



LA CERVESA

FACTORS LIMITANTS EN LA FERMENTACIÓ DEL SACCHAROMYCES CEREVISIAE

Marc Cartanyà Ferré

Tutor: Francesc Xavier Salat Brúnel



INDEX

	Pàgina
INTRODUCCIÓ	1
LA CERVESA	2
Etimologia	2
Història	2
Ingredients	4
Aigua	4
Cereals	5
Lúpul	6
Llevats	7
Procés de fermentació	9
Maltat	9
Barreja i Maceració	9
Ebullició i llupolització	10
Clarificació i refredament	10
Fermentació	11
Embotellament	13
La cervesa i la societat	14
Criteris de classificació	15
MÈTODE D'ESTUDI	17
Determinació dels factors que aturen la fermentació	17
Hipòtesi inicial	17
Experiència 1	18
Experiència 2	20
Experiència 3	22
Experiència 4	23
Conclusió final	25
Producció artesanal de cervesa	26
Esterilització	26
Rehidratar la llevadura	26
Coccio de la malta	26
Oxigenació	27
Fermentació	27
Esterilització i decantació	28
Producció CO ₂	28
Embotellament	29
Valoració personal	30
Observació del <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	31
BIBLIOGRAFIA	32



FACTORS LIMITANTS EN LA FERMENTACIÓ DEL *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

INTRODUCCIÓ

Un dia com un altre estàvem a classe de biologia, quan no se perquè, vam acabar parlant dels fongs que produeixen el pa, la cervesa, el vi...

Aquella mateixa tarda, mentre estava amb els amics al bar i encara no tenia clar el tema del treball de recerca, se'm va acudir fer el treball sobre la cervesa.

Des de ja feia temps que la cervesa havia despertat un especial interès en mi, m'agrada tastar diferents estils de cervesa i fa uns dos anys que col·lecciono botelles de vidre, actualment en tinc unes 130 de diferents.

Doncs, a poc a poc, em vaig anar engrescant i un dia parlant amb un amic sobre el treball que volia fer, i els experiments que volia dur a terme, em va comentar que feia un temps ell havia intentat fer cervesa a casa, però al estudiar a fora i deixar-la masses dies se l'hi va fer malbé. A partir d'aquí em vaig informar de com aconseguir el material per poder fer cervesa a casa, i per internet, vaig poder aconseguir-ho tot.

Abans de fer el treball la meva visió de la cervesa era la d'una beguda corrent i de fabricació complicada i industrial i un cop fet el treball he descobert que no és tan complicat, si els egipcis ja en podien fer cadascú a casa seva, perquè no fer-la ara a casa? A més a més saps el que hi poses, i passes bones estones fent-la i tastant-la amb els amics.



LA CERVESA

La cervesa és una beguda alcohòlica produïda al fermentar sucres en un medi aquós. Aquest sucre s'obté generalment de cereals maltejats. Concretament el cereal més utilitzat a l'occident és la civada i es fa servir el llúpul com a aromatitzant .

ETIMOLOGIA

Existeixen varies versions: la primera diu que cervesa prové de francès *cervoise* i que aquesta prové del llatí *cervisia* o *cerevicia* que a la vegada provindria del gàl·lic *coirm*. Una altra versió diu que ve de *cerealis* que prové de *Ceres*, divinitat llatina i grega de la terra i els cereals. En altres països utilitzen derivats del germànic com per exemple *beer* en anglès, *bier* en alemany o *birra* en italià, tot i col·loquialment també s'utilitza a Espanya i Catalunya.

HISTÒRIA

L'home va domesticar els cereals entre el 10000 a.C. i el 6000 a.C. a la zona de Mesopotàmia. És bastant probable que tant el pa com la cervesa s'haguessin descobert al mateix temps. Només és una qüestió de proporcions: si es posava més farina que aigua i es deixava fermentar, s'obtenia pa. Si s'invertia la proporció i es posava més aigua que farina, i es deixava fermentar, s'aconseguia cervesa. Els rastres més antics que testimonien l'existència de pa i cervesa els trobem a Mesopotàmia.

Originalment la cervesa ofería dos avantatges bàsics. En primer lloc, permetia una repartició més abundosa d'un ingredient no molt fàcil de conrear, en aquella època. En efecte, era més fàcil fer molta cervesa amb una mica de gra que molt pa amb la mateixa quantitat de gra. De fet, moltes cerveses, es van fer remullant pans fermentats, cuïts en aigua i deixant fermentar la barreja. La cervesa es xuclava amb canyes per evitar trobar-se amb grumolls de pa. En



segon lloc, la fermentació produïa alcohol i desinfectava l'aigua oferint així una beguda neta de contaminació bacteriana.

La cervesa es va diferenciar clarament del pa i va passar a ser una beguda independent, quan es va començar a filtrar i llavors a beure sense canya.

El fenomen de la fermentació era concebut com un acte procedent de les divinitats amb fort caràcter màgic, i era concebuda com a beguda sagrada dels déus. No són rars els textos en els quals es descriu una ofrena en la qual figura la cervesa com a aliment sagrat.

