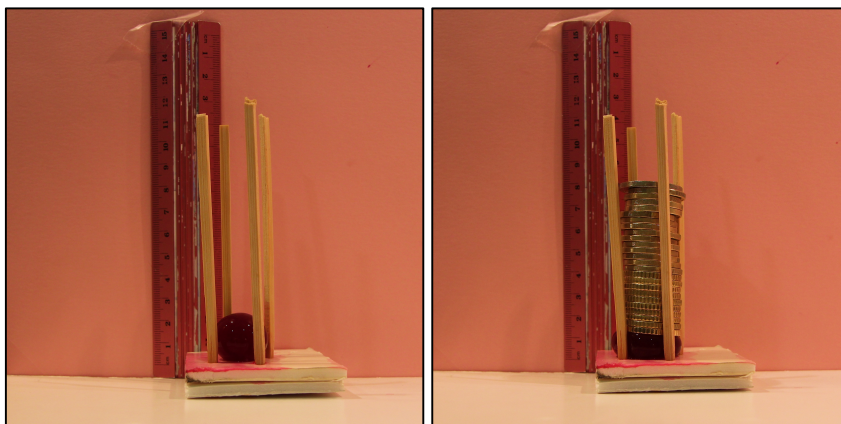




6 minuts



8 minuts



10 minuts

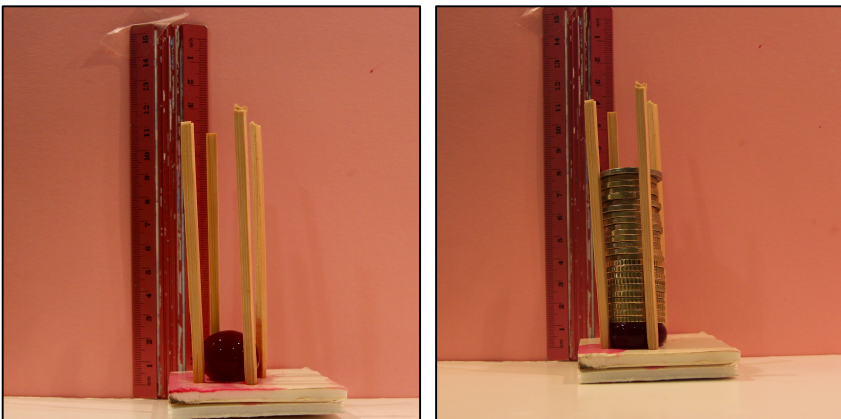


Figura 69. Texturòmetre casolà amb esferificacions directes de 2, 4, 6, 8 i 10 minuts dins el bany (font pròpia).

A l'analitzar aquests resultats, observem que les esferificacions, tant si han estat al bany més o menys minuts, totes suporten una pressió de 4062,7 Pa. Això és degut a que l'esferificació de remolatxa obtinguda de forma directa es va gelificant cap a dins independentment que estigui dins o fora del bany. D'aquesta manera, si vàrem trigar molt a posar les monedes a sobre l'esfera, aquesta mentrestant s'anava gelificant cap a dins, i per tant, la capa de gelatina es feia més gruixuda.

D'altra banda, també vàrem observar que la deformació de l'esferificació és cada cop menys pronunciada. Si comparem l'esfera de 2 minuts amb la de 10 min quan aquestes



tenen la pila de monedes a sobre, veiem que aquesta darrera està menys aixafada que la primera.

CONCLUSIÓ

Amb aquesta experiència vam poder concloure que cal controlar adequadament el temps de submersió de l'esferificació directa per tal que aquesta conservi les millors propietats organolèptiques possibles. Així, el comensal l'ha de consumir immediatament després de fer-la, ja que la gelificació continua donant-se un cop extreta del bany i això fa que la seva textura no sigui la idònia per a una bona degustació.

Vam arribar a l'anterior conclusió gràcies al fet que l'esferificació de 2 minuts no es trenca al sotmetre-la a la pressió prèviament calculada (cal fer esment específic que la nostra intenció inicial era afegir monedes fins que l'esferificació es trenqués degut a la pressió exercida). Així, era d'esperar que a mesura que transcorria l'experiment quedessin cada cop menys possibilitats que les següents esferificacions es trenquessin, donat que la capa de gelatina es fa cada cop més gruixuda. A més, la capa exterior és de color vermell ja que gelifica el líquid del seu interior.

6.3.2- PRÀCTICA 6. Creació d'esferificacions de remolatxa pel mètode de l'esferificació inversa. Assaig de la textura d'esferificacions inverses

En aquesta pràctica s'explica el procediment que cal seguir per a realitzar una esferificació inversa. Per aprofundir més detalladament en aquesta qüestió, veure pàgina 12. També s'utilitza el texturòmetre casolà, explicat a la pràctica 5.

OBJECTIU

Crear esferificacions de remolatxa utilitzant el mètode de l'esferificació inversa. Observar el comportament d'aquestes esferificacions quan a cada una d'elles se li aplica una pressió determinada. S'obtindran diferents esferificacions, la diferència entre elles serà el temps que cada una haurà estat dins el bany.

MATERIAL I REACTIUS

- | | |
|---|--|
| – 250 mL de suc 3 de remolatxa crua | – Cullera colador per esferificació |
| – 400 mL d'aigua envasada | – Culleres mesuradores de plàstic, amb forma semiesfèrica (7,5 mL) |
| – Balança electrònica ($\pm 0'01$ g) | – Paper de cuina |
| – Vas mesurador | – Batedora de vas americana |
| – Vidre de rellotge | – Batedor d'immersió (<i>turmix</i>) |
| – Clorur de calci (CaCl_2) | – Vareta de vidre |
| – Alginat de sodi | – Espàtula |
| – Xantana | – Monedes de 50 cèntims i d'1 euro |
| – 2 recipients de vidre grans, rectangulars i amb certa fondària. | – Pals prims de fusta |
| – Colador "xino" | – Poliestirè expandit (EPS) |
| – Colador <i>superbag</i> | – Regle |



Figura 70. Material de la pràctica 6 d'esferificacions (font pròpia).

PROCEDIMENT

A) Esferificació inversa

L'esferificació inversa necessita la preparació prèvia d'un producte-base i un bany.

Preparació del producte-base:

1. 250 mL de crema de remolatxa bullida (suc).
2. Amb l'ajuda de la batedora de vas americà, batre el suc fins que quedi una mescla homogènia.
3. Colar el suc de remolatxa pel colador "xino" i seguidament pel colador *superbag*, per tal d'obtenir el suc 3.
4. Mesurar 1,25 g de clorur de calci a la balança.
5. Abocar el clorur de calci als 250 mL de suc 3.
6. Dissoldre amb una vareta de vidre.
7. Mesurar 1,5 g de xantana i afegir-los a la mescla per tal d'espessir-la i augmentar la seva densitat.

Preparació del bany:

1. Mesurar 2 g d'alginat de sodi.
2. Mesurar 400 mL d'aigua envasada amb un vas mesurador.
3. Afegir lentament l'alginat de sodi als 400 mL d'aigua prèviament mesurada i simultàniament, batre amb el batedor d'immersió per tal de facilitar la integració i dissolució de l'alginat en l'aigua.
4. Abocar el contingut en un recipient rectangular amb certa fondària.

Per a la creació d'una esferificació inversa es duen a terme els següents passos:

1. Omplir una cullera mesuradora semiesfèrica de 7,5 mL amb el producte.
2. Abocar el contingut de la cullera al bany de clorur de calci amb un moviment sec per tal d'evitar possibles prolongacions de producte.
3. Esperar el temps requerit (2, 4, 6, 8 i 10 minuts) mentre té lloc la gelificació de l'esferificació.
4. Extreure l'esferificació amb la cullera colador i submergir-la en aigua per tal de tallar el procés de gelificació.

Per a realitzar la pràctica d'aplicació d'un texturòmetre casolà a les esferificacions de remolatxa obtingudes a partir del mètode de l'esferificació inversa vam seguir els passos següents amb cada una de les cinc esferificacions:

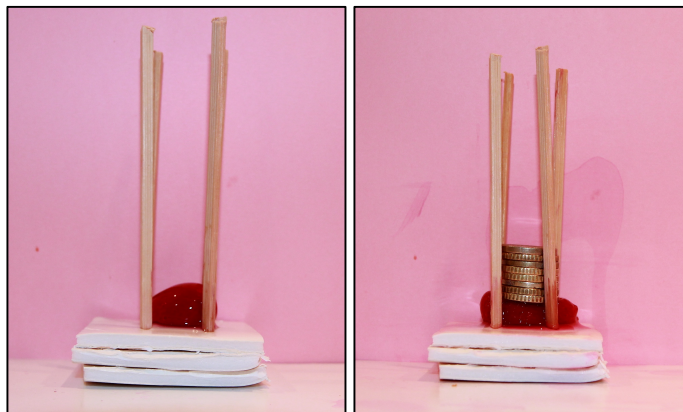
4. Sotmetre l'esferificació al texturòmetre casolà.
5. Afegir monedes de 50 cèntims i d'1 € a la part superior de l'esferificació fins que esclati.
6. Anotar els resultats i calcular la pressió exercida.



RESULTATS

A continuació, es mostra una comparativa de l'aparença de l'esferificació, primer sense sotmetre-la a cap pressió i seguidament trencada degut a la pressió exercida. Aquest procediment es repeteix de la mateixa manera per a cada una de les cinc esferificacions.

2 minuts



4 minuts



6 minuts





8 minuts



10 minuts



Figura 71. Texturòmetre casolà amb esferificacions inverses de 2, 4, 6, 8 i 10 minuts (font pròpia).

Gràcies a aquestes fotografies observem que les esferificacions inverses no ens van sortir gaire arrodonides a causa que vam tenir diversos problemes en el seu procediment i no se'ns enfonsaven en el bany, ja que la densitat del suc era inferior a la d'aquest. No obstant això, aquestes esferificacions sí que es van trencar al rebre a sobre una pressió concreta. Seguidament, presentem una taula amb els resultats obtinguts en la qual s'especifica la pressió exercida en cadascuna d'elles per a aconseguir el seu trencament.

Temps (min)	Massa monedes (g)	Pressió exercida (Pa)	Ruptura esfera
2	46,26	981,57	Sí
4	93,60	1986,06	Sí
6	113,92	2417,21	Sí
8	136,60	2898,45	Sí
10	234,00	4965,14	No

Taula 16. Dades obtingudes de la pràctica 6 amb el texturòmetre.



ANÀLISI DE RESULTATS

A mesura que les diferents esferificacions porten més temps dins el bany, més resisteixen la pressió exercida per les monedes i més costa trencar-les. D'aquesta manera, podem veure com l'esferificació inversa, que ha estat únicament dos minuts al bany, es trenca a partir d'una pressió de 981,57 Pa, mentre que l'esferificació que ha estat submergida al bany durant 10 minuts, no es trenca ni quan la pressió exercida sigui de 4965,14 Pa. Cal destacar, que la capa gelatinosa de les esferificacions inverses és incolora, degut a que pateix una gelificació iònica externa. D'aquesta manera, l'alginat de calci es crea en sentit cap en fora de l'esfera i no agafa el color del nostre producte (remolatxa). És per aquesta raó que es passen per aigua les esferificacions inverses un cop es treuen del bany, ja que d'aquesta manera es talla el procés de gelificació i s'evita que la part externa quedi enganxosa.

CONCLUSIÓ I PROBLEMES EXPERIMENTALS

La realització d'aquesta pràctica va ser bastant problemàtica, ja que la vam haver de repetir 4 cops.

El primer dia, vam seguir els passos trobats bibliogràficament (en el suc de remolatxa hi ha d'haver un 2% de clorur de calci). No obstant això, les esferificacions no se'ns enfonsaven i quedaven a la superfície del bany. Així que vam donar la pràctica com a errònia i vam buscar quina podia ser la causa. El problema va ser que havíem utilitzat el percentatge de clorur de calci erroni. El percentatge correcte és 0,5% en massa i nosaltres vam utilitzar el 2% en massa, que realment és el percentatge a utilitzar si haguéssim fet servir el gluconolactat de calci en lloc de clorur de calci.

El segon dia, després d'haver contactat amb especialistes del tema (Pere Castells i Claudi Mans), vam utilitzar el 0,5% en massa de clorur de calci (1,25 g CaCl_2 pels 250 g de suc de remolatxa). Aquesta mescla la vam deixar a la nevera 24 hores perquè se n'anés l'aire incorporat mentre es batia la mescla. D'altra banda, durant aquest temps, el bany d'alginat de sodi també s'acabava d'homogeneïtzar.

El tercer dia, tot i els canvis, les esferificacions no s'enfonsaven. Deduïm que és un problema de densitats, on l'alginat de sodi del bany és més dens que el producte de remolatxa, fet que impedeix la immersió d'aquest. Així, el quart dia ens vam inventar un mètode per aconseguir que tot el suc de remolatxa estigués en contacte amb el bany i es pogués crear la pel·lícula gelatinosa. D'aquesta manera, vam obtenir esferificacions inverses no uniformes (veure figura 73).

