



Obtenció d'etanol com a combustible

Aniol Roure i Bassols
Batxillerat científic 2014
Tutor: Isidre Colomer Plana
INS Josep Brugulat
ctra. Figueroles s/n, Banyoles

Índex

0	- Introducció.....	3
1	- Primers passos	5
2	- Què són els alcohols? Què és l'etanol?.....	6
3	- Presentació de les matèries primeres utilitzades	9
3.1	- Patata	9
3.1.1	- Patata "agata"	9
3.1.2	- Patata "red pontiac"	11
3.2	- Farina	11
3.2.1	- Farina de blat	12
3.2.2	- Farina de blat de moro	12
3.3	- Algues.....	13
3.3.1	- <i>Chlorella</i>	13
3.3.2	- Cianofícies filamentoses	17
3.3.3	- <i>Chara vulgaris</i>	17
3.3.4	- <i>Asparagopsis</i>	18
3.4	- Llevats	18
4	- Fermentació.....	20
4.1	- Fonaments teòrics	20
4.2	- Treball pràctic	21
4.2.1	- Fermentació de la patata	22
4.2.2	- Fermentació de la farina.....	25
4.2.3	- Fermentació de les algues	28
5	- Destil·lació.....	33
5.1	- Fonaments teòrics	33
5.2	- Procés pràctic	36
6	- Resultats de les destil·lacions.....	38
6.1	- Algues.....	38
6.2	- Patata	38
6.3	- Farina	41

6.4 – Optimització dels processos	43
6.5 – Prova en un motor d'avió de ràdio control.....	44
7 – Conclusions.....	46
8 – Agraïments	47
9 – Fonts d'informació escrita	48
9.1 – Bibliografia	48
9.2 – Webgrafia.....	50

0 – Introducció

Sempre m'ha agradat la biologia i la química. Quan vaig començar a pensar quin treball de recerca volia desenvolupar, tenia molt clar que havia de ser un treball en el que pogués experimentar. Que no fos només un recull de dades d'enquestes, internet i llibres, sinó que hi hagués un treball de camp del qual n'extragués les meves pròpies conclusions. Per tant, com que la biologia i la química són ciències que es relacionen perfectament, i ja he comentat abans que són dues de les assignatures que m'agraden més, em vaig decidir, aconsellat també pel meu tutor de treball de recerca, a intentar produir alcohol a partir de les algues, inicialment, i de la patata i la farina, posteriorment.

Com tothom ja sap, degut al malbaratament dels recursos energètics i a l'abús de les energies fòssils, s'ha fet necessària la recerca d'energies alternatives a part de les sostenibles de tota la vida. Aquesta recerca passa des de l'optimització de les plaques solars, la investigació en nanotecnologia o l'aprofitament de la matèria viva com a font directa d'energia.

Jo m'he decantat per l'última d'aquestes, per obtenir energia de la patata, la farina, i de les algues en forma d'etanol, i comprovar-ne el funcionament en un motor.

Hipòtesi de treball

Les algues són éssers vius que es troben a tots els llocs amb aigua, de l'equador als pols. Malgrat això, a part de menjar-ne en certes cultures, no s'ha aprofitat mai tot el rendiment que es pot treure d'una matèria tan estesa. La patata i la farina, en canvi, són dos aliments freqüents arreu del món els quals el seu conreu és comú i senzill. Aquests són els motius principals pels quals penso que poden ser productes utilitzats també per a produir energia per les màquines a més del consum alimentari. Per tant, la formulació de la hipòtesi és la següent:

És possible i viable obtenir etanol a partir d'algues, patata o farina i utilitzar-lo com a combustible per a motors?

1 – Primers passos

A l'inici del treball tenia la idea de fer de les algues una font d'energia com a combustible. Jo ja sabia que hi ha empreses que actualment extreuen energia d'algues vives (una de les primeres empreses va ser d'Euskadi), però això comporta una infraestructura molt important, de manera que em vaig plantejar de fer-ho amb algues mortes, una manera de la qual també hi treballen algunes empreses (al País Valencià hi ha una empresa pionera) però no en la línia que he treballat jo, sinó que en fan petroli.

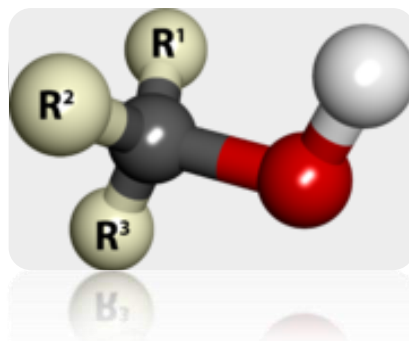
La meua idea era obtenir energia de manera més senzilla. Per això vaig pensar en obtenir-ne alcohol. Primer em vaig informar sobre les algues de la zona geogràfica de Banyoles (estany, rius i rieres, la costa marítima més propera a Banyoles...) i els percentatges de midó corresponents de cada alga (que corresponen als percentatges de sucres que tenen, doncs les algues acumulen energia en forma de midó). Vaig agafar mostres d'aigua de l'estany de Banyoles per fer créixer microalgues (*chlorella*). També vaig recollir macroalgues com la *chara vulgaris* de l'estany de Banyoles, cianofícies filamentoses *oscillatoria* de riera (és un cianobacteri que fa la fotosíntesi) i *asparagopsis armata* a Palamós. Vaig fer fermentar aquestes tres últimes, però sense èxit degut a que la quantitat d'alcohol era molt minsa en comparació amb la massa i volum inicials amb els que feia la fermentació.

Això em va fer canviar la matèria primera, i em vaig posar a fermentar patata i farina, dos productes abundants que tenen prou sucres perquè se'n pugui obtenir alcohol.

Per fer aquest treball bàsicament m'he basat en informació trobada a internet i extreta d'entrevistes i converses amb entesos en la matèria, com ara el senyor Jesús Garcia. També he consultat algun llibre, com es pot veure a la bibliografia.

2 – Què són els alcohols? Què és l'etanol?

Els alcohols són compostos orgànics que contenen el grup funcional -OH. Tenen punts d'ebullició més o menys alts segons el nombre de carbonis que contingui la molècula (augmenta o disminueix proporcionalment). Són inflamables i transparents, i tenen punts de solidificació baixos, la qual cosa els permet ser utilitzats com a anticongelant quan es mesclen amb aigua (malgrat que els alcohols amb més de 10 carbonis tenen un punt de solidificació superior a 0 °C (273 K)).



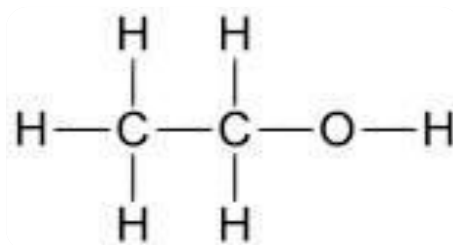
L'etanol o alcohol etílic és un compost orgànic que en condicions normals es troba en estat líquid. La seva fórmula és CH₃CH₂OH. És una substància inflamable, volàtil i transparent.

-La seva massa molar és de 46,07 g/mol.

-La densitat en condicions estàndard és de 0,789 g/cm³.

-El punt de solidificació és -114 °C (159K).

-El punt d'ebullició és 78,37 °C (351,37 K).