La cervesa es va produir en grans quantitats, però també va baixar sensiblement la seva qualitat i, en molts llocs del mediterrani clàssic, va aparèixer la cervesa com a beguda de taverna. L'únic lloc on sembla que la cervesa no va tenir gaire implantació va ser a la Grècia Antiga, on dominava el vi. Per tota la resta, la cervesa, va ser la beguda popular i alhora sagrada

Originalment, les cerveses se solien fer amb un cereal antecessor del blat anomenat espelta. Però ràpidament, es van imposar el blat i l'ordi a la cerveseria. Antigament a Orient s'usava arròs i també bambú.

El blat, més agradable en la seva forma sòlida, va ser reservat a la panificació i l'ordi destinat a la cervesa.

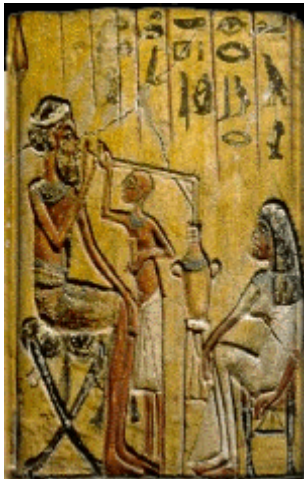
Amb el pas dels segles, sobretot a partir de la romanització, la mediterrània es va consolidar com una zona bàsicament vinícola mentre que la cervesa es produïa al nord i centre d'Europa i adquiria la forma del que entenem avui per cervesa. D'aquesta manera, s'estén l'ús del malt com a ingredient principal i també es comença a introduir l'ús del llúpul com a aromatitzant. Aquesta planta canabacea confereix a la cervesa el seu sabor amarg característic, alhora que afavoreix la conservació.

L'any 1516, el duc Guillem IV de Baviera va redactar la primera llei que fixava què s'entenia per cervesa. Aquesta llei de puresa (Reinheitsgebot) establí que només podia utilitzar-se aigua, malt d'ordi i llúpul per elaborar la cervesa. Aquesta definició és encara la que defineix l'estàndard de cervesa a la major part del món.

La cervesa va començar a recuperar la seva presència social a Espanya a partir del regnat de l'emperador Carles I, que va importar mestres cervesers d'Alemanya. Però en aquell temps, la cervesa era encara un producte de temporada. No se sabia conservar i amb la calor perdia tota la seva força. Va



caldre esperar fins a la Revolució Industrial, el segle XIX, època en què es va descobrir el fred amb mètodes de conservació, per poder gaudir de la cervesa durant tot l'any. Per això, no es pot parlar d'una verdadera indústria cervesera fins al segle XIX, quan comencen a aparèixer petites fàbriques artesanals. La primera gran fàbrica de cervesa a Espanya va ser oberta el 1864 per l'alsacià Louis Moritz a Barcelona que actualment ha reobert la seva fàbrica i es pot tornar a trobar la marca Moritz.



Gravat egipci on s'aprècia com bebiem cervesa amb canya



Figura babilònica d'una dona fent cervesa

INGREDIENTS

Principalment la cervesa està feta d'aigua, cereals malteijat, llúpul i llevadura, algunes cerveses poden portar aromatitzants especials com per exemple: cirera, mel, arrel de genciana, canyam, romaní o barrejades amb algun aiguardent: tequila, whisky. A continuació aprofundirem en cada ingredient:

Aigua

Entre un 85% i un 92% de la cervesa és aigua.

A part de les característiques minerals i bacteriològiques de potabilitat, cada tipus o estil de cervesa requerirà una qualitat diferent d'aigua. Algunes volen aigua de baixa mineralització, d'altres necessiten aigües dures amb molt calci. Entre els minerals de l'aigua que més interessen als cervesers hi ha el calci, els sulfats i els clorurs. El calci augmenta l'extracció tant del malt com del llúpul en



la maceració i en la cocció, i rebaixa el color i la transparència de la cervesa. Els sulfats reforcen l'amargor i la sequedat del llúpul. Els clorurs donen una textura més plena i reforcen la dolçor.

Els cereals

En l'elaboració de la cervesa s'utilitzen tota classe de cereals , però el cereal per excel·lència és l'ordi, tot i que és l'únic que necessita realitzar-li el maltatge abans de fer-lo servir.

Els sucres que conté el gra d'ordi no són immediatament aprofitables i, en una fase prèvia, és precís activar uns enzims presents al propi gra que trencaran les llargues cadenes de sucres, com el midó, en sucres aprofitables com la glucosa. Aquesta operació consisteix simplement a fer germinar els grans. Quan s'estima que l'activació enzimàtica de la germinació es troba en el seu punt òptim, s'atura al procés reduint la humitat del gra. Aquest producte rep el nom de malt verd. Després cal enforar-lo.

A baixes temperatura, el torrat és mínim i es parla de maltes clares . A mesura que s'augmenta la temperatura del forn, la malta resultant és cada vegada més fosca. Es pot arribar al punt de cremar-lo, produint malta negra. El grau de torrat de la malta determina el color de la cervesa. Els altres cereals es poden utilitzar maltant-los prèviament, encara que només és indispensable fer-ho en el cas de l'ordi. Amb els altres cereals, el maltat serveix per aconseguir aromes diferenciades o efectes tècnics concrets.

Encara que existeixen més d'una cinquantena de tipus de malt, els podem classificaren 4 grans grups:

Malta bàsica. Maltes clares, poc enforades amb gran poder enzimàtic, que solen formar la part més gran o la totalitat de la barreja. En concret, aquestes maltes són anomenades lager, pale o pils,

Malta additiu. Són maltes de color que van d'ambre a negre, molt enforades i amb poc poder enzimàtic. Solen ser usades en petites quantitats per incidir sobre el color o el gust de la cervesa o per algun motiu tècnic propi de l'elaboració.