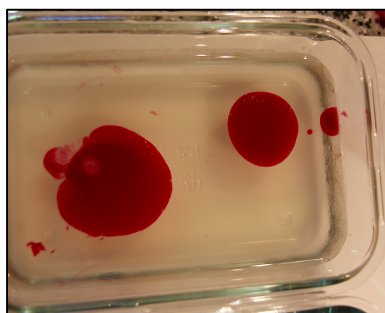


Figura 72. Pràctica fallida de l'esferificació inversa (font pròpia).



Figura 73. Mètode inventat per a l'obtenció d'una esferificació inversa (font pròpia).



6.3.3- PRÀCTICA 7. Estudi del percentatge de gelificació en l'esferificació directa

OBJECTIU

Comparar el gruix de la capa gelatinosa de l'esferificació directa en relació al temps de submersió en el bany.

MATERIAL I REACTIUS

- | | |
|--|--|
| – 250 mL de suc 3 de remolatxa | – Culleres mesuradores de plàstic (5 mL) amb forma semiesfèrica. |
| – 400 mL d'aigua envasada | – Paper de cuina |
| – Balança electrònica ($\pm 0'01$ g) | – Batedor d'immersió |
| – Clorur de calci | – Plats de cuina plans |
| – Alginat de sodi | – Escuradents |
| – 2 recipients de vidre grans, rectangulars i amb certa fondària | – Ganivet |
| – Cullera colador per esferificació | – Colador <i>superbag</i> |



Figura 74. Material estudi de percentatge de gelificació de les esferificacions (font pròpia).

PROCEDIMENT

1. Elaborar les esferificacions directes tal i com s'expliquen en la pràctica 5.
2. Tarar un vidre de rellotge i mesurar la massa de l'esferificació a la balança, anotant-la.
3. Fer un orifici de mida petita a l'esferificació i pressionar per extreure'n la part líquida, amb l'ajuda d'un escuradents.
4. Un cop buida, passar per aigua la part sòlida de l'esferificació per acabar de retirar tot el líquid restant i eixugar-la.
5. Tornar a tarar un vidre de rellotge i mesurar la massa de la capa gelatinosa, anotant-la de nou.

RESULTATS

Per dur a terme els resultats d'aquesta pràctica vam utilitzar la fórmula següent, la qual ens calcula el percentatge de gelificació de les esferificacions.

$$\% \text{ gelificació} = \frac{\text{massa gel}}{\text{massa total esfera}} \cdot 100$$

En les dades de la següent taula consta el percentatge de gelificació de les diferents gelificacions analitzades (2, 4, 6, 8 i 10 min). El resultat obtingut prové de fer la mitjana de dues proves per garantir uns resultats més acurats i reals.



Temps (min)	m_{ESFERIFICACIÓ} (g)	m_{GEL} (g)	Percentatge de gelificació
2	3,85	0,99	25,58 %
4	4,12	1,12	27,10 %
6	4,57	1,52	33,26 %
8	3,81	1,44	37,84 %
10	3,98	1,60	40,08 %

Taula 17. Percentatge de gelificació de les diferents esferificacions directes.

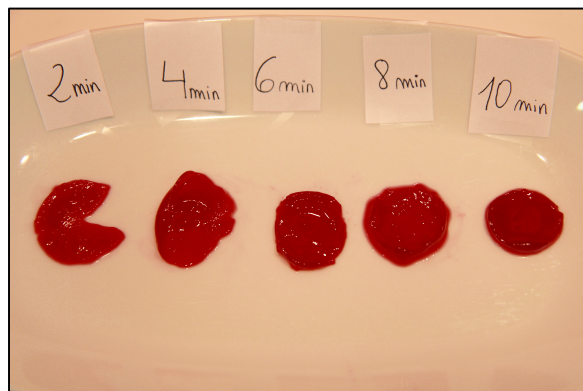


Figura 75. Evolució de la capa gelatinosa de les esferificacions directes amb el pas del temps (font pròpia).

Amb el suport de la taula anterior i la fotografia, veiem clarament com augmenta la capa de gelatina que envolta l'esferificació directa respecte al temps. D'aquesta manera podem afirmar que aquesta capa creix de forma directament proporcional amb el temps. La fotografia mostra com la capa de gelatina de l'esfera de 2 minuts té un vermell més clar i transparent a causa de que la capa és més fina i la llum la travessa. A més, al ser una capa tan fina, costava molt de treure-la i està trencada per aquest motiu. Tanmateix, veiem que amb el pas del temps la capa de gelatina és més gruixuda i per tant, presenta un vermell de color més intens i una rodona més perfecta perquè la podíem treure amb més facilitat.

CONCLUSIÓ

Hem pogut comprovar que el percentatge de gelificació d'una esferificació directa augmenta amb el pas del temps.

Per completar la pràctica, teníem molta curiositat per saber què passava si deixàvem tota la nit una esferificació al bany. Finalment, vam deixar una última esferificació directa dins el bany durant un seguit de 19 hores aproximadament. En el moment d'extreure-la vam comprovar com la capa gelatinosa havia envaït tota l'esfera, i no hi quedava cap part líquida. Així, vam pensar que hagués estat interessant intentar trobar l'instant concret en que l'esfera passa a ser completament sòlida, però per manca de temps no ens va ser possible dur a terme aquesta pràctica. Tot i així, proposem com a estudi de futur, anar tallant esferificacions a intervals de temps concret (cada dues hores, aproximadament), per a poder observar la seva evolució i veure a partir de quin moment, l'esfera es converteix totalment en gelatina.

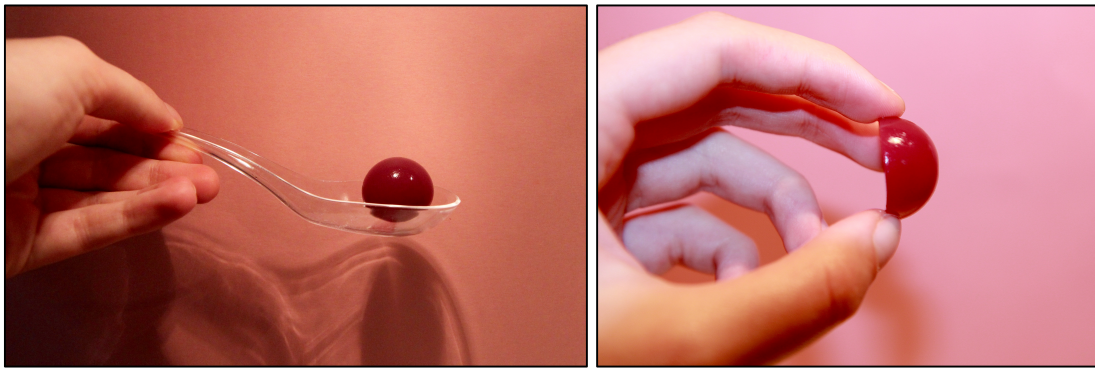


Figura 76. Esferificació directa que es va deixar reposar al bany durant 19 hores (font pròpia).

Vam idear aquesta pràctica a partir d'una altre publicada en un article del Sr. Castells a la revista *"Investigación y ciencia"*, en la qual s'estudia el creixement de la capa de gel de l'esferificació directa mitjançant les tècniques de lupa binocular i microscòpia electrònica. Així, vam demanar consell a un professor del centre, l'Albert Garriga, qui ens va atendre molt amablement i ens va proporcionar els contactes del servei de microscòpia de la UAB i UB. Malgrat el nostre interès, no va ser viable dur a terme aquesta pràctica ja que les mostres requerien la manca total d'aigua.

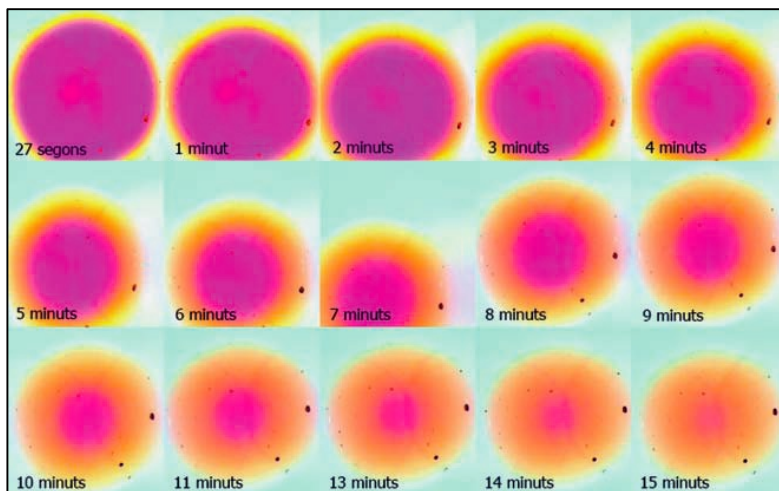


Figura 77. Evolució de les esferes amb el temps.



7- Respostes a les hipòtesis

Tot seguit, es mostra un resum de les nostres hipòtesis plantejades al principi del treball i com han estat confirmades o refutades a mesura que realitzàvem la recerca.

Hipòtesis	Resposta a les hipòtesis
Hipòtesi 1. Una escuma és estable quan es liqua lentament, la nostra primera hipòtesi és que pot ser la mida de les seves bombolles ha de ser petita per a que sigui més estable.	Fent referència a la nostra pròpia observació i font bibliogràfica confirmem que la hipòtesi 1 és certa. Així, les escumes més estables tenien unes bombolles de radi més petit i per tant, no es produeix tan ràpidament la seva liquació.
Hipòtesi 2. Creiem que és possible obtenir una escuma de remolatxa a partir d'una gran diversitat de suc, ja sigui a partir de la remolatxa bullida, confitada o liquada.	Basant-nos en la nostra pròpia experiència, podem obtenir escumes de remolatxa a partir d'un suc de remolatxa crua liquada, però no bullida, ja que si és així, s'eliminen els agents escumants que hi pugui haver.
Hipòtesi 3. Obtindrem una escuma per diferents mètodes: amb batedor de vareta manual, amb batedora pastadora i amb sífó. És possible que l'escuma més estable sigui l'obtinguda amb el sífó.	Al finalitzar la pràctica 1 (pàgina 22) vam poder concloure que, en efecte, el mètode emprat per a la realització d'una escuma afecta a la seva estabilitat. D'aquesta manera la nostra hipòtesi sobre el sífó com a millor tècnica no és certa, ja que l'escuma més "perfecta" aconseguida va ser amb la batedora pastadora.
Hipòtesi 4. Postulem que tant l'estabilitat de l'escuma com la seva densitat dependran de l'espesseïdor afegit al nostre suc de remolatxa (agar-agar o xantana) .	Mitjançant la pràctica 2 (pàgina 36) vam poder veure que l'estabilitat de l'escuma és diferent segons l'espesseïdor afegit. A banda d'això, vam observar que l'addició d'aquests afecta poc a la densitat de l'escuma.
Hipòtesi 5. La remolatxa té un pH àcid de (4,9 a 5,6) per tant especulem que una escuma es pot estabilitzar segons el pH del medi. A més, pensem que si acidifiquem o basifiquem el suc de l'escuma abans de batre-la, el color granat característic del suc de remolatxa es veurà alterat, i serà possible obtenir una escuma verda o blava.	Amb els resultats obtinguts a la pràctica 4 (pàgina 45) vam poder establir que l'escuma accelera la seva liquació si alterem el pH del medi. Podem afirmar que sota la influència d'un pH àcid, la massa d'escuma liqua més ràpid que aquella sense cap alteració, però més lenta que l'escuma de pH bàsic. A més, no vam observar canvis notables en el color de l'escuma, únicament adquireix una tonalitat morada amb un pH de 7,65.
Hipòtesi 6. Estimem que hi haurà un canvi important de les propietats físiques (color, forma) d'una escuma de remolatxa si es deixa sota la influència de l'aire durant un període de temps llarg. Potser aquests canvis es veuran	Al cap d'una setmana de deixar l'escuma a la cuina, vam poder veure que les restes d'escuma eren d'un color més fosc, a causa de la seva oxidació. El color observat va ser marró fort i amb tonalitat daurada.



afectats per la temperatura* del medi en què es troba.

Hipòtesi 7. Valorem la temperatura com un factor molt influent a l'hora d'elaborar una escuma. Seria possible la realització d'una comparativa amb escumes preparades a diferents temperatures i veure quina és l'òptima.

Aquesta hipòtesi no ha estat comprovada ja que no vam poder realitzar una pràctica on s'estudiés la influència del factor de la temperatura, degut a la manca de temps. A més, totes les escumes han estat realitzades a temperatura ambient de la cuina, a 22°C aproximadament.

Hipòtesi 8. Creiem que és possible realitzar una mesura quantitativa de l'elasticitat de les esferificacions. D'aquesta manera, una opció consisteix en afegir objectes d'una massa coneguda a sobre l'esferificació per a comprovar la pressió que pot suportar.

Mitjançant la creació d'un texturòmetre casolà, va ser possible calcular indirectament l'elasticitat de la capa de gel de l'esferificació directa i inversa. Els objectes de massa coneguda emprats van ser monedes de 50 cèntims i d'1 euro.