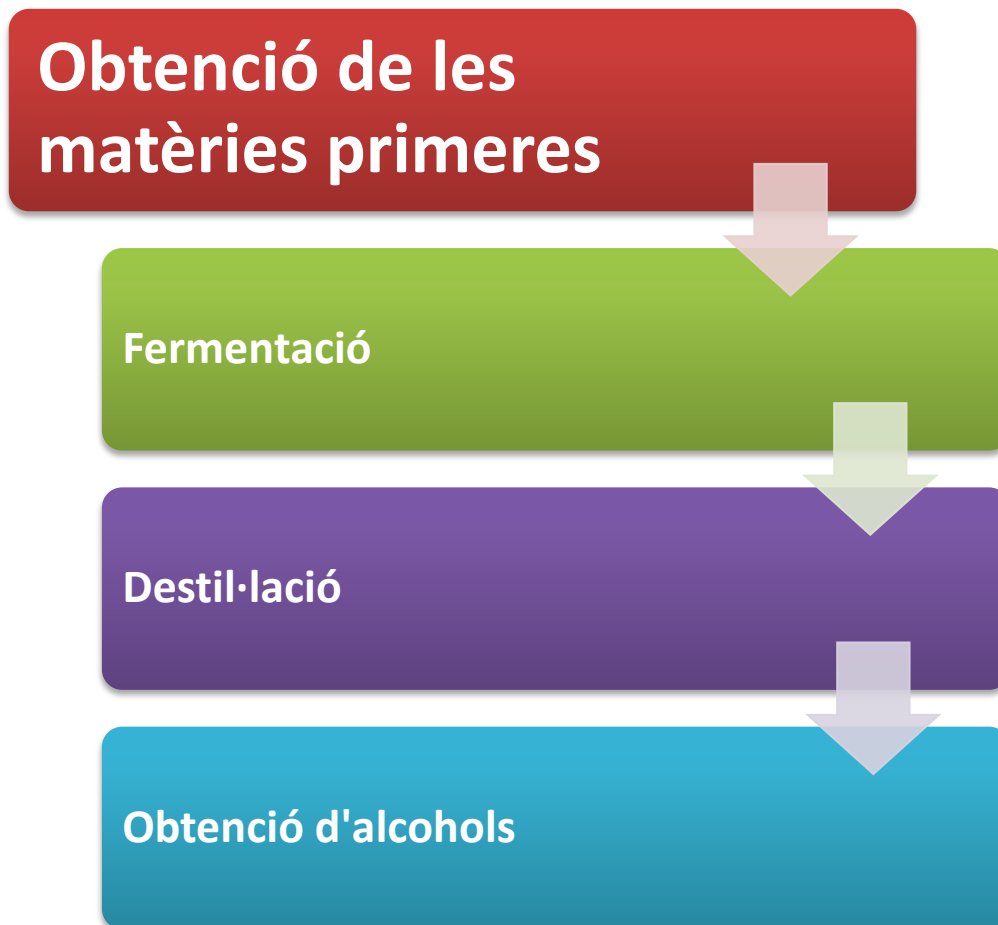
Com s'obté l'alcohol?

Per obtenir etanol cal fermentar sucres amb llevats. Aquests sucres els trobem a la majoria de fruits de les plantes, en forma de midó i de substàncies de reserva en la mateixa planta. Els llevats, en canvi, els trobem per tot arreu, fins i tot com en el cas del raïm pot ser que es trobin en el mateix fruit.

Si es desitja fermentar un fruit o substàncies de reserva en les quals no hi habiten els llevats de manera natural, s'hi hauran d'afegir. Aquests són reproduïts de manera repetida en fàbriques específiques, i la seva obtenció ens senzilla. Si l'objectiu són líquids amb altes graduacions o pureses, caldrà destil·lar el líquid obtingut en la fermentació.

L'etanol s'ha utilitzat des del 2200 aC. (cervesa a Mesopotàmia) com a base de la beguda alcohòlica. Avui en dia encara s'utilitza en aquest àmbit, com a fermentat (cervesa o vi), o com a destil·lat (vodka o whisky); però també s'utilitza com a combustible per a motors.

Aquest segon aspecte és el que he desenvolupat durant el treball, fent la comprovació de l'alcohol obtingut en un motor d'avioneta d'aeromodelisme. El motor és del tipus "glow" i està pensat per utilitzar una mescla d'oli i de metanol. Malgrat que aquest no sigui d'etanol (l'alcohol principal que pretenc obtenir en aquest treball de recerca), en faré la comprovació en aquest motor.



3 – Presentació de les matèries primeres utilitzades

3.1 – Patata

La patata (*Solanum tuberosum*) és una planta de prop de mig metre d'alçada originaria dels Andes, i es va començar a cultivar fa uns 10.000 anys entre Bolívia i Perú, a partir de la papa silvestre (*Solanum brevicaule*). Les flors poden ser blanques, roses, vermelles, liles o blaves. Malgrat que les fulles, tiges, flors i fruits siguin tòxics (contenen l'alcaloide solanina, el mateix que conté la belladona i altres plantes solanàcies), els tubercles són comestibles i ha estat el motiu pel qual s'ha conreat la planta com a aliment.

He triat la patata perquè és una planta estesa arreu del món, abundant en la majoria de països (com a conreu), i fàcil d'obtenir-ne més plançons perquè es pot reproduir a partir del fruit o del tubercle. També l'he triat perquè és un dels referents per fer alcohol, doncs se n'obté el vodka.

3.1.1 – Patata “agata”

La patata “agata” és una patata de pela groga i l'interior és de color groc clar. És ovalada, de forma molt regular i mida mitjana. Per dins és fresca o sucosa i per fora la pela és seca.

La que utilitzo prové de França, i el percentatge de midó és d'un 17-18 %.



Procés d'extracció del midó de la patata "agata"

Al principi vaig provar d'extreure el midó de la patata "agata" i vaig fer tot el procediment de la fermentació i destil·lació amb el midó. En adonar-me que amb els mitjans de què disposava no podia extreure'l del tot, vaig optar per fer fermentar les patates triturades. Com a conseqüència, vaig deixar de fer aquest pas. Per tant, el procediment descrit a continuació permet extreure part del midó de les patates per després poder-lo fermentar.

Per extreure el midó s'ha de triturar la patata al màxim però deixant-ne trossos sòlids per poder-los filtrar. Tot seguit cal submergir-la en aigua i remenar-ho durant 3-5 minuts. Després s'ha de treure la patata i escórrer-la perquè deixi anar tot el suc i el midó dissolt. Aquest procés s'ha de repetir unes quantes vegades (3 mínim) per extreure'n tot el midó possible. Després s'ha de fer evaporar l'aigua o extreure-la per decantació, perquè si es deixa reposar, en 10 minuts tot el midó queda al fons. Insisteixo, aquest sistema seria eficaç si s'en pogués extreure tot el midó, però com que no es pot, el que he fet és triturar sempre la patata fins a deixar-la com un puré i l'utilitzo com a matèria primera per la fermentació.



3.1.2 - Patata "red pontiac"

La patata "red pontiac" és una patata de color vermell-malva per la part de fora i groc clar tirant a blanc a l'interior. És de forma esfèrica i pot ser un xic ovalada. Presenta cavitats i porus. La mida acostuma a ser més petita que la mitjana. Per dins és més seca que la majoria de les patates, té un tacte granulat, la pela és seca i pot presentar arrugues independentment de l'edat de la patata.



La que utilitzo prové de França, i té un 14-15 % de midó.