Maltes mixtes. Aquestes maltes estan més torrades que les maltes base però conserven propietats enzimàtiques suficients almenys per a les seves propies sucres, de manera que poden ser usades com a base o com a additiu. En aquesta categoria trobem les maltes de color caramel i ambre conegudes a Anglaterra com a maltes cristall i a Alemanya com a maltes caramel. En aquesta àrea, hi ha dos maltes caramel particulars: dits Munic i Viena molt importants a la cerveseria d'aquests països.

Cereals crus, torrats o gelatinitzats. Com ja s'ha dit, els cereals poden ser utilitzats sense maltar-los per afegir varietat en gusts, aromes, textura i altres característiques a la cervesa. Se solen utilitzar en petites quantitats.

El llúpul

Actualment, en l'elaboració occidental de la cervesa, l'additiu principal que s'utilitza per aportar un gust amargant a la cervesa és el llúpul (*Humulus lupulus*). D'aquesta planta s'utilitza la flor femella sense fecundar. En la base de les seves bracteoles (Fulla, generalment petita, que neix a la base del peduncle floral), hi ha unes glàndules que contenen la llupulina, que és l'ingredient que aportarà a la cervesa el seu sabor amarg i les aromes pròpies. De l'amargor són responsables els àcids amargs i les aromes procedeixen d'olis elementals constituïts en especial per compostos bastant volàtils i delicats, a base d'èsters, i de resines. Existeixen nombroses varietats botàniques del llúpul que són objecte d'investigacions. Curiosament el llúpul és el causant de l'estimulació de la gana que produeix la cervesa.

El llúpul és molt delicat, només es pot utilitzar fresc durant els pocs mesos de collita. Fora d'aquest interval temporal s'ha de condicionar, de manera que el mercat presenta diverses formes que van des del llúpul deshidratat fins a extracte de llúpul. Lògicament, en cada manipulació es van perdre característiques i no és el mateix utilitzar un llúpul fresc o congelat que un oli de concentrat de llúpul.



Flor del llúpul (*Humulus lupulus*)



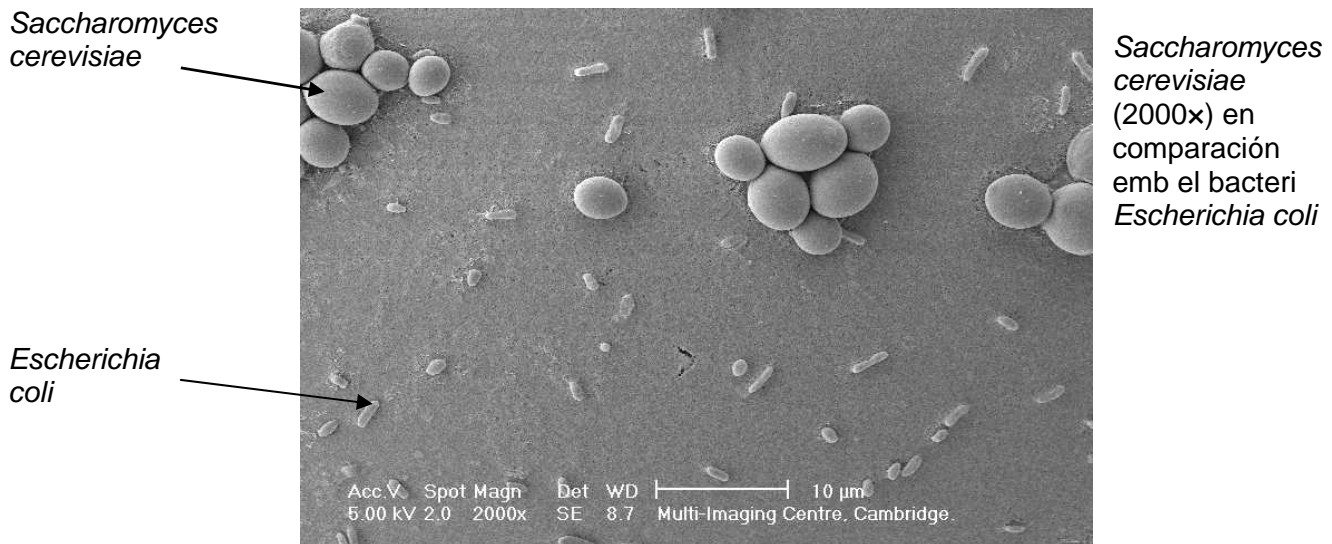
foto microscòpica de la glàndula que produeix llupolina

Els llevats

La majoria de varietats de cervesa es fan usant uns fongs unicel·lulars del tipus *Saccharomyces* comunament anomenats llevats que (com indica el seu nom) consumeixen sucre i produeixen alcohol i diòxid de carboni. Existeixen dos tipus bàsics diferents de llevat que defineixen els dos grans grups estilístics de cerveses:

La llevat d'alta fermentació és la que es troba normalment en la naturalesa. Taxonòmicament rep el nom de *Saccharomyces cerevisiae*. Es troba en les tiges dels cereals i en la boca dels mamífers. Va ser descoberta per Louis Pasteur el 1852 en les seves investigacions sobre la cervesa. Aquesta varietat actua a temperatures d'entre 12 i 24 °C i es situa a la superfície del most. Les cerveses que s'aconsegueixen amb aquest tipus de fermentació se les anomena Alé.