Hipòtesi 9. Pensem que el temps en el qual l'esferificació es troba en el bany influeix en el gruix de la capa gelatinosa.

Amb l'anàlisi dels resultats obtinguts a la pràctica 6 (pàgina 56) afirmem que la pel·lícula gelatinosa d'una esferificació augmenta segons el temps que aquesta s'ha deixat al bany, són directament proporcionals.

Hipòtesi 10. Especulem que si li apliquem una pressió a una esferificació aquesta es trencarà amb facilitat.

Vam poder determinar que les esferificacions directes comporten més dificultat a l'hora de trencar-les, ja que aquestes segueixen gelificant fora del bany de clorur de calci. En canvi, la capa de gelatina de les esferificacions inverses són més fines i es trenquen amb molta més facilitat. Convé recalcar que aquesta capa gelatinosa s'engruixeix en proporció al temps de repòs en el bany, per tant, aquesta no es pot trencar a partir d'uns certs minuts (10 min).

Hipòtesi 11. Estimem que la concentració de calci repercutirà en la velocitat de creació de la capa gelatinosa de l'esferificació.

Aquesta hipòtesi no ha pogut ser comprovada, degut a la manca de temps. No obstant això, pensem que podria haver estat viable dur a terme una pràctica en la qual determinar la relació entre la concentració de calci i la gelificació.

Hipòtesi 12. Segons tenim entès, el pH és un factor influent en la creació d'una esferificació. Així, creiem que no serà viable la formació d'esferificacions en un medi molt àcid (inferior a 4) i molt bàsic (superior a 8).

Tot i que teníem intenció de realitzar una pràctica d'esferificacions centrada en el pH, no vam tenir temps suficient per a comprovar aquesta hipòtesi. De tota manera, després de tota la recerca i experimentació realitzada, creiem que en aquest cas l'afirmació seria correcta.



8- Conclusió final

Curiositat, il·lusió, interès per aprendre, esforç... certament són conceptes amb els quals les autores d'aquest treball de recerca ens identifiquem, i podem dir que ens han estat peces clau a l'hora de dur a terme aquest gran projecte.

Des de la nostra experiència, podem afirmar que la recerca ens ha ensenyat moltes més coses de les que havíem previst, la majoria positives. És cert que no és precisament l'activitat més gratificant que existeix, ja que quan les teves expectatives no coincideixen amb la realitat, pot arribar a ser molt frustrant i fins i tot desanimador. Però així hem après a no "llençar la tovallola" i a seguir lluitant pels nostres objectius, marcats des del bell inici.

El treball de recerca ens ha mostrat els nostres propis límits, i com manquen de significat quan el que s'imposa és la dedicació. Hem après que amb perseverança i esforç s'arriba molt més lluny que no pas amb simplement capacitat, i que els bons resultats no s'obtenen senzillament.

Volem remarcar que no ha estat fàcil concloure el nostre treball, ja que se'ns han presentat un gran nombre d'obstacles inesperats, però ens sentim molt orgullosos de poder dir que, gratament, hem estat capaces de superar-los tots.

Una gran part d'aquest èxit ha estat gràcies a tornar a contactar amb experts sobre el tema, que quan un problema ens venia massa gran, ens ajudaven a esmenar els errors i a continuar fent via. Així, Pere Castells ha estat una de les persones que més ens va ajudar en qüestions tècniques, i ens va aconsellar molt sàviament cada cop que ens trobàvem amb inconvenients en una pràctica, donat que moltes vegades els resultats no eren els esperats.

D'aquesta manera, aquest projecte ens ha obligat a dedicar una gran part del nostre temps i a pensar que a vegades l'únic que havíem aconseguit era perdre'l. Hem sentit la frustració de no aconseguir els resultats perseguits, hem hagut de repetir intents, hem hagut de perseverar, hem evitat la temptació d'abandonar...

Però tots aquests aspectes que en el seu moment no eren precisament agradables formen part d'una gran experiència que sense dubte mai oblidarem, i de ben segur ens seran de gran ajuda en els primers passos de la nostra carrera científica. I la millor part és que encara ens queda tot per descobrir, ja que hi ha tantes coses que es desconeixen d'aquest món, que aquest gra de sorra que aportem a la cuina de "Vanguàrdia" és només el primer pas.

Aquest treball ha fet que ens adonem de la importància que recau en els procediments a l'hora de dur a terme una pràctica científica, i ens ha mostrat que és el camí del qual vertaderament volem seguir formant part. Ens hem adonat del què és fer recerca real, ja que no en teníem una idea gaire clara del que comprometia. Així, hem pogut determinar que és una activitat que ens produeix una gran satisfacció, ja que ens omple com a persones, i per aquest motiu la considerem com una possibilitat de cara als nostres estudis futurs.

El treball de recerca ha estat la nostra oportunitat de liderar, i creiem que el resultat global obtingut ha estat plenament satisfactori.



9- Bibliografia i Webgrafia

En aquest apartat fem una relació de totes les fonts d'informació consultades al llarg del treball. Així, tant hi figuren revistes científiques, com adreces d'internet i llibres.

9.1- Bibliografia

- ADRIÀ ACOSTA, Ferran, *Las espumas, técnica, tipos y usos*, Ed. 1, 2004.
- ALÍCIA, Fundació, *Material de divulgació: La cuina, un espai científic per experimentar*, 2015.
- BADUI DERGAL, Salvador, *Química de los alimentos*, Mèxic, Ed. Pearson, 2006.
- CASTELLS, Pere; MANS, Claudi, "La nueva cocina científica". *Investigación y ciencia*. Barcelona, 2011. Núm. 421.
- CÓRDOVA FRUNZ, José Luis, *La química y la cocina*, Mèxic, Ed. 4, 1996.
- GARCÍA SEPÚLVEDA, Silvia, *Mi laboratorio es la cocina*. Innovación y experiencias educativas, 2010, núm. 28 ".
- GARRIGA, Albert; ISBERT, Marc, *biología*, Madrid, España, McGraw-Hill, 2007.
- GIBBS, W. Wayt; MYHRVOLD, Nathan, *La increíble espuma comestible*.
- GONZÁLEZ, Gisley, *Estabilidad e intercambio de iones de calcio en geles de alginato*, Durango (Mèxic), 2009.
- MABEL REMBADO, Florencia; SCENI, Paula, *La química de los alimentos*, Buenos Aires, Ed. 1, 2009.
- MANS I TEIXIDÓ, Claudi; LLORENS, Joan; LÓPEZ, Costa, Joan, "La interfase gas-líquido".
- MANS I TEIXIDÓ, Claudi, *Sferificaciones y macarrones*, Barcelona (España), Ariel, 2010.
- MYHRVOLD Nathan; YOUNG Chris; BILET Maxime, *Modernist Cuisine*, Barcelona (España), Taschen, 2011.
- Investigación y ciencia*. Barcelona, 1988. Núm. 136.
- PAGES, Patrice, *Llevando la química a la cocina*.
- PAPIÓ AZNAR, Francesc, *Gastronomía i nutrició*. CFGS Direcció de Cuina.
- PÉREZ ARBEJ, Pilar, *Cuinant al laboratori. Publicacions i experiències al voltant de cuina i ciència: una proposta coeducativa per a la química de batxillerat*. 2006-2007.
- SADURNÍ GRÀCIA, Núria, "Estudi de la formació de nano-emulsions de fase externa aquosa i solubilització de fàrmacs lipòfils." Universitat de Barcelona.
- VÁZQUEX SALAS, Carlos, "Química en la cocina". Innovación y experiencias educativas, 2009, núm. 19.

9.2- Bibliografia d'imatges

Totes les fotografies de la part pràctica són de collita pròpia inclosa la fotografia de portada. La resta de fotografies han estat extretes de Google Imatges.

9.3- Webgrafia

- SAPIÑA, Fernando, *La materia blana: gels de gelatina*, MARTÍ DOMÍNGUEZ,
<<http://metode.cat/Revistes/Seccions/La-ciencia-a-taula/La-materia-blana-gels-de-gelatina>>
[18-7-2016]



- Clarificación de alimentos: Sinéresis mediante gelatina y frío*,
<<http://www.chefuri.com/v4/reportaje-clarificacion-de-alimentos-sineresis-mediante-gelatina-y-frio-216.html#>> [18-7-2016]
- CALVO, Miguel, *Agar*, MILK SCIENCE,
<<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/agar.html>> [12-9-2016]
- Claudi Mans, PÀGINES DE LA UAB, <<http://pagines.uab.cat/cienciaxllegir/content/claudi-mans>> [15-5-2016]
- Claudi Mans i Teixidó, HCUB – HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA (UB),
<http://www.ub.edu/hcub/?page_id=185> [10-5-2016]
- Emulsionantes*, MILK SCIENCES,
<<http://milksci.unizar.es/adit/emul.html>> [5-8-2016]
- Què és una emulsió?*, IES JOSEP VALLVERDÚ,
<<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnx0ZWNUb2xvZ2lhaWVzanZ8Z3g6NDc0MmUyYzAyNDM3ZjkxNA>> [5-8-2016]
- CARBALLISO, Samira, *Emulsionantes fisico química*, SLIDESHARE,
<<http://es.slideshare.net/samiracarballedo/emulsionantes-fisico-quimica>> [5-8-2016]
- GONZÁLEZ, Gerardo, *Mecanismos de desestabilización de una emulsión*, PREZI,
<https://prezi.com/57rgbtfyg0w_/mecanismos-de-desestabilizacion-de-una-emulsion/> [5-8-2016]
- CASTELLS, Pere, *El gas en els aliments*, CIÈNCIA I CUINA. TORRIBERA. UNIVERSITAT DE L'EXPERIÈNCIA,
<<http://hotellleidamam.com/w/wp-content/uploads/2014/03/140116-Escumes.-Rev-2.pdf>> [20-9-2016]
- Història de la tecnologia alimentària*, PLANTA DE TECNOLOGIA DELS ALIMENTOS UAB,
<<http://www.xtec.cat/se-vallesoccidental7/plaformacio/actualitzacio09/Historia-Tecnologia-Aliments.pdf>> [22-9-2016]
- ROMEROA, M., *Manual de cuina*, ESCOLA DE HOSTELERIA (GIRONA),
<http://www.xtec.cat/centres/b7001759/departam/cuina/romero/manual/1_filosi.pdf> [13-10-2016]
- WILSON, Erica, *Betalainas: colorantes con actividad antioxidante*, PROFITOCOOP,
<<http://www.profitocoop.com.ar/articulos/Betala%EDnas.pdf>> [24-9-2016]
- Metilcelulosa*, COCINISTA,
<<http://www.cocinista.es/web/es/enciclopedia-cocinista/ingredientes-modernos/metilcelulosa.html>> [13-10-2016]
- Remolatxa*, VIQUIPÈDIA,
<<https://ca.wikipedia.org/wiki/Remolatxa>> [2-8-2016]
- REUS, Montse, *La remolatxa*, ETS EL QUE MENGES,
<<http://www.etselquemenges.cat/rebot/la-remolatxa>> [2-8-2016]
- Cómo cultivar remolacha*, ECOHORTUM,
<<http://ecohortum.com/como-cultivar-remolacha/>> [2-8-2016]
- CALVO, Miguel, *Goma xantana*, MILK SCIENCE,
<<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/xantana.html>> [4-9-2016]
- Dr. ANGIOLONI, Alessandro, *La goma xantana en la Industria Alimentaria*, EPSA,
<http://www.aditivosalimentarios.es/php_back/portada/archivos/Xantana.pdf> [4-9-2016]



AGUIRRE, Íñigo, *Aplicaciones y usos de la goma xantana*, UMAMI MADRID,
<<http://www.umami-madrid.com/2008/03/12/aplicaciones-y-usos-de-la-goma-xantana/>>
[4-9-2016]

Elaboración de goma xantana, NANOQUIMICA,
<<http://nanoquimica.awardspace.com/Xanth2.html>> [4-9-2016]

Dr. PORTO, Samuel, *Agar-Agar*, AGARGEL,
<<http://www.agargel.com.br/agar-tec-es.html>> [12-9-2016]

Propiedades de las remolachas, BOTANICAL – ONLINE,
<<http://www.botanical-online.com/remolachas.htm>> [2-8-2016]

Hidrocol·loides, INGRECO,
<<http://www.ingreco.com/ca/productes/hidrocolloides/>> [12-9-2016]

Dr. ANGIOLINI, Alessandro, *Los hidrocoloides, aditivos de alta funcionalidad*, EPSA,
<http://www.aditivosalimentarios.es/php_back/noticias/archivos/EPSAempresasTF90.pdf>
[12-9-2016]

Esferificación, la técnica que inició la gastronomía molecular, UNA BIÓLOGA EN LA COCINA,
<<https://unabiologaenlacocina.wordpress.com/2015/03/11/esferificacion-la-tecnica-que-inicio-la-gastronomia-molecular/>> [30-8-2016]

Propietat organolèptica, VIQUIPÈDIA,
<https://ca.wikipedia.org/wiki/Propietat_organol%C3%A8ptica> [5-11-2016]