3.2 - Farina

La farina és una pols o polsim que s'obté al moldre la grana de cereals, pellofes, llavors o arrels. És l'ingredient bàsic per fer pa, un aliment molt estès arreu del món. No va ser fins fa 8000 anys, que es va descobrir que a partir del blat es podia extreure farina tot molent-ne els grans. Aquest procés era manual, fins que a l'era romana es van començar a utilitzar molins. Avui en dia hi ha molins i sistemes més sofisticats i eficients que permeten poder obtenir farines amb diferents nivells de refinament. Es poden obtenir farines provinents de gairebé qualsevol cereal, de plantes que no són cereals, i fins i tot, farines autollevants en les quals s'hi ha afegit llevats per no haver-los d'afegir més tard quan es fa pastisseria.

He triat la farina perquè és un aliment que està compost bàsicament i majoritàriament per midó. He triat la farina

de blat perquè és la més usual i utilitzada al nostre país. També he escollit la farina de blat de moro, perquè és una farina molt estesa a Centre-amèrica, i permet menjar-ne a les persones que no poden menjar gluten.

3.2.1 - Farina de blat

La farina de blat és blanca i fina, provinent del blat mòlt i separat de la pellofa.

La quantitat de midó que conté és d'un 68 %.

La farina que he fet servir, a partir de blat (*Triticum*), és procedent del Segrià.

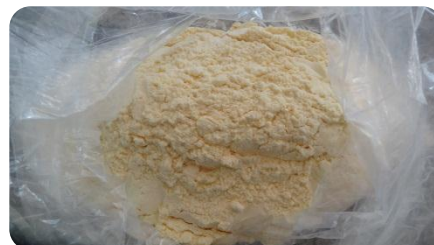


3.2.2 - Farina de blat de moro

La farina de blat de moro és groga i més granulada que la de blat. S'obté a partir de la mòlta dels grans de blat de moro i separant-ne la pellofa.

Conté un 66 % de midó.

Aquesta farina obtinguda a partir de blat de moro (*Zea mays subsp. mays*) és procedent del País Basc.



3.3 - Algues

Les algues són éssers vius que viuen a l'aigua. En simbiosi amb fongs poden viure a fora, en llocs humits i frescos. Són un dels 5 regnes d'éssers vius (algues i protozoos). Són formades per cèl·lules eucariotes, no obstant això, poden estar formades per una sola cèl·lula com a ésser adult (fitoplàcton).

Vaig triar les algues perquè sabia que hi ha empreses que fa relativament poc han començat a obtenir-ne energia, ja sigui amb petroli blau (petroli derivat de les algues) o amb alcohol. També les vaig escollir perquè és un terreny força innovador i en el qual encara es poden fer moltes proves.

Totes les algues emprades les he recollit en el seu medi natural, en mesura i sense malmenar l'entorn.

3.3.1 - *Chlorella*

És una microalga (unicel·lular) d'entre 2 i 10 micròmetres. És una alga verda que s'alimenta en gran part de fòsfor i nitrats. Es troba des de la superfície fins a poca fondària, perquè com indica el seu nom, és una alga verda unicel·lular que necessita la llum del sol per fer la fotosíntesi.



La podem trobar en aigües riques en minerals, sals i quietes com l'estany de Banyoles.

2.3.1.1 – Cultiu

Per fer la fermentació d'aquestes algues necessitava fer-ne un cultiu previ per obtenir una quantitat significant d'algues com a matèria primera.

Vaig anar a l'Estany de Banyoles a recollir mostres d'aigua de la superfície. La vaig repartir en 4 recipients (500 mL a cada un). Alhora vaig emplenar uns altres 4 recipients més amb aigua mineral i amb la mateixa quantitat per demostrar que en aquests no hi creixia res.



Tot seguit vaig posar les següents proporcions d'adob triple 15 perquè les algues poguessin obtenir nitrats i fosfats, del que s'alimenten principalment. Augmentant les proporcions dels nitrats i els fosfats també aconseguim que es reproduïxin més ràpidament degut a que hi ha més nutrients.

Recipient	Quantitat	g d'adob
E/M 0	0,5 L	0 g
E/M 1	0,5 L	0.05 g
E/M 2	0,5 L	0.1 g
E/M 3	0,5 L	0.5 g

(la "E" vol dir aigua de l'estany, i la "M" aigua mineral, referint-se als llocs d'on he extret l'aigua)

Al cap de dotze dies d'haver començat el cultiu hi va haver un anticicló, fet que va afavorir que la superfície de l'estany sigués molt més rica en algues gràcies a la temperatura i a la exposició continuada de llum solar a l'aigua.

Així doncs vaig tornar a recollir aigua, i per diferenciar-la de les primeres mostres la vaig anomenar "A".

Recipient	Quantitat	g d'adob
A 0	0,5 L	0 g
A 1	0,5 L	0.05 g
A 2	0,5 L	0.05 g
A 3	0,5 L	0.05 g

Els recipients A0 i A1 els vaig posar al costat dels altres 8 pots inicials. A2 i A3 van anar un a l'interior i l'altre a l'exterior d'una finestra encarada al sud.

Cada dia agitava individualment els recipients situats a l'interior entre 5 i 10 minuts. La temperatura sempre va ser entre 19 °C i 23 °C (normalment entre 21 °C i 22 °C).

Els recipients sempre estaven entreoberts, i quan els agitava estaven completament oberts. Això era perquè poguessin agafar oxigen i diòxid de carboni directament de l'aire i no es formés una esfera d'aire tancada a cada pot.



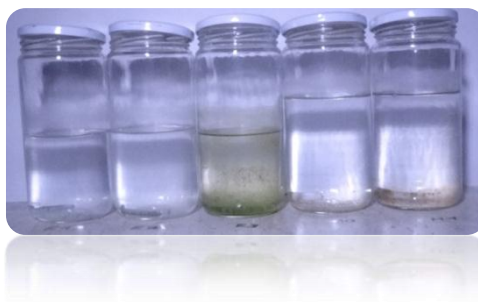
Obtenció d'etanol com a combustible

Els recipients estaven sotmesos a llum blanca constant (llum de LED). Amb aquesta llum intentava imitar el Sol. El llum funcionava dia i nit per accelerar el creixement de la població de les algues.

Després de 84 dies, només un dels recipients (el que contenia més quantitat d'adob i que provenia de l'estany) havia proliferat més o menys satisfactòriament. La resta podien tenir petits pigments verds o eren completament transparents (E1, o totes les M). A1 havia quedat marró, i els dos pots exteriors contenien més pigment que la majoria dels interiors (llevat de l'E3, és clar).



A la imatge superior: Primer dia (d'esquerra a dreta: E0, E1, E2, E3, M0, M1, M2, M3)



A la imatge superior: Dia 84 (d'esquerra a dreta E1, E2, E3, A0, A1 (vaig retirar els pots d'aigua mineral i el pot de l'estany sense adob al no detectar-hi ni creixement ni canvi de pigmentació))

Així doncs, després de 84 dies de cultiu vaig decidir que només fermentaria les macroalgues.

3.3.2 – Cianofícies filamentoses

De fet, les cianofícies filamentoses no són algues, sinó cianobacteris, i per tant són organismes procariotes. Són ramificacions de bacteris amb la capacitat de fer la fotosíntesi. Aquestes ramificacions arriben a ser prou grosses per copsar-les a simple vista i fins i tot agafar-les amb les mans.