El llevat *Saccharomyces cerevisiae* és un fong unicel·lular. Es divideix per gemmació i pot tenir una reproducció asexual quan es troba en la seva forma haploide, i de manera sexual quan a partir d'un zigot es forma un asca que conté quatre ascòspores haploides. El genoma d'aquest llevat conté un conjunt de setze cromosomes completament caracteritzats i es calcula que aproximadament ha de contenir uns 6200 gens.



El llevat de baixa fermentació és una varietat descoberta involuntàriament pels cervesers del sud d'Alemanya que sotmetien les seves cerveses a una maduració a baixes temperatures a les coves dels Alps. Aquests fongs, de l'espècie *Saccharomyces uvarum* (també denominada *Saccharomyces carlsbergensis*), actuen a temperatures d'entre 7 i 13 °C i solen situar-se en el fons del fermentador. Les cerveses que s'elaboren amb aquesta varietat són les de baixa fermentació o Lager.

El *Saccharomyces uvarum* és una espècie de llevat que es creu que es va originar com un híbrid del *S. cerevisiae* i del *S. monacensis*, a causa de la seva genoma aploide.

La va descobrir Emil Christian Hansen al 1883 quan treballava per a la cervesera danesa Carlsberg, és per això que també se la coneix com *Saccharomyces carlsbergensis*.

En l'elaboració de la cervesa, especialment en les de fermentació espontània, també poden intervenir altres llevats. En aquestes cerveses l'elaborador no selecciona cap llevat sinó que permet que tots els llevats en suspensió en l'aire s'introdueixin al most. Així s'instal·len, a més a més del *Saccharomyces*, més de 50 fermentadors diferents entre els quals cal citar el *Lactobacillus* (és un bacteri), que produeix l'àcid làctic, i el *Brettanomyces*, que produeix l'àcid acètic. Aquestes cerveses són doncs àcides per definició, i la seva elaboració requereix procediments especials destinats a reduir l'acidesa.



PROCÉS DE FABRICACIÓ

Maltat

Com esmentem en parlar de la malta, per poder extreure els sucres de l'ordi i altres cereals, que després es transformaran en alcohol, és de necessari primer sotmetre'ls a un procés a què es diu maltatge.

Els grans d'ordi s'introdueixen en uns tancs on s'oxigenen contínuament amb aire saturat d'aigua per mantenir la humitat durant dos o tres dies. A continuació es porten a unes caixes de germinació on per l'efecte de la humitat i de la calor, als grans d'ordi li començaran a sortir unes petites arrels. Aquest procés, conegut com a germinació, dura aproximadament una setmana, obtenint-se l'anomenat malt verd. A causa d'aquest fenomen natural, el midó de l'ordi es fa soluble, preparant-se per a la seva conversió en sucre.

Per aturar la germinació es porta la malta verda a uns torradors en els quals es farà passar aire sec i calent. La malta, serà d'un tipus o un altre depenent de la temperatura a què s'assequi. Si s'asseca a baixa temperatura, s'obté una malta pàl·lida que s'utilitza en l'elaboració de cerveses més pàl·lides i daurades. Quant major sigui la temperatura, més fosca serà la malta obtinguda i per tant la cervesa que es faci a partir d'ella. El tipus de la malta obtinguda no solament influirà en el color de la cervesa, sinó també en el gust i l'aroma.

Barreja i maceració

Una vegada obtinguda la malta, es tritura i es barreja amb aigua calenta per extreure els seus sucres naturals, mitjançant processos enzimàtics bioquímics. La durada i la temperatura d'aquest procés dependrà de cada productor i de l'estil de cervesa que es vulgui fer. Pot ser una simple infusió a una única temperatura (com per fer tè) o una decocció, en la qual es transfereix la barreja d'un tanc a l'altre a diferents temperatures. La infusió sol durar una o dues hores i és el mètode usat tradicionalment. La decocció és un procés més lent, pot durar fins sis hores. En qualsevol cas, el resultat és una espècie d'aigua ensucrada, i que abans de passar a la següent fase serà filtrada per treure-li les restes del gra (la pellofa) que no es dissol en l'aigua.



En aquesta fase també es decideix la força de la cervesa, depenent de la proporció de malta i aigua la cervesa tindrà més graduació, com més malta més sucres i com més sucre més etanol.

Ebullició i llupolització

Tot seguit, el most es porta a una caldera, on es bull junt amb el llúpol, que li donarà l'amargor i aroma típica de la cervesa. Depenent de la quantitat i de la varietat de llúpol que s'utilitzi, la cervesa tindrà una amargor major o menor. Normalment no es posa tot el llúpol al principi, sinó que s'afegeixen diferents varietats de llúpol en diferents moments de l'ebullició. Aquest procés normalment dura entre una hora, hora i mitja.



Caldera tradicional de coure que encara es pot veure a moltes instal·lacions de cervesa. En el moment que s'afegeix el llúpol a la barreja

Clarificació i refredament

A continuació, és necessari separar les partícules que es van coagular durant l'ebullició. Aquest procés es realitza normalment per mitjà de moviment centrípet del most dins dels tancs, com si fos un remolí que arrossega les partícules sòlides cap al centre i cap al fons. Després d'haver bullit, el most és calent, per la qual cosa abans de passar a la fermentació cal refredar-lo i preparar-lo perquè tingui la temperatura adequada i els llevats treballin bé.