Termorreversible, DICCIONARIO INTERNACIONAL,
<http://diccionario-internacional.com/definitions/?spanish_word=thermoreversible>
[5-11-2016]

BOTIA, Mauricio, *aumentando la calidad y competitividad de la producción agroalimentaria en Honduras*, SLIDESHARE,
<<http://es.slideshare.net/FAMABOSI69/evaluacin-sensorial-23571405>> [3-9-2016]

Espuma, IALIMENTOSLEM1,
<<https://ialimentoslem1.wordpress.com/2013/12/10/v-espuma/>> [25-10-2016]

Introducción a la cocina de autor, fusión y molecular, GASTRONLAB,
<<http://gastronlab.blogspot.com.es/2010/01/introduccion-la-cocina-de-autor-fusion.html>>
[7-8-2016]

Polimerizaciones-Sferificaciones, CLUSTER: DIVULGACIÓN CIENTÍFICA,
<<http://cluster-divulgacioncientifica.blogspot.com.es/2011/12/polimerizaciones-sferificaciones.html>> [30-8-2016]

Análisis Sensorial: Una Herramienta para la Calidad Alimentaria, FUNDACIÓN GENERAL DE LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (Funge UVa),
<<https://formacion.funge.uva.es/cursos/analisis-sensorial-una-herramienta-para-la-calidad/>>
[3-9-2016]

La fundació Alícia, ALÍCIA,
<<http://www.alicia.cat/ca/>> [25-6-2016]

Hidrofòbia, VIQUIPÈDIA,
<<https://ca.wikipedia.org/wiki/Hidrofòbia>> [30-10-2016]

Goma de garrofin, COCINISTA,
<<http://www.cocinista.es/web/es/enciclopedia-cocinista/ingredientes-modernos/goma-de-garrofin.html>> [31-10-2016]



Hidrofòbia, VIQUIPÈDIA,

<<https://ca.wikipedia.org/wiki/Hidrofòbia>> [31-10-2016]

DOMINGUEZ, Josy, *Determinación del pH*, QUIMICA III PLANTEL VALLEJO,

<<http://cchvallejoquimica.blogspot.com.es/2012/11/practica-ii-determinacion-del-ph.html>> [1-11-2016]

Desgomado, SLIDESHARE,

<<http://es.slideshare.net/fundaunipap/desgomado>> [1-11-2016]

Posibles errores al hacer esferificaciones, COCINISTA,

<<http://www.cocinista.es/web/es/recetas/cocina-molecular/esferificaciones/posibles-errores-al-hacer-esferificaciones.HTML>> [21-9-2016]

Espumas con sifón, GADGETS&CUINA,

<http://blog.gadgetsuina.com/es/blogs/espumas-con-sifn/?_ga=1.126977349.994458877.1472909270> [7-7-2016]

Cómo utilizar el sifón para espumas, GADGETS&CUINA,

<http://blog.gadgetsuina.com/es/blogs/cmo-utilizar-el-sifn-para-espumas/?_ga=1.126977349.994458877.1472909270> [22-9-2016]

Cocina molecular, NIKI MOLECULAR,

<<http://nikimolecular.blogspot.com.es>> [3-10-2016]

Análisis sensorial de alimentos, VIQUIPÈDIA,

<https://es.wikibooks.org/wiki/Análisis_Sensorial_de_Alimentos/Instalaciones_de_prueba> [10-10-2016]

Solució tampó, ENCICLOPÈDIA CATALANA,

<<http://www.enciclopedia.cat/EC-GEC-0220037.xml>> [8-12-2016]

Adsorció, TERMCAT,

<<http://www.termcat.cat/ca/Cercaterm/>> [8-12-2016]

La majoria de definicions del glossari han estat extretes del Diccionari de la llengua catalana (DIEC2) de l'Institut d'Estudis Catalans:

<<http://dlc.iec.cat>> [3-12-2016/ 6-12-2016]



10- Annexos

10.1- Annex 1. Elaboració de la nostra base de suc de remolatxa

10.1.1- Elaboració dels suc 1, 2 i 3

OBJECTIU

Preparar 11 L de base de remolatxa (suc), que servirà per a les pràctiques d'escumes i esferificacions.

MATERIAL I REACTIUS

- 6 kg de remolatxa
- 7,5 L d'aigua envasada
- Balança electrònica de cuina
- Ganivet sense serra
- Batedora
- Got graduat d'1 L
- Bol de vidre gran
- Carmanyoles de plàstic i de vidre
- Recipient gran de plàstic per homogeneïtzar el suc
- Fogó



Figura 78. Material i reactius (font pròpia).

PROCEDIMENT

Aquests suc es preparen seguint els passos següents:

1. Rentar i pelar les remolatxes. Posteriorment, tallar-les a daus d'aproximadament 4 cm x 4 cm x 4 cm.
2. En una balança prèviament tarada, posar la remolatxa fins que hi hagi 1,5 kg exactes.
3. En un bol apart, mesurar la massa de la quantitat d'aigua que s'haurà de posar, també en una balança prèviament tarada, fins que marqui 5,625 kg d'aigua.

La proporció que s'ha de posar és de 300 g de remolatxa per cada 375 g d'aigua. Per tant vam posar 5,625 kg d'aigua pels 4,5 kg de remolatxa.

$$4,5 \text{ kg remolatxa} \cdot \frac{0,375 \text{ kg aigua}}{0,300 \text{ kg remolatxa}} = 5,625 \text{ kg aigua}$$

4. Abocar tant la remolatxa com l'aigua en una olla gran.
5. Bullir el producte durant 40-45 minuts amb tapa per evitar el mínim escapament possible de vapor d'aigua.
6. Triturar finament amb la batedora la remolatxa bullida amb l'aigua amb la qual s'ha bullit.
7. Congelar en carmanyoles de plàstic (*tapers*) de 250 cm³, 500 cm³ i 1 dm³ de capacitat els 11 L finals de suc i etiquetar.

RESULTATS

Finalment vam obtenir 11 L de suc de remolatxa el qual serà colat per filtres de diàmetre diferent per a obtenir els suc 1, 2 i 3.



Figura 79. Procediment del suc (1 ,2, 3) de remolatxa (font pròpia).

10.1.2- Elaboració del suc 4

OBJECTIU

Preparar el suc 4 a partir de l'aigua obtinguda de l'ebullició de la remolatxa, el qual únicament utilitzarem per a la realització d'aïres.

MATERIAL I REACTIUS

- | | |
|---------------------|-------------------------------------|
| – Remolatxa | – Olla gran amb tapa |
| – Aigua | – Bol de vidre gran |
| – Ganivet llis | – Carmanyoles de plàstic i de vidre |
| – Batedora | – Fogó per cuina |
| – Got graduat d'1 L | |

PROCEDIMENT

1. Rentar i pelar les remolatxes. Posteriorment tallar-les a daus d'aproximadament 4 cm x 4 cm x 4 cm.
2. Abocar una quantitat no específica de remolatxa a l'olla conjuntament amb aigua.
3. Bullir el producte durant 40-45 minuts amb tapa per evitar el mínim escapament possible de vapor d'aigua.
4. Escórrer el líquid amb un colador de forats gruixut. En aquest cas utilitzarem l'aigua del producte i no pas la remolatxa.
5. Envasar l'aigua de la remolatxa (suc 4) en una carmanyola de 2,4 L i etiquetar.

RESULTATS

Vam aconseguir recollir en total 2,4 L d'aigua de remolatxa, que anomenem com a suc 4.

10.1.3- Elaboració del suc 5

Contra pronòstic, després de molts intents per aconseguir una escuma densa i consistent amb aquests suc i no tenir èxit, vam decidir contactar amb professionals com el Sr. Pere Castells per demanar la seva opinió. Finalment, vam concloure que no obteníem escuma ja que la remolatxa no s'ha de bullir per tal d'evitar l'eliminació dels agents escumants que conté la pròpia hortalissa.



OBJECTIU

Realitzar el suc 5 aconseguit mitjançant la liquació de remolatxa crua.

MATERIAL I REACTIUS

- | | |
|-------------|--------------------------------|
| – Remolatxa | – Vas de precipitats de 250 mL |
| – Ganivet | – Cullera |
| – Liquadora | – Bol de vidre gran |

PROCEDIMENT

1. Rentar i pelar les remolatxes. Posteriorment tallar-les a daus d'aproximadament 4 cm x 4 cm x 4 cm.
2. Introdur els daus de remolatxa a la liquadora.
3. Abocar el suc liquat en un bol de vidre gran.

RESULTATS

Com a resultats podem dir que hem obtingut un suc que ens permetrà elaborar escumes.



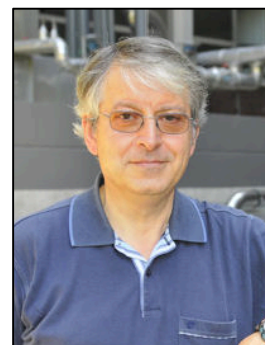
Figura 80. Suc 5 (font pròpia).



10.2- Annex 2. Reunió amb el Dr. Claudi Mans

Un cop decidit que l'àmbit en el qual volíem enfocar el nostre treball de recerca era la cuina moderna, necessitàvem concretar i buscar un tema específic. D'aquesta manera, ens vam informar sobre les persones més rellevants en aquest món i vam contactar amb elles.

Claudi Mans és doctor en Química per la Universitat de Barcelona i no només és catedràtic emèrit del departament d'Enginyeria Química de la Universitat de Barcelona sinó també és col·laborador del campus de l'Alimentació de Torribera. Cal remarcar la seva gran divulgació científica, ja que publica articles, manté blogs, fa conferències divulgatives en congressos i escriu llibres, tot destacant-ne *"La truita cremada"* i *"Esferificaciones y macarrones"*.



Després de fer un intercanvi d'uns quants correus amb el Dr. Mans, aquest va tenir l'amabilitat de rebre'ns en persona a la Sociedad Española de Químicos Cosméticos el dia **17 de maig de 2016**. Un cop allà, li vam explicar la nostra idea principal sobre centrar el treball en la cuina moderna. Abans de la reunió amb ell ja ens havíem informat sobre el tema, tot llegint el seu llibre *"Esferificaciones y macarrones"*.

Nosaltres ens havíem endinsat en un món amb un ventall molt ampli de propostes i experiments a realitzar. Per això, ens va aconsellar que acotéssim el tema ja que les nostres idees eren massa disperses i calia focalitzar-nos en un sol àmbit. Gràcies a aquest suggeriment, ens vam començar a plantejar centrar-nos en les tècniques més utilitzades en la cuina moderna com serien les esferificacions, escumes, gelatines, etc. La nostra curiositat anava augmentant a mesura que parlàvem amb ell. Ens va fer plantejar coses que no havíem pensat abans i veure la cuina no només com el simple fet de nodrir-nos, sinó també veure com la ciència està involucrada en tots els nostres moviments.

Després de parlar amb el Dr. Claudi Mans, teníem clar que ens volíem centrar en les tècniques de la cuina moderna i treballar solament amb un aliment. Des d'aquell moment, hem anat desenvolupant les nostres idees seguint el consell del Dr. Mans, fixant la nostra atenció en un tema concret i intentant no sortir-ne.

En Claudi Mans ens va aconsellar al final d'aquesta reunió que un aliment adequat per a treballar la cuina moderna podia ser la pastanaga. Així que, a partir d'aquest moment, vam anar pensant en aquest vegetal i en d'altres; finalment ens vam decantar per la **remolatxa**. En aquesta reunió també es va parlar de les esferificacions; així que el dia 17 de maig de 2016, semblava que el nostre treball es decantaria cap a l'estudi de les **esferificacions de remolatxa**.

Tot i ser un món molt apassionant, s'ha de saber acotar i decidir les nostres prioritats i objectius, així que en Claudi Mans no va dubtar en fer-nos saber que podíem comptar amb ell per qualsevol qüestió que ens sortís al llarg del projecte.



10.3- Annex 3. Reunió amb l'Axel Bidon-Chanal

A mesura que avançàvem en el treball, vam començar a dissenyar pràctiques amb la intenció de realitzar un estudi enfocat a la pèrdua de nutrients per part dels aliments, quan aquests estan sotmesos a alguna tècnica de cuina molecular. La nostra tutora ens va aconsellar que contactéssim amb la Dra. Anna Isabel Castellote, responsable de Bromatologia ¹⁶ al departament de Nutrició, Ciències de l'Alimentació i Gastronomia de la Universitat de Barcelona, i així ho vam fer. La Dra. Castellote ens va redirigir al Dr. Axel Bidon-Chanal donat que va creure més oportú que contactéssim amb ell ja que el tema que nosaltres volíem desenvolupar tenia més a veure amb el seu àmbit de treball.



Així, vam quedar el dia **7 de setembre de 2016** al Campus de l'Alimentació de Torribera (UB) amb l'Axel Bidon, qui ens va rebre amb els braços oberts i molt disposat a oferir-nos la seva ajuda en qualsevol aspecte del treball. Després de reunir-nos amb ell vam arribar a la conclusió que ens volíem centrar en les **escumes**, una de les tècniques menys estudiades i treballades de la cuina molecular. El Dr. Bidon ens va mostrar hàbilment totes les possibilitats que oferien les escumes, donat que hi ha un ventall molt ampli en quant a propietats que podrien ser estudiades. D'aquesta manera, vam aprofitar l'oportunitat d'innovar en la nostra recerca. I vam començar a pensar en **escumes de remolatxa**.