Es troben en aigües amb minerals com ara rius i rieres. No obstant això, també es troben en llocs on l'aigua sigui més calmada com per exemple els estanyols.

3.3.3 – *Chara vulgaris*

La *Chara vulgaris* és una alga verda pluricel·lular que té un cauloide central del que en surten petits filoides. Tota l'alga és recoberta de carbonat càlcic, que va acumulant a les parets per donar més solidesa al cauloide.



Es troba en aigües de poca profunditat i s'estén ràpidament per la superfície. Pot arribar a fer més de mig metre de llargada.

3.3.4 - *Asparagopsis*

És una alga vermella de fins a 20 cm de llargada que pot ser de color rosa a lila clar malgrat que pot tenir brots verds.

És una alga marina que sol viure en aigües profundes, però que també es pot trobar en roques a poca profunditat.

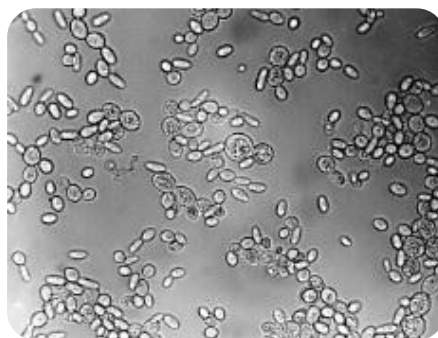


3.4 - Llevats

Per realitzar aquest treball han calgut els llevats per fer la fermentació del midó de les algues, la patata i la farina.

El llevat que he emprat és el *saccharomyces cerevisiae*, que és el mateix fong que s'utilitza per fer cervesa, o per llevar la pasta de pa, coca, pizza...

Aquest llevat transforma la glucosa ($C_6H_{12}O_6$) en diòxid de carboni (CO_2), etanol (CH_3-CH_2-OH) i energia (ATP).



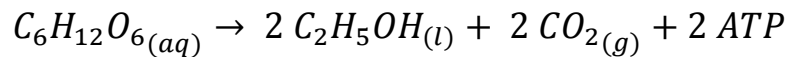


4 – Fermentació

4.1- Fonaments teòrics

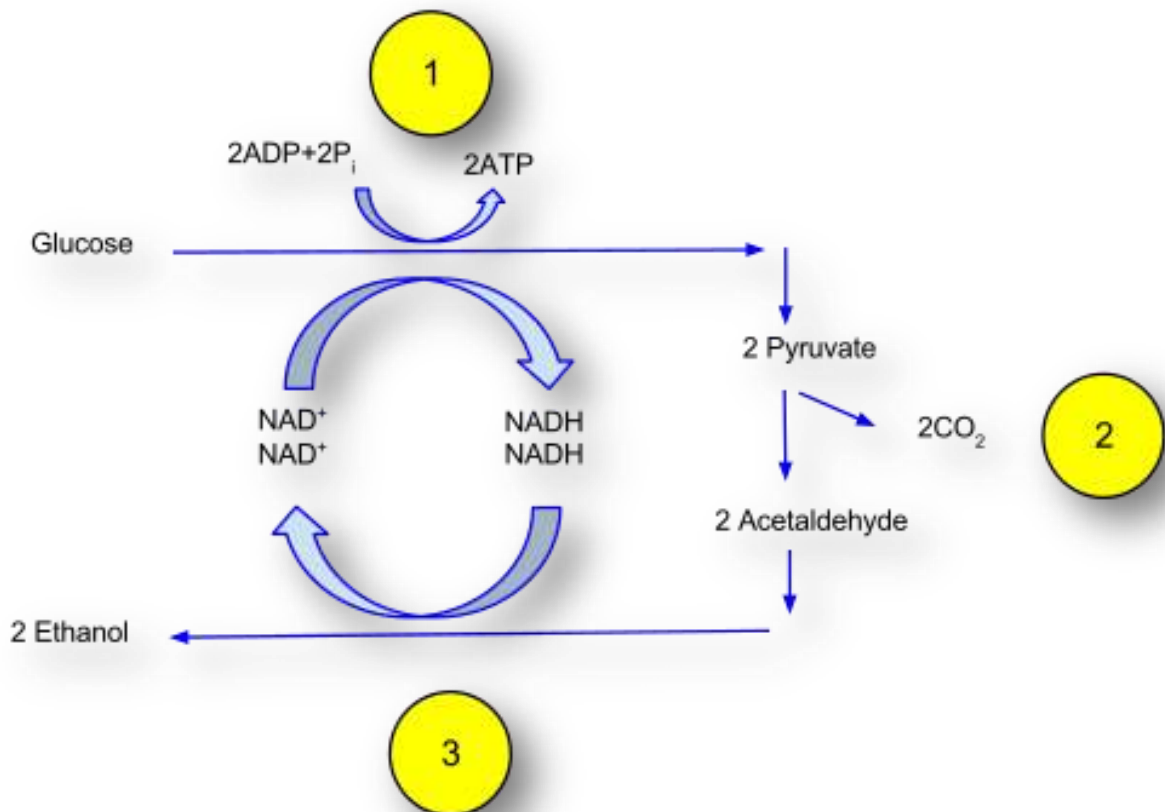
La fermentació és un procés químic realitzat per llevats o bacteris. Aquesta pot ser aeròbica (si hi ha presència d'aire) o anaeròbica (si no hi ha presència d'aire).

En una fermentació anaeròbica, que és la que he utilitzat, no hi ha oxigen. Els llevats intercanvien glucosa per etanol, CO₂ i energia. Com es pot veure a la fórmula inferior, per cada mol de glucosa que els llevats consumeixen s'alliberen dos mols d'etanol, dos mols de CO₂ i 2 ATP (Trifosfat d'Adenina).



↑

Llevats



4.2 - Treball pràctic

La fermentació la vaig realitzar primer amb algues, després amb farina, i finalment amb patata.

La vaig dur a terme en ampolles de plàstic. La capacitat d'aquesta ampolla varia segons la matèria primera que utilitzo, degut a la seva solubilitat en aigua. Hi vaig afegir adob perquè els llevats poguessin treballar en un medi de cultiu i continuar produint etanol. Al tap de l'ampolla hi vaig clavar una agulla perquè el gas pogués sortir amb la pressió, però no pogués entrar. També hi vaig posar un globus segellat per poder mesurar la quantitat de CO_2 després.



Malauradament no vaig poder mesurar la pressió ni de la quantitat de CO_2 que es va alliberar perquè els globus s'inflaven però les ampolles també retenien part dels gasos quan el forat de l'agulla quedava obstruït pel producte sòlid del contingut de l'ampolla. És per

això que l'ampolla quedava sotmesa a pressió entre el 2n i el 3r dia.

Tot i això, aquest sistema és necessari, perquè si no retirem aire de l'ampolla, aquesta anirà augmentant la pressió fins a explotar. Per tant, és molt important de clavar l'agulla al tap per deixar sortir la pressió. Amb el CO_2 del globus ens podem fer una idea mínima de l'etanol obtingut (en mols).



Sempre vaig emprar aigua de l'aixeta, perquè pels llevats no hi ha cap problema, tant si hi ha calç com si no. La quantitat que en vaig fer servir era la mínima per poder tenir una mescla on

el sòlid (que no és soluble) quedi completament immers segons el seu volum. Per això vaig utilitzar una proporció en massa d'1:1 amb la patata, 1:1 amb les algues i de 2:1 amb la farina, perquè aquesta última forma una massa espessa (sobretot la de blat de moro) i és més difícil d'aconseguir que tota la farina estigui en contacte amb aigua.