Fermentació

Es porta el most al tanc de fermentació i s'afegeixen els llevats perquè comenci el procés de la fermentació, que consisteix en la transformació dels sucres del most en etanol i diòxid de carboni. Segons el tipus de fermentació que es produeixi s'obtidran cerveses pertanyents a una de les dues grans famílies de cerveses existents: ale i lager

Fermentació alta (Ale)

Els llevats (*Saccharomyces cerevisiae*) que s'afegeixen al most actuen a altes temperatura (entre 15 i 25 °C) a la superfície de la barreja.

Quan acaba d'actuar, el llevat cau al fons del tanc. És un procés ràpid que sol durar entre 5 i 7 dies. És l'anomenada fermentació primària.

La cervesa s'aclareix o filtra perquè els llevats es dipositin en el fons i es traspasa a bótes, tancs de maduració o a ampolles perquè es produeixi una segona fermentació. De vegades s'afegeix sucre i llevats per estimular aquesta segona fermentació i carbonatació.

Aquesta segona fermentació en ampolla, en la qual hi ha encara llevat, fa que algunes cerveses continuïn desenvolupant el seu caràcter a l'ampolla i pugui envellir-se, depenent de la seva densitat i dels llevats que contingui. En general, les cerveses fetes per fermentació alta són més gustoses que les lager ja que els llevats que s'utilitzen no converteixen tot el sucre del most en alcohol.

Fermentació baixa (Lager)

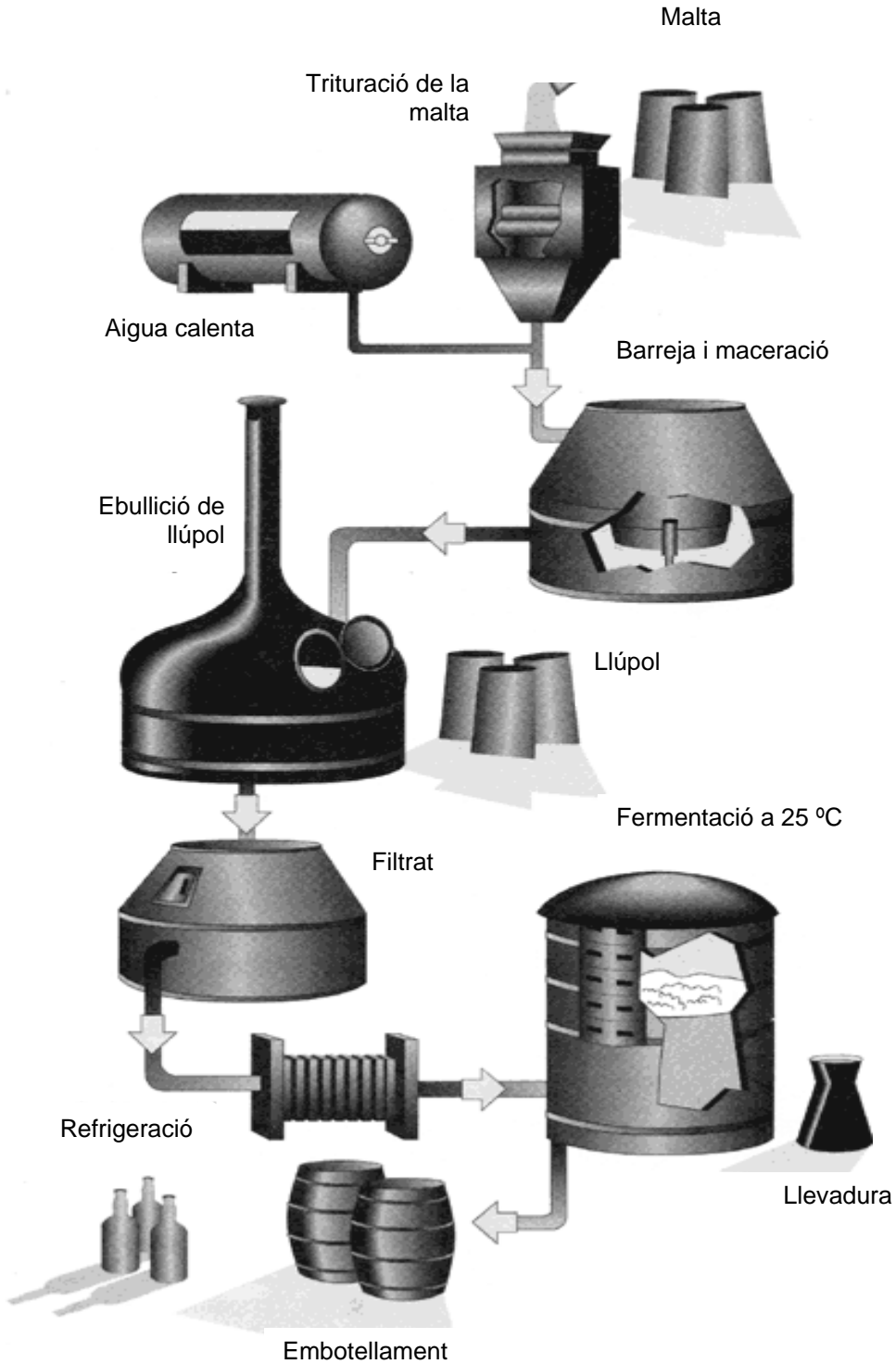
Els llevats (*Saccharomyces uvarum*) actuen a temperatura més baixa a uns 7°C, a més ho fan a la part baixa del tanc de fermentació. També actuen d'una forma més lenta, transformant el sucre en alcohol més a poc a poc. Això fa que la cervesa sigui més seca, no queda casi gens de sucre. Aquesta primera fermentació pot durar fins dues setmanes i és un procés més difícil de controlar que el de les a ale.