Així, les pràctiques realitzades en aquesta memòria van ser suggerides pel Dr. Bidon i lleugerament modificades per nosaltres, per tal que fossin més còmodes i fàcils de realitzar a la cuina de casa nostra, la qual ha estat el nostre laboratori durant aquests durs mesos de treball.

Al llarg del treball va ser possible la continuïtat de la nostra relació via correus electrònics, i ens va ser de gran ajuda quan ens trobàvem en situacions complexes si una pràctica no complia les nostres expectatives i no trobàvem els errors que havíem comés. Finalment, gràcies a la seva amabilitat i coneixement ens ha estat possible aconseguir uns bons resultats de pràctiques a la segona o tercera vegada de realitzar-los.



Figura 81. Reunió al Campus de l'Alimentació de la UB (font pròpia.)

¹⁶ Ciència dels aliments.



10.4- Annex 4. Curs d'esferificacions inverses

Per endinsar-nos al món de la cuina molecular vam inscriure'ns en un curs impartit per l'Aula Gastronòmica¹⁷, dirigit per la Fátima Gismero, el dia 3 de juny de 2016. Allà vam tenir l'oportunitat de realitzar tres esferificacions i aprendre de professionals, els quals ens van donar consells culinaris. Les tres esferificacions que vam dur a terme van ser les que a continuació es comenten. En aquest curs partíem d'un dossier molt pautat on s'explicaven tots els passos que s'havien de seguir; aquí obviem explicar tot el procediment, ja que en el nostre treball de recerca ja s'expliquen les esferificacions inverses.

- **Esferificació de yuzu i mango**

Inicialment, vam tenir problemes per fer l'esferificació en si, ja que a l'hora de treure-la del bany d'alginat de sodi se'ns trencava. Això és causat per la manca de temps en què l'esferificació es troba al bany, per tant no s'acaba de gelificar i la capa de gel era tan prima que l'esferificació no sortia sencera.

- **Esferificació de vinagre de Mòdena i or**

Ens va resultar la més fàcil de fer ja que el producte era menys viscos i a l'hora de tirar-lo al bany no quedaven restes a la cullera i per tant, no quedaven filaments.

- **Esferificació de iogurt**

Vam tenir dificultats al procés de formar l'esfera perquè era la més viscosa i si es deixava molt de temps al bany, es formava una capa de gelatina molt gruixuda.

Consells per una bona realització d'esferificacions

- Utilitzar aigua envasada amb una baixa concentració en sals. No es pot usar aigua de l'aixeta a causa de la seva alta concentració en minerals.
- Cada cop que s'acaba de fer una esferificació, cal netejar molt bé la cullera del producte, fet essencial per a la realització d'una bona esferificació.
- Quan s'extreu l'esferificació del bany amb la cullera colador, no rascar el paper a l'eixugar la cullera, donat que té forats i es pot trencar l'esferificació.
- La data de caducitat de l'esferificació és la mateixa que la dels aliments dels quals està feta. De manera que si es fan esferificacions de mozzarella avui, demà ja no seran aptes per al consum, però si es fan d'olives, aquestes duraran més dies.
- No es pot tirar el bany d'alginat de calci a la pica perquè es gelifica i s'encalla.
- Els banys i els productes han de tenir una tarda de repòs.



Figura 82. Material específic d'esferificacions (font pròpia).



Figura 83. Fátima Gismero fent la classe d'esferificacions a l'Aula Gastronòmica (font pròpia).

¹⁷ L'Aula Gastronòmica és una empresa fundada l'any 2006 per un equip de professionals i amants de la gastronomia amb l'objectiu d'oferir un espai on ampliar i difondre els coneixements culinaris. Es troba a la ciutat de Barcelona.



Problemes que poden sorgir durant l'elaboració d'una esferificació

- L'esferificació es pot assecar, comença a arrugar-se i la gelatina s'enganxa al paladar, fet que fa una experiència desagradable quan es menja, ja que s'haurà de mastegar la gelatina.
- Si l'esferificació flota completament en el bany significa que hi ha aire a dins, i és aconsellable afegir xantana al producte per augmentar-ne la densitat. Aquest aire sorgeix a causa de batre amb el batedor d'immersió i no deixar una tarda de repòs.
- Si el bany es taca, s'haurà de colar.

Conclusions i opinió personal

Per finalitzar, aquest taller ens ha estat de gran ajuda de cara a iniciar el nostre treball i ens ha obert els ulls a un univers desconegut fins fa poc que contemplem amb sorpresa. El curs de l'Aula Gastronòmica ens ha permès aprofundir sobre les esferificacions i poder-ne realitzar nosaltres mateixes amb l'ajuda de professionals. Consegüentment, ens han pogut aconsellar i donar-nos petits secrets per obtenir una bona esferificació.

Personalment, hem trobat captivador tot aquest món que ofereix unes possibilitats meravelloses. Gràcies a aquest curs, ens hem familiaritzat amb tot el material culinari i necessari per dur a terme les esferificacions; i hem conegut a la Fàtima Gismero, que es va oferir a resoldre els dubtes que tinguéssim en la realització del nostre treball de recerca. En definitiva, hem guanyat coneixements i seguretat per poder realitzar les esferificacions al laboratori del nostre institut i estar ja pendents dels problemes que poden sorgir i molts dels trucs que es poden dur a terme en cas que hi hagi imprevistos.



Figura 84. Esferificacions de vinagre de Mòdena i or, iogurt i yuzu i mango (font pròpia).



Figura 85. Component del grup realitzant una esferificació (font pròpia).



Figura 86. Preparació de la pràctica d'esferificacions (font pròpia).



Figura 87. Preparació de la pràctica d'esferificacions (font pròpia).



10.5- Annex 5. Visita a la Fundació Alícia

El 27 de juny de 2016 vam assistir a una visita guiada per les instal·lacions de la Fundació Alícia localitzada a Sant Fruitós del Bages. La fundació Alícia, d'**Alimentació i ciència**, és un centre amb vocació social, dedicat a la innovació tecnològica en la cuina, a la millora dels hàbits alimentaris i a la valoració del patrimoni agroalimentari. El seu patronat està format per la Generalitat de Catalunya i la Fundació Catalunya - La Pedrera.



A més, compta amb la complicitat i col·laboració dels millors cuiners i destacats científics com el Claudi Mans qui ha participat en diversos articles i Pere Castells qui ha estat una figura molt emblemàtica en aquest projecte fundat l'any 2003. La Fundació Alícia juntament amb La Fundació Catalunya - La Pedrera col·laboren i comparteixen les àrees d'actuació: impuls social, cultura, territori i medi ambient, coneixement i alimentació.

Durant la visita, ens van passar una presentació on destacaven els objectius d'Alícia. La Fundació Alícia treballa per ser un referent en l'àmbit de la recerca aplicada a la gastronomia, un lloc on es generen idees sobre alimentació i cuina i per últim, un espai per crear consciència social sobre la importància de l'alimentació com a fet cultural i com a factor educatiu.

Tanmateix, aquesta fundació investiga les transformacions dels productes aplicant tècniques culinàries específiques o noves tecnologies, fent servir el coneixement científic aplicat a la cuina.

Personalment, aquesta visita ens va servir per veure com treballen experts que es dediquen a la tecnologia dels aliments o en altres àmbits dins de la relació entre la ciència i la cuina. Les instal·lacions estaven molt ben equipades i vam ser capaces de fer un tomb per la cuina i veure tècniques com el rotaval i visitar l'hort de Sant Benet.

Com a conclusió d'aquesta experiència podem dir que no ens va ajudar de cara al nostre propi treball però ens va mostrar diferents sortides professionals dins la química i la bromatologia. Pensem que com que la vam realitzar molt al principi, ens va donar l'empenta que necessitàvem per continuar i escollir un camí o un altre.



Figura 88. Components del grup a l'entrada de la cuina de Fundació Alícia (font pròpia).



Figura 89. Cuina de la Fundació Alícia (font pròpia).



10.6- Annex 6. Entrevista a en Joan Roca

Joan Roca és el xef del restaurant gironí *El Celler de Can Roca*, catalogat com el millor restaurant del món el 2013 i 2015 per la revista britànica *The Restaurant Magazine*.

Vam escriure un missatge a en Joan Roca i ens va contestar i concedir una entrevista que es va fer en persona, aquesta va tenir lloc el divendres 16 de setembre de 2016 la qual es va poder gravar i ara, a continuació es transcriu. Per a nosaltres va ser molt emotiu poder fer una entrevista tan entranyable a una persona tan senzilla i alhora tan important dins el món de la cuina moderna.



1. Com va prendre la decisió de dedicar-se a aquest tipus de cuina?

No hi ha un moment en què prens una decisió de dedicar-te a un tipus de cuina o a una altra, ja que el més important és saber que vols ser cuiner. Ja de petit ajudava la mare a la cuina, on em trobava còmode i m'agradava. Després de molt temps, vas prenent camins que et porten cap a un estil de cuina concret, d'una manera gairebé inconscient i sempre dins d'una certa evolució de la teva manera d'entendre l'ofici.

2. Com definiria la cuina que fa en dues o tres paraules?

Si l'he de definir en dues o tres paraules diria: catalana, evolutiva, i amb constant diàleg amb la ciència i amb els petits productors de proximitat.

3. Per trobar informació a Internet utilitzem el terme "cuina molecular". És correcte?

Aquesta paraula no agrada a la majoria de cuiners, incloent-m'hi a mi. Això és perquè moltes vegades s'utilitza amb un to despectiu, volent fer entendre que això que fem és física i química de la dolenta. Tampoc tenim res en contra la paraula molecular, és una paraula molt digna perquè al final tot és molecular i no té sentit que no la volguéssim incorporar. Personalment, m'agrada més dir-ne cuina evolutiva, moderna o cuina que dialoga constantment amb la ciència.

4. Quina és la seva font principal d'inspiració a l'hora de crear un plat?

La memòria, la tradició, l'academicisme, els paisatges, els viatges, el cromatisme i l'aroma del vi.

5. Qui considera el pare de la cuina moderna?

El Ferran Adrià ha estat qui ha trencat tots els esquemes i el primer que va innovar cap a aquest àmbit i crec que és obvi que és un personatge clau a la història de la gastronomia recent.

6. Els seus gustos interfereixen a l'hora de crear els diferents plats?

Totalment. Els meus germans i jo que ens entenem bé, i per tant hi ha un consens en els plats que tanquem. És obvi que els gustos personals influeixen, ja que són el fruit de moltes vivències acumulades a la memòria, que és el que configura el teu gust. És per això que no n'hi ha prou amb què el plat només sigui bo, és evident que ha de ser bo, però a més a més el plat ha de poder transmetre alguna cosa al client, ja sigui alguna cosa de la teva infància, d'algun viatge, de la teva cultura... Tot això és el que volem transmetre amb la cuina.

7. Quins són els àmbits de la seva feina que gaudeix més fent? I els que menys?

La part que més ens agrada és la creativitat, la part on nosaltres treballem al nostre criteri. Cada dimarts fem tallers per plantejar idees noves on participa un grup ben divers d'especialistes. La sort que tenim és treballar en la feina que volem i, per tant, no hi ha gaire aspectes negatius. Som afortunats de treballar en aquest restaurant, el qual ens ha costat



molt esforç i no el canviaríem per res, ni de lloc. La gent ve amb la ment oberta, amb el cor obert i amb ganes que els donem menjar. A més, tenim un reconeixement que mai hauríem imaginat poder tenir. No podem demanar res més.

8. De quin plat se sent més orgullós fins al dia d'avui?

És difícil de contestar. En altres paraules, és com els fills. “Quin fill t’estimes més?” Els estimes a tots igual, i amb els plats és una mica el mateix. N’hi ha un, però, que vam fer l’any 2005 que era una ostra amb destil·lat de terra. Va ser un plat bastant icònic i revolucionari perquè vam introduir a la cuina un element que no s’havia utilitzat mai, la terra. És a dir, vam fer un “mar i muntanya” probablement el més minimalista i radical que s’ha fet mai.

9. Amb quina tècnica li agrada més treballar?

Totes són útils, potser seria la tècnica que nosaltres hem ajudat a difondre que és la cuina al buit a baixa temperatura. Des de fa 20 anys l’estem treballant, publicant llibres i desenvolupant eines per poder-la utilitzar.

10. S’ha fet alguna anàlisi exhaustiva per veure quins nutrients es perden d’un plat tradicional a un plat de cuina moderna?

No ho crec. És més, el que fan les tècniques modernes és preservar els nutrients millor, donat que els processos són molt més respectuosos amb el producte que els de la cuina tradicional. No s’ha fet, però imagino que els resultats sortirien millor amb la cuina moderna.

11. Tenint en compte la subjectivitat de cada individu, com s’aconsegueixen respostes objectives en les anàlisis sensorials? Diria que la textura és l’aspecte més important?