Sempre vaig emprar 25 g de llevats per a les patates i les algues, i 20 g per a les farines degut a la diferència de matèria per fermentar. Les quantitats utilitzades normalment són 12-14 g per cada litre d'aigua, per això ho vaig respectar amb la patata i l'alga (12.5 g per cada L), i també amb la farina, malgrat que la proporció fos gairebé un gram més per cada litre (13.33 g/L).

Hi vaig afegir 1 g d'adob per fer un medi de cultiu pels llevats i compensar la quantitat de carbonis amb fosfats i nitrats, ja que el medi conté molts de carbonis. A més, l'adob ajuda a crear més biomassa aconseguint que la població de llevats creixi de manera més accelerada.

El temps de fermentació és una estimació. Si es deixa menys d'una setmana el fermentat no estarà llest i quedarà molt de midó que no haurà estat fermentat. D'altra banda, si el deixem molt de temps, a part de perdre el temps, pot ser que bacteris o fins i tot altres llevats comencin a fer els seus processos i que el contingut (la matèria primera) es podreixi. És per recerca d'informació i perquè he anat observant els globus, que he deduït que per la quantitat de matèria primera que utilitzo, el temps òptim és de 7-12 dies (la farina necessita menys dies respecte la patata i les algues, perquè en fermento menys quantitat i hi vaig posar un xic més de llevats).

4.2.1 - Fermentació de la patata

Per fer aquesta fermentació, per cada 1 kg de patata (per les dues varietats vaig emprar el mateix procediment) que utilitzat, es necessita: 1 L d'aigua de l'aixeta, 1 ampolla de plàstic de 2 L buida, 25 g de llevat, 1 g d'adob (15,15,15), un pot, una agulla de cap de 3 cm de

llargada, un globus, i cinta adhesiva transparent.

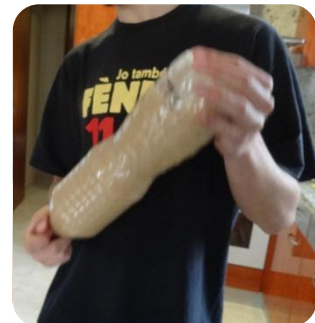
- Primer posem el gram d'adob a l'ampolla. Tot seguit triturarem la patata completament fins a reduir-la a puré.



- En un pot petit posem els 25 g de llevat i els dissolem en 150 mL d'aigua (que s'han d'agafar del litre total).



- Un cop triturada amb un robot de cuina, la posem a l'ampolla amb l'ajuda d'un embut just després de posar-hi 1 g d'adob. Hi afegim part de l'aigua (fins la meitat) i hi afegim els 25 g de llevat dissolts. Ho agitem, hi afegim la resta de l'aigua i ho tornem a agitar.



Obtenció d'etanol com a combustible

- Ens assegurem que el tap és ben tancat i amb un encenedor escalfem l'agulla per poder-lo foradar més fàcilment. Un cop hem clavat l'agulla ja hi podem posar el globus i segellar-ho amb la cinta adhesiva transparent.



- A partir d'aquí s'ha de deixar l'ampolla a un lloc on la temperatura es mantingui entre 21 °C i 29 °C (294-302 K) durant una o dues setmanes. S'ha d'agitar l'ampolla suaument i força sovint durant les primeres 4 hores. Després n'hi ha prou amb agitar-ho una estona cada dia.



Obtenció d'etanol com a combustible

- El resultat s'ha de filtrar amb un sistema de filtratge al buit per obtenir només el suc fermentat.



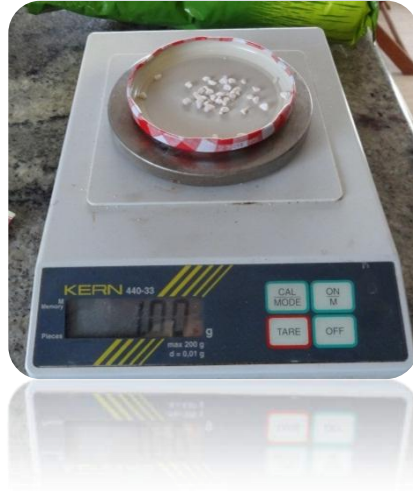
4.2.2 – Fermentació de la farina

Per fermentar un 0.5 kg de farina (vàlid per ambdues varietats) ens cal: 1 L d'aigua de l'aixeta, 1 ampolla de 1.5 L buida, 20 g de llevat, 1 g d'adob (15,15,15), un pot, 1 agulla de cap de 3 cm de llarg, 1 globus, i cinta adhesiva transparent.



Obtenció d'etanol com a combustible

- Primer de tot posem el gram d'adob a l'ampolla, i hi posem tota la farina.



- Posem 150 mL del litre d'aigua en un pot i hi dissolem els 20 g de llevat.



- Després hi posem la meitat de l'aigua i ho agitem (amb la farina de blat de moro és millor no posar-hi tota la farina de cop, sinó posar-ne la meitat, afegir-hi una mica d'aigua, agitar i acabar-la de posar tota repetint el mateix procés un parell o tres de cops).



Obtenció d'etanol com a combustible

- Afegim els 20 g de llevat dissolts i ho tornem a agitar. Acabem de posar-hi tota l'aigua, agitem, i ho tapem bé.



- Amb un encenedor escalfem l'agulla i la clavem al tap. Hi posem el globus per poder contenir l'aire. Finalment ho segellem bé.



- L'ampolla s'ha de deixar entre una i dues setmanes en un lloc on la temperatura sigui sempre entre 21 °C i 29 °C (294-302 K). Les primeres quatre hores caldrà anar agitant sovint i suaument l'ampolla. Després, amb una estona cada dia n'hi haurà prou.
- Fer el filtrat d'aquesta massa serà molt més complicat. Per tant recomano utilitzar la decantació, deixant reposar l'ampolla sense agitar-la durant unes hores. Tot el sòlid queda al fons i el líquid a sobre. No obstant això, també caldrà extreure el líquid que quedi a baix amb la massa, però es pot fer premsant la pasta de farina.

4.2.3 – Fermentació de les algues

Per cada 1 kg d'algues que fermentem, necessitarem: 1 L d'aigua de l'aixeta, 1 ampolla de plàstic de 2 L buida, 25 g de llevat, 1 g d'adob (15,15,15), un pot, una agulla de cap de 3 cm de llargada, un globus i cinta adhesiva transparent.

- Primer de tot hem d'assecar i triturar les macroalgues per augmentar la superfície de contacte amb els llevats. Les microalgues només s'haurien d'assecar.



Obtenció d'etanol com a combustible

- Un cop fet això podem començar la fermentació. Comencem posant el gram d'adob a l'ampolla i hi posem les algues.



- Després dissolem en un pot a part els 25 g de llevat en 150 mL d'aigua del litre total.



Obtenció d'etanol com a combustible

- Emplenem l'ampolla fins a la meitat amb aigua i ho agitem.



- Tot seguit aboquem els llevats dissolts dins l'ampolla amb l'ajuda d'un embut i hi acabem de posar tota l'aigua i ho agitem.