A continuació es porta el most a uns tancs de condicionament on es guarda a una temperatura propera al punt de congelació. Aquí es produeix una segona fermentació en què els llevats transformen el sucre que queda en alcohol. Durant aquest període la cervesa desenvoluparà un caràcter especial depenent



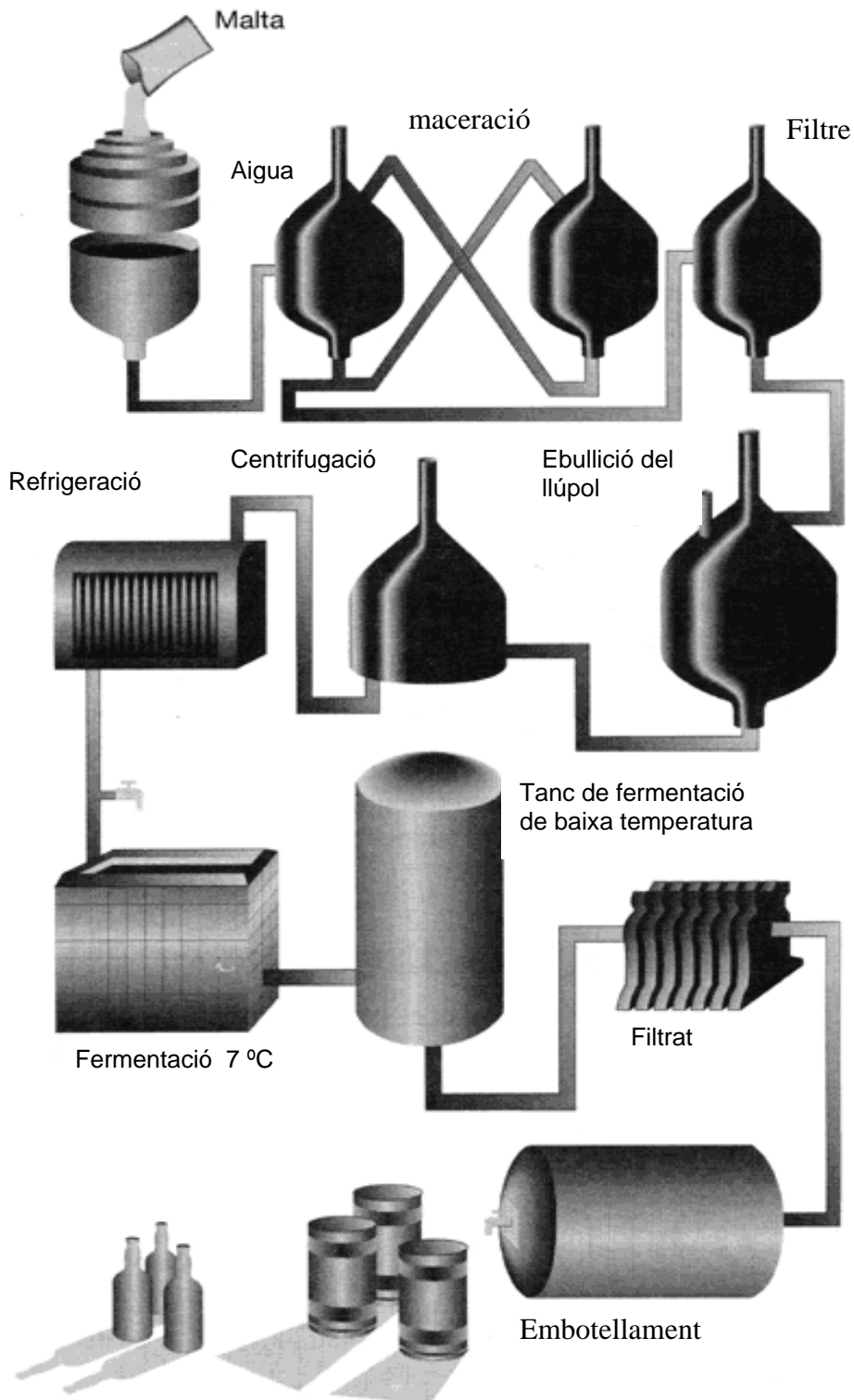
del temps que es deixi madurar. Una bona cervesa tindrà un període de maduració mínim de tres o quatre setmanes, arribant fins dos o tres mesos.