Mai serà objectiu perquè sempre serà la percepció de cada persona. És difícil objectivar els sabors i la combinatòria de plats. Crec que tot és crucial, encara que va haver-hi un moment que es pensava que la textura era prioritària. No obstant això, jo sempre he pensat que el més important era i és el sabor, més enllà de la conceptualització del plat.

12. On creu que pot arribar la cuina moderna en un futur?

Nosaltres ens inspirem en la cuina tradicional, beu de les fonts de la innovació per anar adaptant i avançant en els processos i les receptes. La *termomix*, per exemple, fa trenta anys era una màquina molt excepcional de l’alta cuina i ara la trobem a totes les llars com un utensili més. En resum, seguirà evolucionant com tot en aquesta vida.

13. Qui podria considerar el pare de la cuina moderna a Catalunya?

El Ferran Adrià és el que ha trencat els esquemes a favor de la innovació i diàleg amb la ciència. Crec que és obvi que és un personatge clau en la història de la gastronomia recent que ha canviat el món de la cuina.

14. Guarda cap record entranyable d’algun client?

Sí, i tots relacionats amb els sentiments. Des de clients que s’han emocionat i que t’han dit que era el millor àpat de la seva vida, fins a gent que amb llàgrimes als ulls t’ha dit que recordaria sempre aquest dia. Un record molt tendre que tinc és la Patty Smith cantant a la cuina. La nostra feina és efímera i, per tant, el que queda és la memòria.

15. Té cap ingredient que mai falta en els seus plats?

Probablement l’oli d’oliva extra verge. És un fil conductor de la nostra cuina i nosaltres l’utilitzem molt.



16. Quin procés es duu a terme fins arribar al plat definitiu?

Primerament hi ha la idea que es genera en el diàleg, es fa a la masia. A continuació, es porta a una petita cuina, el “Rocalab”, que bàsicament és un espai de proves. La idea es converteix en un prototip i aquest, es va provant fins que al final es tanca i es dona per bo. Després, entra dins de la cadena productiva d’una cuina organitzada amb àrees per les quals passarà el plat. En definitiva, hi ha tota una sèrie de processos fins que finalment el plat acaba sortint a la sala.

“Al final l’èxit a la vida no és tenir reconeixement ni sortir als diaris ni que et donin un premi, sinó l’èxit a la vida real és ser feliç fent el que t’agrada fer ”- Joan Roca



Figura 90. Fotografia presa a la cuina del Celler de Can Roca (font pròpia).



10.7- Annex 7. Passos per a l'ús d'un sífó

1. Omplir el recipient amb la mescla líquida: ha d'incloure algun producte bàsic per muntar escumes amb sífó (greix, fècula, albúmina). El líquid ha d'estar perfectament colat per una "superbag". S'ha de respectar la línia de càrrega màxima del sífó, ja que sempre s'ha de deixar un mínim espai per l'entrada d'aire provinent de les càmeres de gas. És recomanable omplir més de la meitat de la seva capacitat però menys de les tres quarts parts.
2. Enroscar el capçal net i les vàlvules correctament fixades.
3. Col·locar la càrrega de gas dins del dipòsit de càrregues: la boca de la càrrega s'ha de situar cap a fora del dipòsit per així entrar en contacte amb la vàlvula del capçal i travessar el gas.
4. Col·locar el dipòsit de la càrrega dins del capçal: el sífó s'ha de girar boca avall prèviament i posar el dipòsit de càrregues des de sota.
5. Agitar enèrgicament el sífó per assegurar-se que el gas es distribueix per tot el líquid.
6. Temperatura: Escumes fredes: conservar a la nevera o en una glaçonera durant 3 hores. Escumes calentes: mantenir-les calentes al bany Maria a 60-70°C si s'utilitza d'immediat.
7. Servir: disposar el sífó cap per avall, totalment vertical i pressionar la palanca fins que surti l'escuma.
8. Netejar el sífó.



A: **tapa de goma** → manté el gas dins del recipient. Impedeix que s'escorri pels laterals.

B: **part buida** → està plena de gas que empeny el líquid cap a l'exterior.

C: a l'introduir la càrrega de gas, la pressió augmenta i l'òxid nítrós (N_2O) es dissol en el líquid.

D: mantenir el sífó cap per avall.

E: **tovera** → conducte perfilat adequadament per tal que el fluid que hi circula augmenti la pressió amb disminució de la velocitat.

F: escuma

G: **vàlvula de precisió** → mesura el flux enèrgic del líquid.

H: **càrrega de gas** → conté l'òxid nítrós.

Figura 91. Parts d'un sífó (extreta del llibre "Modernist Cuisine").



10.8- Annex 8. Introducció als conceptes de pH i àcid-base

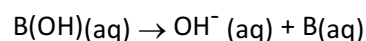
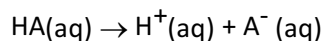
Malgrat no haver estudiat encara aquests conceptes al nivell que ens són necessaris dins la matèria de Química, és de vital necessitat comprendre els diversos conceptes que s'expliquen a continuació per a la realització de la nostra pràctica 4.

La paraula pH és una abreviatura de *pondus Hydrogenium* que significa literalment el pes de l'hidrogen. Cal esmentar que el concepte d'àcid i base s'ha anat modificant al llarg de la història, a mesura que la ciència ha anat evolucionant. D'aquesta manera ens trobem amb diverses teories que han anat remodelant-se.

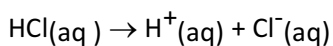
10.8.1- Teories d'àcid-base

10.8.1.1- Teoria d'Arrhenius (1884)

L'any 1884 Svante August Arrhenius va plantejar la primera explicació rigorosa sobre la naturalesa dels àcids i les bases. Segons ell, "un àcid és qualsevol substància neutra que, en solució aquosa, és capaç d'alliberar ions H^+ ; mentre que una base és tota substància que en aquesta situació allibera ions OH^- ".



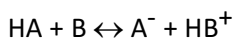
Així, un exemple d'àcid seria el següent:



Aquesta teoria, però, aviat va resultar insuficient. Certs aspectes com la restricció a solucions aquoses, o que no explica perquè substàncies que no contenen ions OH^- , com l'amoníac (NH_3) o l'ió carbonat (CO_3^{2-}) tenen propietats bàsiques, quedaven sense resoldre.

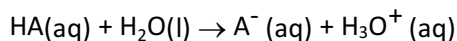
10.8.1.2- Teoria de Brönsted i Lowry (1923)

En conseqüència, l'any 1923 Johannes Brönsted i Thomas Lowry va proposar independentment un concepte més ampli d'àcid i base. D'acord amb les seves definicions, "un àcid és tota espècie química capaç de cedir protons a una altra espècie química, i una base és tota espècie química capaç de captar o acceptar protons."



Per entendre les seves teories, cal establir el paper de l'aigua, de propietats amfipròtiques*. Així, en medi àcid l'aigua actua com una base i, en canvi, en medi bàsic actua com un àcid. Vegem-ho:

Aigua en medi àcid:





Aigua en medi bàsic:



Però hi ha substàncies que tenen molta facilitat en intercanviar aquests protons (o hidrògens) i n'hi ha que els costa més. D'aquesta manera podrem distingir àcids o bases forts i àcids o bases dèbils, respectivament. La majoria d'àcids orgànics, però, formen part del darrer grup.

El fet que els costi cedir aquets protons fa que els àcids dèbils no es trobin completament dissociats, sinó que les molècules d'àcid dissociades i les no dissociades tendeixin a un equilibri determinat per una constant (K).

Per a solucions diluïdes, la concentració d'aigua $[H_2O]$ es considera constant i s'inclou en el valor de la constant. En aquest cas la constant s'anomena constant d'acidesa (K_a). Com a conclusió es pot dir que com més gran sigui la constant d'acidesa, més gran serà la força de l'àcid.

Però aquesta nova teoria àcid-base de Brønsted i Lowry es redueix a les substàncies que contenen hidrogen i per això va acabar sent ampliada per Lewis. Aquest va afirmar que el que es transfereix no són protons, sinó electrons. No obstant això, aquesta última teoria no és l'objecte d'estudi en el nostre treball, així que no s'explica.

10.8.2- Determinació del pH

Per determinar l'acidesa o la basicitat d'una solució diluïda n'hi ha prou amb conèixer la concentració d'ions oxoni $[H_3O^+]$. Generalment aquesta concentració és molt petita i s'expressa per una potència de 10 amb exponent negatiu. L'any 1909, el bioquímic danès Peter Lauritz Sorensen, suggerí una escala logarítmica o escala de pH per expressar la concentració d'ions oxoni d'una manera senzilla. Així, el pH és el logaritme decimal, canviat de signe, del valor numèric corresponent a la concentració dels ions oxoni:

$$pH = -\log [H_3O^+]$$

Però també es pot expressar segons la concentració de protons o ions hidrogen:

$$pH = -\log [H^+]$$

Anàlogament, es defineix pOH:

$$pOH = -\log [OH^-]$$

La relació entre el pH i el pOH s'estableix, a 25°C, de la següent manera:

$$pOH + pH = 14$$

L'escala de pH més comuna és la representació del valor d'aquest en una recta numèrica que va del 0 al 14, malgrat pugui ser inferior i superior. Al punt mig, el valor és 7 i correspon a les solucions neutres. Com més alt sigui el valor del pH (7-14), més bàsica serà la substància. Per contra, com més baix sigui el pH (0-7), la substància serà més àcida.

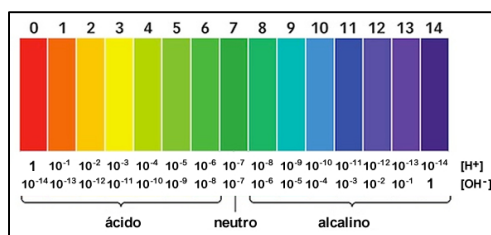


Figura 92. Escala de pH.

Així doncs, el valor del pH de la remolatxa es troba entre els 4,9 i 5,6 i per tant, podem dir que la remolatxa té un medi àcid. D'altra banda, el nostre suc de remolatxa sense additiu, tenia un pH de 6,22.

10.8.3- Passos per calibrar un pHmetre:

1. Submergir la punta de l'elèctrode (part inferior 4 cm) en una mostra tampó de pH 7,01 a temperatura ambient. Deixar establir la lectura.
2. Ajustar el potenciòmetre pH 7 amb un tornavís petit fins que aparegui "7,01" a la pantalla.
3. Rentar l'elèctrode amb aigua destil·lada i submergir en una solució tampó pH 4,01. Deixar que la lectura s'estabilitzi.
4. Ajustar el potenciòmetre de pH 4/10 fins que la pantalla mostri el valor tampó escollit.

Es recomana als usuaris que abans d'utilitzar el producte, assegurar que és apropiat per al medi en el qual serà utilitzat. El funcionament d'aquests instruments en zones residencials podria causar interferències inacceptables a equips de radio i televisió. L'ampolla de vidre en l'extrem de l'elèctrode de pH és sensible a descàrregues electrostàtiques. S'ha d'evitar tocar aquesta en tot moment. Durant la utilització de l'instrument s'hauran de portar canellera ESD per evitar possibles danys a la sonda per descàrregues electrostàtiques. Per tal d'evitar danys i cremades, convé no efectuar cap mesura en forns i microones.



Figura 93. Muntatge del pHmetre (font pròpia).

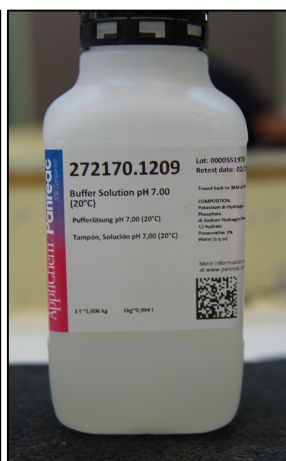


Figura 94. Dissolució tampó (font pròpia).



10.9- Annex 9. Anàlisi sensorial

Els cinc sentits sempre han estat i seran l'eina més important a l'hora d'avaluar la qualitat dels aliments que ingerim, ja que mitjançant l'olfacte, la vista, el tacte, el gust i fins i tot l'oïda, som capaços de diferenciar-ne les característiques pròpies, és a dir, les propietats organolèptiques*. A més a més, aquesta valoració i determinació de qualitats és el que ens permet distingir els diversos queviures.

Arran d'això, la tècnica de l'anàlisi sensorial va néixer durant la Segona Guerra Mundial degut a la necessitat que les racions alimentàries proporcionades als soldats fossin desitjables. Avui en dia és considerada una eina imprescindible que ens permet conèixer la percepció i els mecanismes de respostes dels éssers humans davant als estímuls generats per la ingesta dels aliments, és per això que és una prova molt utilitzada per empreses relacionades amb el món alimentari.

A l'hora de fer una anàlisi sensorial és necessari seguir unes pautes determinades per impedir que certs factors influeixin en el tast dels aliments. A tall d'exemple, es recomana fer les proves sensorials entre les 11.00-13:00 o 17:00-18:00, és a dir, lluny dels àpats per impedir que el tastador es vegi influït per la seva sensació de gana. Altres recomanacions a seguir és una temperatura constant d'entre 18°C a 23°C, i evitar l'ús de perfums que interfereixin l'olor i l'aroma del producte.