- Amb l'ajuda d'un encenedor escalfem l'agulla i la clavem al tap. Hi posem el globus per contenir l'aire i ho segellem bé.



Obtenció d'etanol com a combustible

- Durant les primeres 4 hores l'ampolla ha d'estar en una agitació periòdica però d'interval·ls curts. Un cop passades les quatre hores, n'hi haurà prou en agitar-la una estona cada dia. L'ampolla s'ha de mantenir en un lloc on la temperatura rondi sempre entre els 21 °C i 29 °C (294-302 K) durant una o dues setmanes.



- El filtrat d'aquesta fermentació el podem fer amb un embut al buit.





5 – Destil·lació

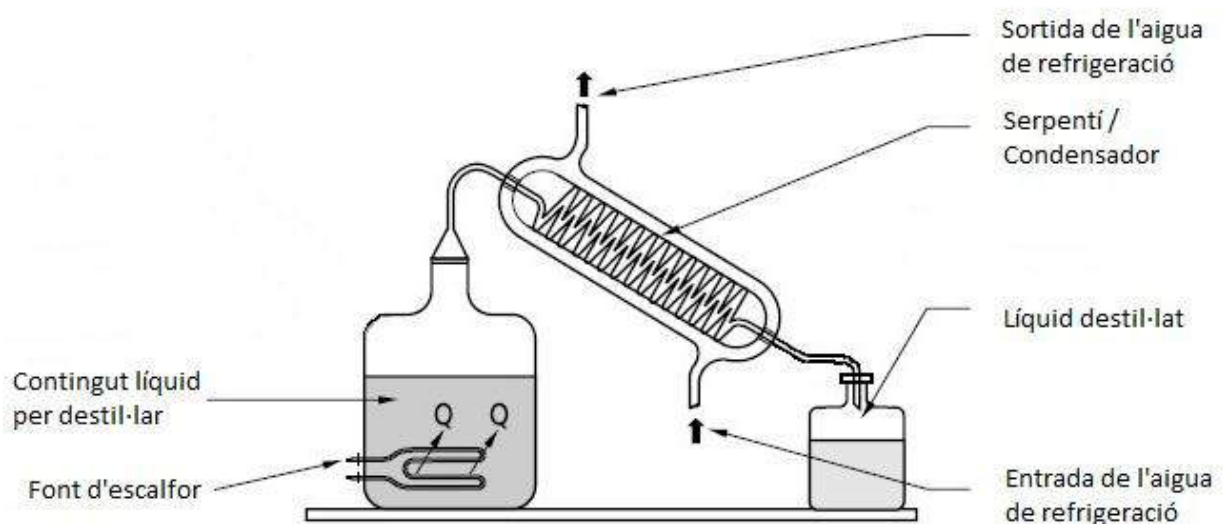
5.1 – Fonaments teòrics

La destil·lació és un mètode per separar líquids (o purificar líquids separant-los de sòlids dissolts) que aprofita la naturalesa del líquid tenint en compte que cada líquid té un punt d'ebullició diferent.

El que es fa en una destil·lació és escalfar els líquids mesclats i fer evaporar el líquid que volem obtenir sense fer evaporar els altres líquids de la mescla. Aquesta operació és possible gràcies a que cada líquid té un punt d'ebullició diferent. El de l'etanol, com ja hem dit, és inferior al de l'aigua. D'aquesta manera es pot recollir aquest vapor i fer-lo precipitar per tornar a obtenir el líquid, aquest cop fora de la mescla.

Per fer una destil·lació s'utilitza un destil·lador, i consta de diverses parts.

- 1- Caldera o perol
- 2- Capitell
- 3- Coll de cigne
- 4- Serpentí o sistema de refrigeració
- 5- Font d'escalfor



Obtenció d'etanol com a combustible

La mescla es posa al perol, que ha de tenir un sistema d'escalfament a sota. Es tapa el perol amb el capitell i es fa encaixar el coll de cigne amb el sistema de refrigeració. Aquest últim ha d'estar ple d'aigua en continu moviment. Un cop comença a bullir, el vapor passa a través del coll de cigne fins al serpentí, on es condensa i es recull el líquid. Cal tenir en compte que altres líquids amb punts d'ebullició més baixos o semblants als del líquid que es vol obtenir poden ser destil·lats juntament amb el líquid desitjat.

Per destil·lar etanol cal saber que el seu punt d'ebullició és $78,37\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($351,37\text{ K}$) i que si no es fa una destil·lació fraccionada també es destil·la metanol (un altre alcohol que només conté un carboni), i que té el punt d'ebullició a $64,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($337,7\text{ K}$).





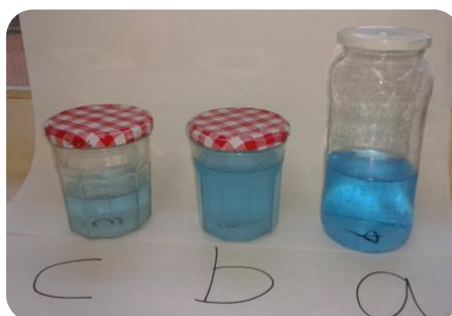
5.2 - Procés pràctic

Les destil·lacions les vaig realitzar amb un destil·lador de 20 L de capacitat dels quals n'omplia 6 L amb el fermentat de patata i algues, i 4.5 L amb el de farina, per tant sempre l'omplia vora $\frac{1}{4}$ de la seva capacitat.

En alguns casos, per obtenir dades més sòlides, vaig fer destil·lats de destil·lats per aconseguir una dada més exacte de la quantitat d'alcohol que vaig extreure. Aquests els vaig fer en un destil·lador més petit.



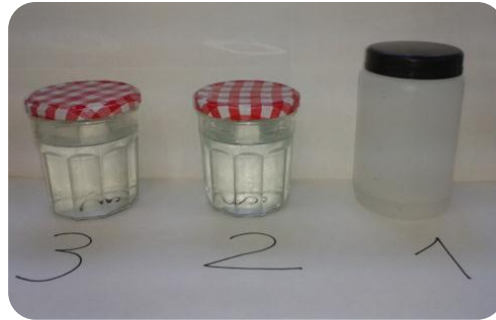
El líquid obtingut amb el destil·lat de patata "agata" era molt blavós; amb la patata "red pontiac" el color blau no era tant intens.



(a la imatge superior, a: els primers 200 mL extrets del destil·lat, b: els segons 200 mL extrets del destil·lat, c: els 100 mL següents)

Obtenció d'etanol com a combustible

Els líquids obtinguts a partir dels destil·lats de farina, en canvi, eren tots completament transparents, tant els de la farina de blat, com els de la farina del blat de moro.



(a la imatge superior, 1: primers 50 mL extrets del destil·lat, aquests cremaven sense cap problema, i per la seva puresa els vaig separar de la resta; 2: els segons 200 mL extrets del destil·lat de farina de blat; 3: els següents 200 mL extrets)

Els líquids obtinguts a partir dels destil·lats d'algues també eren completament transparents, malgrat que el material inicial no era transparent, sinó verd. Aquest líquid transparent era pràcticament tot aigua. Això em va fer desestimar les algues.



6 – Resultats de les destil·lacions

6.1 – Algues

Dels destil·lats d'alga no en vaig poder obtenir alcohol, malgrat haver fet diversos destil·lats. Van ser els primers destil·lats que vaig realitzar, i per això vaig buscar altres elements que tinguessin més quantitat de midó per poder produir l'alcohol.