ELABORACIÓ DE LES CERVESES ALE





ELABORACIÓ DE LES CERVESES LAGER



Embotellament

Si la cervesa no a fet una segona fermentació dins de l'ampolla i no te CO₂, s'afegeix diòxid de carboni i s'embotella en botelles, llaunes o barrils. Normalment les cerveses comercials es pasteuritzen per una millor conservació

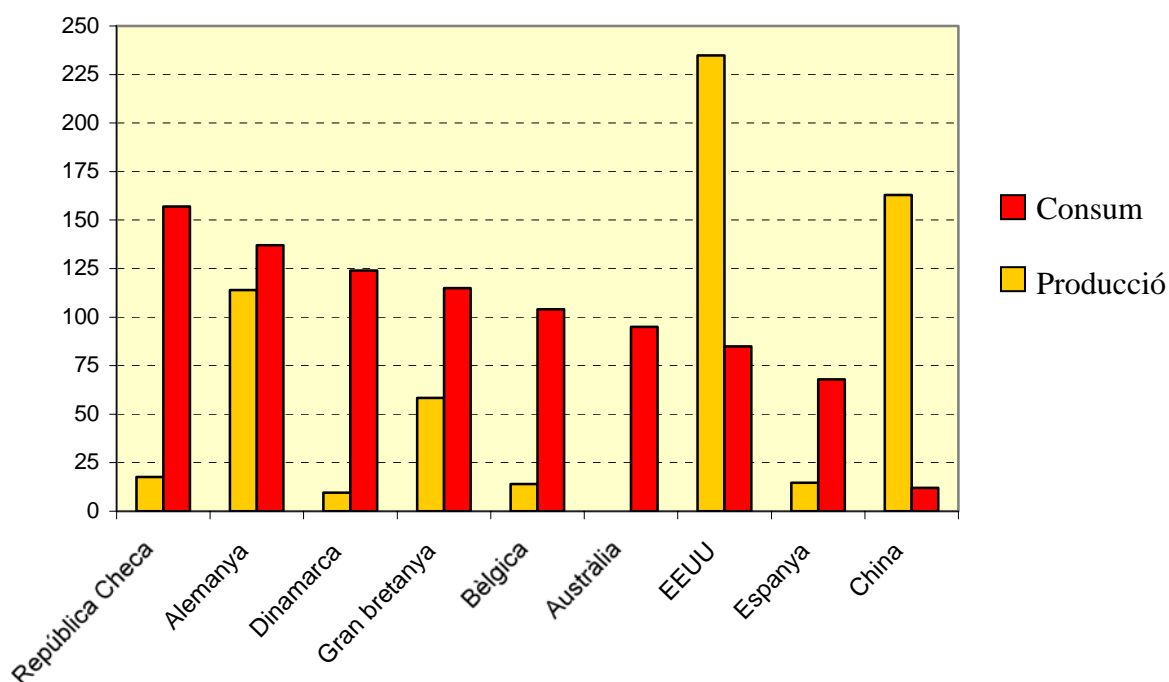


La cervesa i la societat

Tal om hem vist abans els primers elaboradors de cervesa van ser els babilònics i els egipcis. En aquella època la cervesa formava part de la dieta de les persones i era vista com una beguda divina ja que es feia sola, i desinfectava l'aigua.

No serà fins els grecs i els romans que la cervesa passarà a ser una beguda relacionada amb la diversió. Però també va ser en aquesta època que la cervesa va quedar desplaçada pel vi. Per els romans el vi era la beguda de les divinitats i de les persones amb poder, en canvi la cervesa anava relacionada amb les persones de l'esglaió més baix de la societat. Per tant va desaparèixer la producció cervesera al mediterrani i va quedar desplaçada als països nòrdics. Allí habitaven els pobles bàrbars, en cultures com els víkings, danesos, anglesos i celtas, als que els devem les grans millores en la producció, com, per exemple, el fet de maltar el gra per aprofitar al màxim els sucres del cereal. Durant les èpoques següents, a tot el nord d'europa, aniran sorgint petits productors, monestirs i abadies que s'especialitzaran en la cervesa. Finalment al segle XIX, les millores tecnològiques de la indústria permetran que apareguin fàbriques de cervesa que s'estendran a tot Europa.

Actualment existeixen cerveses de tot el món i pots beures cerveses a qualsevol lloc. Tot i que la gran cultura de la cervesa segueix sent els països del nord d'europa tal ho demostren les següents dades.





En el gràfic anterior s'han ignorat les dades de països europeus molt semblants als representats i països amb dades insignificants sense interès per poder obtenir un gràfic entenedor

Com es pot comprovar, els grans productors de cervesa mundials són la Xina i Estats Units, no es que tinguin una tradició molt cervesera, el baix consum ho demostra, sinó perquè són grans productors de cereals i països molt grans, i les dades de producció no estan en funció dels habitants. Si ens centrem en el consum, que si que està en funció dels habitants, veiem que al capdavant hi ha els països nord-europeus amb una tradició cervesera molt arrelada, i cal destacar-ne República Txeca amb els espectaculars 157 litres per persona any i alemanya amb la gran producció i consum, sens dubte el país més equilibrat en alta producció i alt consum.

Criteris de classificació

No existeix una classificació universal sobre les cerveses, sinó que les podem classificar segons diversos aspectes :

Fermentació. Com ja s'ha vist, existeixen tres tipus de llevat que defineixen dos tipus principals de cerveses. Lager (baixa fermentació) i Ale (alta fermentació), descrivint-se dins d'aquestes últimes també el grup de les de fermentació espontània

Ingredients. Habitualment, s'indica amb quin gra s'ha elaborat la cervesa quan no ha estat elaborada exclusivament amb malt d'ordi: cervesa de blat, de civada, etcètera. En la majoria dels casos es tracta d'una barreja de malt d'ordi i del gra indicat. També podem diferenciar les cerveses segons el grau de torrat del gra.