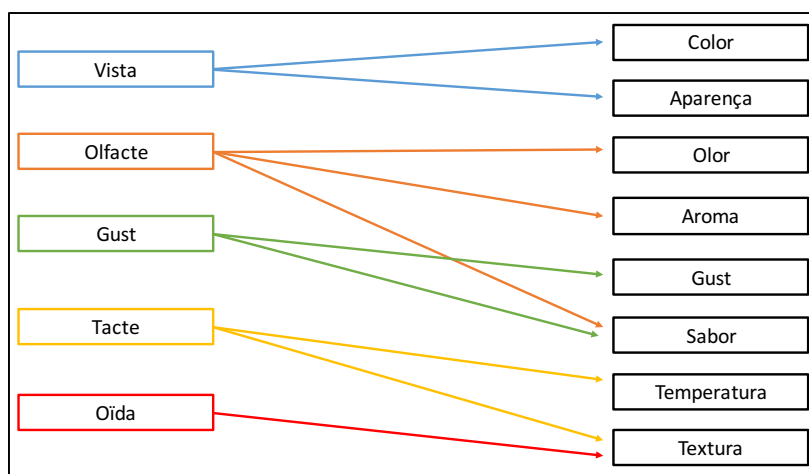


Figura 95. Relació entre els atributs sensorials i els sentits.

10.9.1- PRÀCTICA 8. La nostra anàlisi sensorial

Seguidament, es mostra una taula que recull l'anàlisi sensorial de tres de les escumes realitzades en pràctiques anteriors. Aquestes escumes han estat valorades i avaluades sobre diferents aspectes i propietats dels aliments. A continuació, es mostra la mitjana de les taules realitzades per cada component del grup per tal de tenir un resultat global. Moltes de les variables utilitzades tenen la seva definició al glossari (veure annex 11) per saber realment a què ens referim amb cada característica.

OBJECTIU

Analitzar escumes a partir de la nostra percepció dels sentits. Les escumes avaluades han estat:

- Aire 1: suc 4 utilitzant la lecitina com a tensioactiu i la batedora pastadora.
- Escuma 2: suc 5 a mà i amb gelatina.
- Escuma 3: suc 5 emprant la metilcel·lulosa com a tensioactiu i amb batedora pastadora.



MATERIAL I REACTIUS

- Escuma 1
- Escuma 2
- Escuma 3
- Taula d'anàlisi sensorial
- Cullera petita

PROCEDIMENT

1. Elaborar l'escuma seguint els passos esmentats a la pràctica 1.
2. Catar l'escuma i omplir la taula de l'anàlisi sensorial elaborada prèviament.

RESULTATS

Tot seguit mostrem una taula on s'analitzen diferents característiques dels aliments i on participen el cinc sentits, acompanyada de les seves llegendes corresponents.

Propietats	Sentit	Característica a analitzar	Variables	Batedora	A mà	Batedora
				SUC 4 (L)	SUC 5 (G)	SUC 5 (M)
FÍSQUES	Vista	Aparença*	Color*	2	6	6
			Forma	Fixa	Fixa	Fixa
			Brillantor	4	4	4
			Uniformitat bombolles	1	4	0
	Oïda	Soroll		3	3	0
	Tacte	Textura*	Adhesivitat	Viscós	3	3
				Embafador*	2	1
			Cohesió*	Cruixent	2	0
				Gomós	1	2
			Elasticitat*	Plàstic*	4	4
				Elàstic	2	1
			Duresa*	Suau	4	4
				Ferm	1	1
			Viscositat*	Lleuger	4	3
				Pesat	1	2
QUÍMIQUES	Olfacte	Olor*		4	5	4
	Gust*	Sabor*	Àcid	1	1	0
			Amarg	1	2	1
			Dolç	2	4	4
			Salat	0	0	0

Taula 18. Resultats del nostre anàlisi sensorial.

Llegenda general

0: absència	3: normal
1: poc	4: bastant
2: lleuger	5: molt

Llegenda de colors

Violeta rosat (1)	Violeta vi (4)
Violeta rosat vell (2)	Violeta vi fosc (5)
Violeta vermellós (3)	Vermell violeta (6)

Taula 19. Llegenda general de l'anàlisi sensorial.

Taula 20. Llegenda de colors de la remolatxa.

1	02 PA	43	Modelo Remolacha	(D R L F R) (D R)	0003	200.102.200	6.20.43
2	03 CL	44	Modelo Remolacha	(D R L F R) (D R)	0003	210.102.100	10.10.102
3	04 CL	45	Modelo Remolacha	(D R L F R) (D R)	0003	102.102.100	10.10.102
4	05 AP	46	Modelo Remolacha	(D R L F R) (D R)	0003	102.102.100	10.10.102
5	06 CL	47	Modelo Remolacha	(D R L F R) (D R)	0003	102.102.100	10.10.102
6	07 CL	48	Modelo Remolacha	(D R L F R) (D R)	0003	102.102.100	10.10.102

Figura 96. Llegenda colors remolatxa.

CONCLUSIONS

Aquesta pràctica ens va servir per percebre les diferències entre les escumes no a nivell físic o químic sinó a nivell sensorial. Per realitzar aquesta anàlisi sensorial ens vam aïllar les unes de les altres per focalitzar tota la nostra atenció al tast de l'escuma. Així, vam centrar tots els nostres sentits a les escumes i vam ser capaces de trobar diferències entre ells pel que ve a ser la textura i la seva aparença.



10.10- Annex 10. Regressió (lineal i no lineal) i coeficient de determinació

En estadística, la regressió o ajust és un mètode que modelitza la relació entre una variable dependent Y , una variable independent X i un terme aleatori ε , que es considera l'error del model i s'associa a l'atzar (a la impossibilitat de predicció). Aquest model es pot expressar com:

$$Y = aX + b + \varepsilon$$

Aleshores, es parla d'una regressió lineal, o bé pot ser $Y=f(X)+\varepsilon$, quan es parla d'un altre tipus de regressió (logarítmica, potencial, etc.) tot depenent del tipus de funció que és f (un logaritme, una potència, etc.).

El problema de la regressió rau en determinar els coeficients de regressió, els paràmetres a i b en el cas lineal, a partir d'un conjunt d'observacions que registren, cadascuna, el valor simultani de la variable independent i la variable dependent.

$$\{(x_i, y_i), i = 1, \dots, n\}$$

Cal suposar que els errors són petits (positius i negatius), independents els uns dels altres i tals que la seva mitjana és zero.

10.10.1- Regressió lineal simple

Quan se^a suposa que Y aproximadament és $f(X) = aX + b$, i per cada valor $x_i, i = 1, \dots, n$, del conjunt d'observacions es defineix $f_i = a x_i + b$, s'accepta un error que compleix la següent igualtat:

$$e_i = y_i - f_i$$

Es tracta de trobar els valors dels paràmetres a i b , de forma que la suma dels quadrats d'aquests errors sigui la més petita possible. Per això es diu que es fa servir la tècnica dels mínims quadrats.

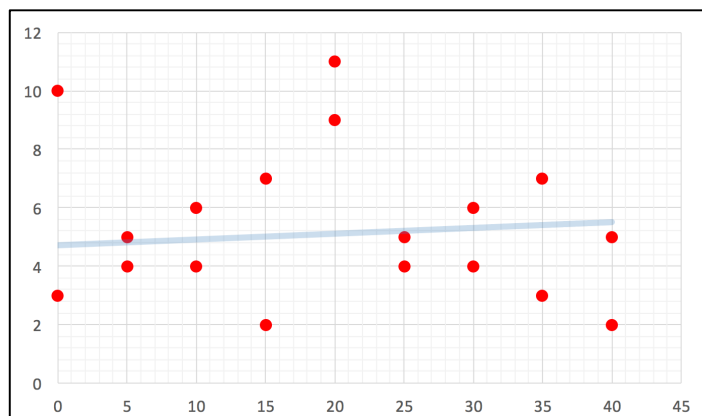


Figura 97. En aquesta figura s'observa un conjunt d'observacions (en vermell) i una recta de regressió (en blau). Per cada valor observat x_i , el valor f_i de forma que (x_i, f_i) és sobre la recta, no té perquè coincidir amb el valor y_i observat.

Es pot comprovar que la recta que millor explica les observacions de què es disposa és la que ve donada per la següent expressió:

$$y = \bar{y} + \frac{s_{xy}}{s_x^2} (x - \bar{x})$$

Essent $\bar{x}$ i $\bar{y}$ les mitjanes de les dades x_i i les dades y_i respectivament, podem dir que:



$$S_{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

L'anomenada covariància entre x i y , i finalment $S_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ la variància de les x 's.

10.10.2- Regressió no lineal

Quan el model de regressió que sembla més adequat no és una recta ans una funció, per exemple $f(X) = a \cdot b^X$, hom pot tractar les dades observades de tal forma que trobar la funció f que millor explica les observacions donades sigui equivalent a trobar una recta de regressió (com la de l'apartat anterior) per les noves dades tractades. És a dir, amb l'exemple de $Y = a \cdot b^X$ sovint es considera:

$$\ln(Y) = \ln(a \cdot b^X) = \ln a + \ln(b^X) = A + BX$$

Essent $A = \ln(a)$ i $B = \ln(b)$. Per tant es possible trobar $A + BX$ la recta de regressió lineal per les dades $\{x_i, \ln(y_i), i = 1, \dots, n\}$, i a partir d'aquí recuperar la funció inicialment plantejada $f(X) = a \cdot b^X$ fent $a = e^A$, $b = e^B$.

L'anterior linealització del problema de regressió s'ha d'utilitzar amb cura ja que una transformació de dades pot influir en el model, en l'estructura de l'error i en la interpretació del resultat.



Figura 98. Diferents tipus de regressió lineal i no lineal que es poden plantejar.

10.10.3- Coeficient de determinació (R^2)

El coeficient de determinació és un paràmetre que indica la proporció de variabilitat de la variable dependent Y que és previsible des de la variable independent X .

En el context de disposar d'un conjunt d'observacions $\{(x_i, y_i), i = 1, \dots, n\}$ i d'haver establert, a partir d'aquestes, una relació entre la variable independent Y en funció de la variable independent X de forma que aproximadament $Y = f(X)$, la variabilitat de les observacions $y_i, i = 1, \dots, n$ es determina a partir de la seva variància: tot i considerant els quadrats de les diferències entre cadascun dels valors y_i i la mitjana de tots ells $\bar{y}$.

$$S_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$



Entenent que $f_i = f(x_i)$ per cada $i=1, \dots, n$ es pot demostrar que:

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - f_i + f_i - \bar{y})^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - f_i)^2 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (f_i - \bar{y})^2$$

Per consegüent es pot pensar la variància de la variable dependent descomposta en la suma dels quadrats dels errors que el model de regressió preveu (excepte un factor) i un segon terme, positiu, que es pot treballar aprofitant $\bar{y} = \bar{f}$, per ser expressat com la variància de les previsions que el model preveu.

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (f_i - \bar{y})^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (f_i - \bar{f})^2$$

Si el model de regressió no és adequat, la major part d'aquesta descomposició serà atribuïble a la suma dels quadrats dels errors (excepte un factor), mentre que quan el model de regressió sigui molt adequat, els residus seran petits i la més gran part de la variància de la variable dependent s'explicarà per la variància de les previsions del model.

Així doncs, el paràmetre que per definició és un valor entre 0 i 1, és un indicador de la qualitat del model de regressió considerat (quan més proper a 1 més alta qualitat).

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (f_i - \bar{f})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$



10.11-Annex 11. Diccionari de la ciència i la cuina

Additiu: substància que s'afegeix als productes de consum per a assegurar-ne la conservació o millorar-ne determinades característiques sense que en variïn la composició i les qualitats bàsiques.

Adsorbir: adhesió dels àtoms o de les molècules d'un material damunt la superfície d'un altre, que produeix un augment de la concentració d'aquest a la interfície i que és deguda a les forces residuals físiques i químiques existents a les superfícies de sòlids i líquids

Amfipròtiques: en la classificació general dels solvents, dit d'aquells que posseeixen simultàniament propietats d'àcids i de bases.

Aminoàcid: substància orgànica que té almenys un grup funcional carboxil i un grup funcional amina.

Antocianines: grup de pigments vegetals causants de les coloracions vermelles, morades i blaves de les flors i d'algunes fruites i fulles.

Aparença: manera d'aparèixer, aspecte exterior. Basem la decisió de compra o consumició en aquesta propietat.

Aroma: emanació de certes substàncies que constitueix llur fragància característica.

Cohesió: força d'atracció que manté unides les molècules o partícules d'un cos.

Color: qualitat dels fenòmens visuals que depèn de l'efecte distint que produeixen sobre la retina les llums de diferent longitud d'ona.

Duresa: qualitat que presenta una forta resistència a ésser ratllat, penetrat, encetat.

Elasticitat: qualitat de contraure's, de dilatar-se, de deformar-se sota una pressió, una tracció, etc., i reprendre la seva forma i el seu volum primitius quan cessa aquesta acció.