6.2 – Patata

Dels destil·lats de patata "agata" i "red pontiac" en vaig obtenir el 14 i el 13 % en volum d'alcohol.

Tot seguit he adjuntat dues taules representatives de cada classe de patata. Aquestes dues taules tenen una columna més específica que representa el color, degut a que el destil·lat de la patata presenta un color blavós.

A les taules següents:

-La primera columna està dedicada al temps del destil·lat. Comencem al minut 00:00.

-A la segona columna hi expressem la temperatura en graus Celsius.

-Tot seguit tenim la tercera columna, en la qual anotarem les observacions.

-I finalment, les fermentacions de patata, com ja he dit, tenen color propi, i per això hi he afegit una columna específica per aquest camp.

Destil·lat de la patata "agata"

- Patata "agata" (partim de 50 mL de líquid fermentat).

Temps (min)	Temperatura	Observacions	Color
00:00	26 °C		
08:00	30 °C		
18:00	45 °C		
25:00	55 °C		
30:00	75 °C	Comencem a obtenir destil·lat.	Blavós
35:00	80 °C	Cauen gotes seguides. Comença a fer barronera.	Blavós
45:00	93 °C	Temperatura constant des de 38 fins a 45min.	Blavós--Grisós
48:00	95 °C		Grisós
54:00	96 °C	Amb el canvi de color parem de destil·lar alcohol. Hem obtingut 7 mL d'alcohol fins ara.	Grisós--Marróns
56:00	97 °C		Marróns
59:00	98 °C	Tanquem el foc. Descarto els mL recollits des del minut 54:00 fins al 59:00.	Marróns

RESULTATS:

Alcohol obtingut: 20 mL

Mescla inicial: 50 mL

Amb el destil·lat de la patata "agata" hem obtingut un 14 % d'alcohol.

$$\text{Percentatge d'alcohol obtingut} = \frac{7 \times 100}{50} = 14 \%$$

Destil·lat de la patata "red pontiac"

- Patata "red pontiac" (partim de 50 mL de líquid fermentat)

Temps (min)	Temperatura	Observacions	Color
00:00	25 °C		
10:00	32 °C		
15:00	39 °C		
18:00	46 °C		
20:00	54 °C		
30:00	61 °C		
43:00	70 °C	Comencem a obtenir destil·lat.	Blavós molt clar
55:00	75 °C	Destil·la amb més insistència.	Blavós més intens
60:00	79 °C	Destil·la de manera continuada.	Blavós
65:00	85 °C		Blavós
70:00	89 °C	La temperatura s'estabilitza força.	Blavós - Grisós
75:00	92 °C		Grisós
80:00	94 °C	Hem obtingut 6.5 mL d'alcohol .	Grisós - Marróns
85:00	95 °C	Comença a destil·lar aigua. Parem.	Marróns

RESULTATS:

Alcohol obtingut: 20 mL

Mescla inicial: 50 mL

Amb el destil·lat de patata "red pontiac" hem obtingut un 13 % d'alcohol.

$$\text{Percentatge d'alcohol obtingut} = \frac{6.5 \times 100}{50} = 13 \%$$

6.3 - Farina

Dels destil·lats de farina de blat, i de farina de blat de moro vaig obtenir un 40 % (en volum) d'alcohol de tots dos. Tot seguit he introduït dues taules representatives.

Destil·lat de farina de blat de moro

- Farina de blat (partim de 50 mL de líquid fermentat)

Temps (min)	Temperatura	Observacions
00:00	27 °C	
05:00	30 °C	
10:00	35 °C	
15:00	40 °C	La temperatura puja a poc a poc.
20:00	43 °C	
25:00	48 °C	
30:00	54 °C	
35:00	53 °C	
40:00	58 °C	
42:00	64 °C	Destil·la a poc a poc.
45:00	66 °C	Destil·la més constant.
51:00	72 °C	Continua rajant cada cop amb més insistència.
55:00	74 °C	Continua rajant.
58:00	75 °C	Destil·la amb més insistència.
60:00	76 °C	
65:00	79 °C	
70:00	79 °C	Es manté la temperatura.
80:00	83 °C	
85:00	88 °C	No destil·la amb tanta insistència com fins ara.
95:00	92 °C	Ha anat rajant més cada cop. Hem obtingut 20 mL d'alcohol.
96:00	93 °C	Comencem a destil·lar aigua. Parem.

RESULTAT:

Alcohol obtingut: 20 mL

Mescla inicial: 50 mL

Amb el destil·lat de farina de blat hem obtingut un 40 % d'alcohol.

$$\text{Percentatge d'alcohol obtingut} = \frac{20 \times 100}{50} = 40 \%$$

Destil·lat de farina de blat de moro

- Farina de blat de moro (partim de 50 mL de fermentat)

Temps	Temperatura	Observacions
00:00	25 °C	
05:00	27 °C	
11:00	35 °C	
15:00	40 °C	
20:00	48 °C	
25:00	57 °C	Primeres gotes.
30:00	70 °C	
35:00	79 °C	Destil·la de manera continuada.
41:00	83 °C	
20:00	85 °C	Raja suau. S'encén i crema bé.
48:00	87 °C	
50:00	88 °C	
55:00	92 °C	Temperatura estable.
65:00	93 °C	
70:00	94 °C	Continua cremant molt bé. Temperatura constant a 94 °C.
84:00	94 °C	Continua cremant molt bé. Temperatura constant a 94 °C.
96:00	94 °C	Hem obtingut 20 mL d'alcohol .
97:00	95 °C	Comencem a destil·lar aigua. Parem.

RESULTAT:

Alcohol obtingut: 20 mL

Mescla inicial: 50 mL

Amb el destil·lat de farina de blat de moro hem obtingut un 40 % d'alcohol.

$$\text{Percentatge d'alcohol obtingut} = \frac{20 \times 100}{50} = 40 \%$$

6.4 – Optimització dels processos

Si es volgués portar a terme l'obtenció d'etanol a partir d'aquestes matèries primeres a nivell empresarial i poder produir combustible hi hauria uns quants punts a optimitzar en totes les parts del treball:

- **La selecció de la matèria primera.**

Un cop obtingudes les dades és clar que la farina produeix més alcohol que no la patata, per tant seria lògic que la possible empresa optés per fermentar només farina. Així no obstant, jo no he utilitzat la farina que conté més sucres, pel que s'hauria de fer un estudi per calcular la mitjana de sucres que conté cada classe de farina (no només les dues varietats que he utilitzat).

- **Fermentació.**

Pel que fa a la fermentació hi ha molts aspectes a millorar a nivell industrial.

- Per començar, quan es fa a l'engròs s'hauria de controlar meticulosament la temperatura a la que es troba el producte que s'està fermentant.
- Hi podria haver un sistema d'agitació permanent però suau.
- Es podria escollir un brot de llevat que fos més productiu, o fins i tot alterar-los l'ADN amb la finalitat de fer-los més resistents a l'alcohol, o que hi hagués un creixement més exponencial, o perquè la velocitat del procés fos més curta...
- Es podria fer en condicions perfectament anaeròbiques amb cambres de buit o filtres de gasos.

- Destil·lació.

En la destil·lació també hi ha punts millorables.