Embafador: una menja massa dolça o greixosa, esmussar l'apetit (a algú), fer-se-li de difícil empassar.

Enllaç peptídic: és un enllaç covalent que s'estableix entre el grup carboxil d'un aa i el grup amino de l'aminoàcid següent, amb la formació d'una molècula d'aigua

Espesseïdor: substància d'elevat pes molecular que, en incorporar-se a una solució, absorbeix una gran quantitat de dissolvent, s'infla i passa a dissolució col·loïdal.

Flavonoides: compost fenòlic produït normalment per les plantes, amb un esquelet característic constituït per dos anells de benzè units per una cadena de tres carbonis.

Floculació: tractament al qual se sotmeten els sòlids disgregats dispersos en el si d'un fluid per tal de formar agregats de partícules que facin possible la separació del sòlid per sedimentació o per filtració.

Fosfatcolina: és una classe de fosfolípid que incorpora colina com a grup capçalera.

Goma garrofi: és un espesseïdor que prové de la llavor del garrofer utilitzada sobretot per evitar la cristal·lització dels gelats i espessir altres productes làctics.

Goma guar: és un galactomanà, principalment és l'endosperma de la llavor de la planta Guar.

Gust: pot ser àcid, amarg, salat, o dolç. Així mateix, l'aliment pot comportar una combinació dels quatre.

Hidròfil: és una propietat física d'una molècula que transitòriament enllaça amb l'aigua (H₂O) mitjançant l'enllaç d'hidrogen i es dissol en altres substàncies polars.



Hidròfob: té com a propietat física la de ser repel·lida per una massa d'aigua. Les molècules hidròfobes tendeixen a ser no polars i per tant prefereixen solvents neutres o no polars.

Lamel·la: l'aire que rodeja les bombolles d'aire i les separa.

Lipòfil: que té una forta afinitat pels greixos i altres lípids.

Olor: partícules emanades d'un cos que afecten agradablement o desagradablement l'òrgan de l'olfacte.

Oxalats: sal o èster de l'àcid oxàlic.

Plàstic: que es deixa modelar fàcilment.

Polisacàrid: glúcid de pes molecular alt, de molècula lineal o ramificada, constituït per monoglúcids o derivats units mitjançant enllaços glicosídics.

Proteïna: polímer d'alt pes molecular format per la unió d'un tipus d'aminoàcids mitjançant enllaços peptídics.

Propietats organolèptiques: conjunts de descripcions de les característiques físiques que té la matèria en general, com per exemple el seu gust, textura, olor o color.

Reologia: branca de la física que enllaça la mecànica de fluids amb l'elasticitat i estableix la correlació entre les variables esforços, deformacions, temperatura i temps de la matèria considerada com un medi continu.

Sabor: propietat que tenen moltes coses d'afectar l'òrgan del gust i de l'olfacte. Combina l'olor, l'aroma i el gust.

Saponificable: que es pot descompondre en àcid i alcohol per qualsevol procediment d'hidròlisi alcalina.

Solució tampó: solució el pH de la qual es modifica molt poc per dilució o per addició de quantitats moderades d'àcids o de bases, àdhuc forts.

Temperatura: magnitud termodinàmica definida per l'equilibri tèrmic de manera que, quan el seu valor és igual en dos sistemes, no flueix calor entre ells i, quan el seu valor és diferent, la calor flueix des del sistema amb valor més elevat al sistema amb valor més baix d'aquesta magnitud.

Termorreversible: les propietats o acció poden ser revertides per escalfament.

Textura: manera com estan disposades les partícules d'un cos o d'una substància. Només es manifesta quan l'aliment pateix una deformació.

Tirosina: aminoàcid proteic amb un anell fenòlic.

Viscositat: resistència que ofereix un fluid al moviment relatiu de les seves partícules.



10.12-Annex 12. Índex de figures

Figura 1. Bleda-rave hortícola i bleda-rave sucrera.	6
Figura 2. Estructura química de l'àcid betalàmic (a), la betacianina (b) i la betaxantina (c).	7
Figura 3. Concentració i colors aproximants de la betanina.	7
Figura 4. Estructura química de la xantana.	8
Figura 5. Estructura química de l'agar-agar.	9
Figura 6. Proteïna nativa i desnaturalitzada en procés reversible (a) i irreversible (b). Extreta del llibre "La química en los alimentos"- Capítol 3: "Las proteínas".	10
Figura 7. Esquema d'un sol (dispersió) a un gel (xarxa tridimensional). Fotografia extreta del llibre "Cuinant al laboratori - Publicacions i experiències al voltant de la cuina i ciència: una proposta coeducativa per a la química del batxillerat".	10
Figura 8. Sinèresi mitjançant la gelatina de maduixa.	11
Figura 9. Estructura química d'una fibra d'alginat de sodi.	11
Figura 10. Reacció entre els ions calci i les fibres d'alginat.	12
Figura 11. Evolució de la gelificació iònica interna.	12
Figura 12. Evolució de la gelificació iònica externa.	13
Figura 13. Esquema de la estructura d'una escuma. Extret del llibre "Química de los alimentos".	14
Figura 14: Estructura química de la lecitina.	15
Figura 15. Esquema extret del llibre "Las espumas, técnica, tipos y usos" de Ferran Adrià.	16
Figura 16. Extret del llibre "Las espumas, técnica, tipos y usos" de Ferran Adrià.	16
Figura 17. Extret del llibre "La química en los alimentos" - Capítol 3 "Las proteínas".	17
Figura 18. Representació esquemàtica del cremat d'una emulsió d'aigua i oli.	18
Figura 19. Representació esquemàtica de la coalescència.	18
Figura 20. Extreta de l'estudi de la formació de nano-emulsions de fase externa aquosa i solubilització de fàrmacs lipòfils realitzat per la Facultat de Farmàcia de la Universitat de Barcelona.	19
Figura 21. Diferenciació entre emulsions o/w i w/o.	19
Figura 22. Muntatge emprat per a determinar l'estabilitat d'una escuma/aire (font pròpia).	21
Figura 23. Material escuma suc 3 amb lecitina (font pròpia).	23
Figura 24. Escuma suc 3 amb batedora pastadora i lecitina (font pròpia).	23
Figura 25. Massa escuma (suc 3 - batedora pastadora - lecitina) en funció del temps.	24
Figura 26. Massa líquid (suc 3 - batedora pastadora - lecitina) en funció del temps.	24
Figura 27. Material escuma suc 5 amb gelatina (font pròpia).	26
Figura 28. Escuma suc 5 fent servir batedora de vareta manual amb gelatina (font pròpia).	27
Figura 29. Massa escuma (suc 5 - batedora de vareta manual - gelatina) en funció del temps.	27
Figura 30: Massa líquid (suc 5 - batedora de vareta manual - gelatina) en funció del temps.	27
Figura 31. Material escuma amb metilcel·lulosa i suc 5 (font pròpia).	29
Figura 32. Escuma suc 5 amb el batedor de vareta manual i amb metilcel·lulosa (font pròpia).	30
Figura 33. Massa escuma (suc 5 - batedor de vareta manual - metilcel·lulosa) en funció del temps.	30
Figura 34. Massa escuma (suc 5 - batedor de vareta manual - metilcel·lulosa) en funció del temps.	30
Figura 35. Escuma suc 5 amb batedora pastadora i metilcel·lulosa (font pròpia).	31
Figura 36. Massa escuma (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa) en funció del temps.	31
Figura 37. Massa escuma (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa) en funció del temps.	31
Figura 38. Comparativa del percentatge de massa d'escuma perduda.	34
Figura 39. Escuma al cap de 5 dies amb residus sòlids al colador (font pròpia).	34
Figura 40. Comparativa entre totes les escumes analitzades a la pràctica 1.	35
Figura 41. Material necessari per a la realització de la pràctica 2 (font pròpia).	36
Figura 42. Escuma suc 5 amb 0,25 g agar-agar (font pròpia).	37
Figura 43. Massa escuma (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa- 0,25 g agar-agar) en funció del temps.	37
Figura 44. Massa escuma (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa- 0,25 g agar-agar) en funció del temps.	37
Figura 45. Escuma suc 5 0,5 g amb agar-agar (font pròpia).	38
Figura 46. Massa escuma (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa - 0,5 g agar-agar) en funció del temps.	38
Figura 47. Massa escuma (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa- 0,5 g agar-agar) en funció del temps.	38
Figura 48. Escuma suc 5 amb 0,25 g xantana (font pròpia).	39
Figura 49. Massa escuma (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa - 0,25 g xantana) en funció del temps.	39
Figura 50. Massa escuma (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa - 0,25 g xantana) en funció del temps.	39
Figura 51. Escuma suc 5 amb 0,5 g xantana (font pròpia).	40



Figura 52. Massa escuma (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa - 0,5 g xantana) en funció del temps.	40
Figura 53. Massa escuma (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa - 0,5 g xantana) en funció del temps.	40
Figura 54. Comparativa de les escumes segons l'espesseïdor en funció del temps.	41
Figura 55. Col·lapse parcial de les escumes amb 0,25 g d'agar-agar, 0, 5g d'agar-agar i 0,25 g de xantana (d'esquerra a dreta) (font pròpia).	43
Figura 56. Material emprat per a la pràctica de la determinació de pH (font pròpia).	44
Figura 57. Metodologia pràctica 4 (font pròpia).	45
Figura 58. Escuma amb pH 3 (font pròpia).	46
Figura 59. Massa escuma (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa - pH 3) en funció del temps.	46
Figura 60. Massa líquid (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa - pH 3) en funció del temps.	46
Figura 61. Escuma amb pH 7,65 (font pròpia).	47
Figura 62. Massa escuma (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa - pH 7,65) en funció del temps.	47
Figura 63. Massa escuma (suc 5 - batedora - metilcel·lulosa - pH 7,65) en funció del temps.	47
Figura 64. Comparativa de les masses d'escumes en funció del temps.	48
Figura 65. Tubs d'assaig de suc de remolatxa pH 7,65 i 3 (d'esquerra a dreta) (font pròpia).	50
Figura 66. Material pràctica 5 d'esferificacions (font pròpia).	51
Figura 67. Procés seguit per obtenir esferificacions de remolatxa amb el mètode directe.	52
Figura 68. Fotografies d'un texturòmetre del mercat i la nostra invenció (font pròpia).	52
Figura 69. Texturòmetre casolà amb esferificacions directes de 2, 4, 6, 8 i 10 minuts dins el bany (font pròpia).	54
Figura 70. Material de la pràctica 6 d'esferificacions (font pròpia).	56
Figura 71. Texturòmetre casolà amb esferificacions inverses de 2, 4, 6, 8 i 10 minuts (font pròpia).	58
Figura 72. Pràctica fallida de l'esferificació inversa (font pròpia).	59
Figura 73. Mètode inventat per a l'obtenció d'una esferificació inversa (font pròpia).	59
Figura 74. Material estudi de percentatge de gelificació de les esferificacions (font pròpia).	60
Figura 75. Evolució de la capa gelatinosa de les esferificacions directes amb el pas del temps (font pròpia).	61
Figura 76. Esferificació directa que es va deixar reposar al bany durant 19 hores (font pròpia).	62
Figura 77. Evolució de les esferes amb el temps.	62
Figura 78. Material i reactius (font pròpia).	70
Figura 79. Procediment del suc (1, 2, 3) de remolatxa (font pròpia).	71
Figura 80. Suc 5 (font pròpia).	72
Figura 81. Reunió al Campus de l'Alimentació de la UB (font pròpia).	74
Figura 82. Material específic d'esferificacions (font pròpia).	75
Figura 83. Fàtima Gismero fent la classe d'esferificacions a l'Aula Gastronòmica (font pròpia).	75
Figura 84. Esferificacions de vinagre de Mòdena i or, iogurt i yuzu i mango (font pròpia).	76
Figura 85. Component del grup realitzant una esferificació (font pròpia).	76
Figura 86. Preparació de la pràctica d'esferificacions (font pròpia).	76
Figura 87. Preparació de la pràctica d'esferificacions (font pròpia).	76
Figura 88. Components del grup a l'entrada de la cuina de Fundació Àlicia (font pròpia).	77
Figura 89. Cuina de la Fundació Àlicia (font pròpia).	77
Figura 90. Fotografia presa a la cuina del Celler de Can Roca (font pròpia).	80
Figura 91. Parts d'un sífo (extreta del llibre "Modernist Cuisine").	81
Figura 92. Escala de pH.	84
Figura 93. Muntatge del pHmetre (font pròpia).	84
Figura 94. Dissolució tampó (font pròpia).	84
Figura 95. Relació entre els atributs sensorials i els sentits.	85
Figura 96. Llegenda colors remolatxa.	86
Figura 97. En aquesta figura s'observa un conjunt d'observacions (en vermell) i una recta de regressió (en blau). Per cada valor observat x_i , el valor f_i de forma que (x_i, f_i) és sobre la recta, no té perquè coincidir amb el valor y_i observat.	87
Figura 98. Diferents tipus de regressió lineal i no lineal que es poden plantejar.	88