- Utilitzar plaques elèctriques per escalfar la solució i poder-la mantenir tota l'estona a la temperatura desitjada.
- Poder disposar sempre d'un termòmetre intern i un d'extern per poder controlar al màxim la temperatura.
- Disposar d'un destil·lador del qual se'n pugui extreure el màxim rendiment possible.

6.5 – Prova en un motor d'avió de ràdio control

Per fer la comprovació de l'alcohol i demostrar que pot servir com a combustible, vaig provar-lo en un motor d'avió de ràdio control.

El motor, del model O.S. 61 Fx de 10 cm³ de capacitat, és un motor del tipus "glow" (utilitza alcohol com a combustible), pensat per funcionar amb una mescla de metanol i oli de ricí, en una proporció del 80 % en volum pel metanol i 20 % per l'oli de ricí.

En les fermentacions vaig produir principalment etanol. Així doncs, vaig fer una mescla amb els mateixos percentatges que acabo d'esmentar, utilitzant etanol i el mateix oli.

Per comprovar el rendiment qualitatiu de l'alcohol produït, vaig engegar primer el motor amb la mescla adequada, la de metanol i oli de ricí.

Tot seguit vaig provar l'alcohol que havia obtingut en els destil·lats. El resultat va ser el mateix qualitativament parlant: la mateixa fressa, el mateix fum, i aparentment, la mateixa velocitat.

Obtenció d'etanol com a combustible

Així doncs, es pot concloure que, l'etanol obtingut al llarg d'aquest treball és òptim per fer funcionar perfectament motors preparats per treballar amb etanol, així com amb motors d'explosió de gasolina, si es tenen en compte els percentatges d'alcohol que s'hi afegeixin.



7 – Conclusions

Tal com mostren les taules dels destil·lats, és possible produir etanol a partir de farina i de patata, en més o menys quantitat respectivament. A més, és viable fer-ho amb farina perquè el rendiment és molt superior al de la patata i per descomptat al de les algues que he provat.

Així doncs, podem concloure que industrialment la producció d'etanol com a combustible seria viable utilitzant la farina com a matèria primera.

També podem dir que podem extreure etanol dels fermentats de patata (cosa que ja sabíem) però industrialment no seria viable a causa del baix rendiment que se n'obté.

I per últim, hem de concloure que, almenys amb les algues que he utilitzat, no es pot obtenir alcohol o se n'obté un percentatge molt baix, i per tant, no podria ser utilitzat com a combustible per a cap motor.

L'alcohol que he produït es pot utilitzar com a combustible mesclat fins al 20 % en qualsevol motor d'explosió de gasolina, o en motors especialitzats per aguantar mescles de més graduació d'alcohol i en motors "glow".

En cap cas l'alcohol que he produït es pot utilitzar com a beguda alcohòlica, doncs per poder-lo beure l'hauria d'haver filtrat amb filtres de carbó actiu, deixat reposar i retirar-li per complet el gust i l'olor de la matèria primera utilitzada.

Per mi ha estat un treball molt interessant i enriquidor a nivell personal i acadèmic, perquè no havia fet mai cap fermentació controlada ni cap destil·lació. També m'ha servit per valorar la importància dels sucres vegetals com el midó.

El fet de poder experimentar per mi mateix en el laboratori ha fet que agafés dinàmiques de treball, que fos més escrupulós a l'hora de treballar-hi, i que hagi adquirit un bagatge que espero que m'ajudi en un futur.

8 - Agraïments

En primer lloc m'agradaria agrair tota l'ajuda que he rebut de part del Doctor i Catedràtic en microbiologia de l'Universitat de Girona, Jesús Garcia, pel que fa als llevats i a les fermentacions. Em va guiar en les proporcions a utilitzar, el material, ... i em va proporcionar molta informació que està reflectida de manera directa o indirecta en el treball.

En segon lloc, vull donar les gràcies a totes les persones que m'han ajudat esporàdicament en alguna part del treball i que m'han donat consell o informació. Aquests són: en Santi Coll, en Jesús Colprim, en Miquel Coma, la Mònica Iglesias i en Jaume Roura.

També estic molt agraït al tutor d'aquest treball, l'Isidre Colomer, per haver-me assessorat i orientat sempre que ho he necessitat, per haver llegit i corregit el treball tants de cops, per haver-me ajudat en les destil·lacions, i per totes les hores de pati o tardes invertides en el treball.

Finalment m'agradaria deixar constància del suport moral i l'empenta que he rebut per part de la meva mare, el meu pare i el meu germà, sense els quals el treball s'hauria fet molt feixuc, i per haver-me ajudat sempre en les destil·lacions, el cultiu d'algues, la preparació de les fermentacions, les correccions...

Moltes gràcies a tothom.

9 – Fonts d'informació escrita

9.1 – Bibliografia

Títol: *L'art de destil·lar*

Subtítol: --

Autor: Miguel Modet

Any: 2001

Editorial: Maxtor

Títol: *Guia de les algues i els líquens dels Països Catalans*

Subtítol: --

Autor: Jaume Cambra, Antoni Gómez-Bolea, Jordi Rull

Any: 1989

Editorial: Pòrtic

Títol: *Biotecnología de la fermentación*

Subtítol: *Principios, procesos y productos*

Autor: Owen P. Ward

Any: 1991

Editorial: Acribia

Títol: *Química avanzada*

Subtítol: --

Autor: Erica Glynn

Any: 1973

Editorial: Nuffield

Títol: *La historia general de las drogas I*

Subtítol: --

Autor: Antonio Escohotado

Any: 1989

Editorial: Alianza

9.2 – Webgrafia

Títol: Biocombustible d'algues

Data d'edició: 2012

Enllaç URL:

<http://lacebeta.blogspot.com.es/2012/02/biocombustible-dalgues.html>

Títol: Petroli blau

Data d'edició: 2014

Enllaç URL:

<http://www.biopetroleo.com/english/>

Títol: Bioetanol

Data d'edició: 2006

Enllaç URL:

[http://www.ebrofoods.es/fileadmin/user_upload/download/Biocarburantes en EVA.pdf](http://www.ebrofoods.es/fileadmin/user_upload/download/Biocarburantes_en_EVA.pdf)

Títol: Bioetanol i biodiesel d'algues

Data d'edició: 2010

Enllaç URL:

<http://www.oilgae.com/algae/pro/eth/eth.html>

Títol: Algenol biofuel

Data d'edició: 2011

Enllaç URL:

<http://www.algenol.com/>

Títol: Methanol fuel (Wikipedia)

Data d'edició: 2014

Enllaç URL:

http://en.wikipedia.org/wiki/Methanol_fuel

Títol: Fuel explanation

Data d'edició: 2014

Enllaç URL:

<http://cooperfuels.com/>

Títol: Aircraft Glow Fuel

Data d'edició: 2003

Enllaç URL:

[http://www.airfieldmodels.com/information_source/model_aircr
aft_engines/glow_fuel.htm](http://www.airfieldmodels.com/information_source/model_aircraft_engines/glow_fuel.htm)

Títol: Mixing your own fuel

Data d'edició: 2014

Enllaç URL:

<http://www.colinusher.info/Model%20Aircraft/fuel.html>

Títol: Glow motors

Data d'edició: 2014

Enllaç URL:

http://www.rojobcn.com/listmot_glow.htm

Títol: Glow motors

Data d'edició: 2014

Enllaç URL:

<http://www.osengines.com>

Títol: Información motores

Data d'edició: 2011

Enllaç URL:

<http://www.picayzumba.com>