Aspecte. Moltes cerveses reben el distintiu del seu color: cervesa ambar, vermella, rossa. D'altres vénen definides per la seva transparència: cerveses tèrboles (o translúcides). Normalment, la translucidesa d'una cervesa pot ser deguda a les proteïnes en suspensió, procedents del gra o bé pot ser deguda al fet no haver estat filtrada i portar llevat en suspensió. Les cerveses negres són cridades així per l'ús que es fa a la recepta de malts torrats o cremats.



Procediments. Algunes cerveses es defineixen per algun procediment particular: la Rauchbier (cervesa fumada) està feta amb malts que s'han torrat deixant que el fum de la llenya impregni en gra. La Dampfbier o Steambeer vénen definits per l'ús de maquinària de vapor en la seva elaboració. No són exactament estils però es defineixen d'aquesta forma. Algunes cerveses d'Alemanya, a l'hivern, eren servides calentes i a més se solia mullar una barreta de ferro roent (Stachel) per augmentar la temperatura i caramel·litzar alguns sucres: Stachelbier. Aquest procediment també s'ha descrit a Irlanda. La Steinbier és una especialitat en la qual s'escalfa el most llançant-li pedres (Stein) molt calentes.

Procedencia o denominació d'origen. Moltes cerveses es defineixen pel seu lloc d'origen o per una denominació d'origen controlada. És precís parlar en especial de les cerveses d'abadia, que solen rebre el seu nom i la seva denominació per la seva relació, no sempre evident ni directa amb algun cenobi. L'exemple més conegut és el de les cerveses Trappistes dependents exclusivament de monestirs d'aquest ordre. Aquestes cerveses solen ser denses i amb un notable contingut en alcohol. Existeixen dues denominacions d'origen: la bière de garde del Nord de França, i la Kölsch que només es pot elaborar a Colònia.



Mètode d'estudi

La part pràctica del treball constarà de dues parts:

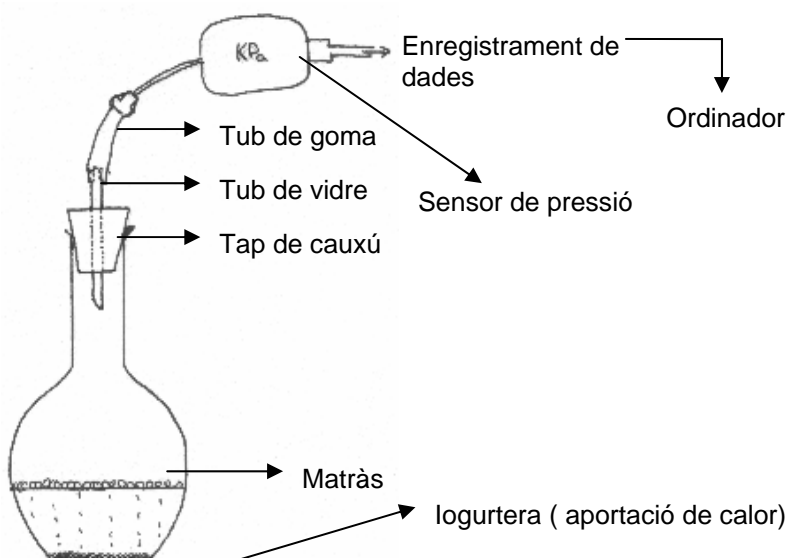
- En la primera en determinar quin és el factor que fa que la *Saccharomyces cerevisiae* deixi de fermentar
- En la segona part consistirà en produir cervesa casolana, intentant reproduir el procés industrial tot el que ens permetin els mitjans.

DETERMINACIÓ DELS FACTORS QUE ATUREN LA FERMENTACIÓ.

Hipotesi inicial: El factor limitant en la fermentació del *Saccharomyces cerevisiae* és l'augment de la concentració d'etanol fins al punt que atura la fermentació

En aquests experiments vull determinar si la concentració d'etanol és letal i impedeix que el *Saccharomyces cerevisiae* converteixi la glucosa en etanol i diòxid de carboni.

Per dur a terme l'experiment necessito tres matrassos en els quals pugui adaptar un sensor de pressió i que quedi tancat totalment hermètic. Necessito els sensors de pressió ja que la pressió serà la variable que ens indicarà si la solució està fermentant o be ja ha deixat de fermentar.



L'aparell per mesura la pressió (MULTILOGPRO) format per el sensor que mesura la pressió de dins el recipient i aquest connectat amb un cable al aparell que enregistra les dades en forma de una taula, un cop per segon, guardant les pressions dels tres matrassos. Després només cal connectar aquest aparell o l'ordinador per mitja d'un port USB i descarregar la taula de dades



Un cop aconseguim muntar els conjunt, totalment hermètic, començo a fer alguna prova i em surten resultats totalment incongruents:

Els resultats diuen que les preparacions amb més etanol són les que fermenten més intensament.

- Al analitzar aquests resultats, observo que al escalfar les preparacions amb etanol, al tenir un punt d'ebullició baix, s'evapori o provoquí un augment de la pressió.

- A més a més al posar-hi molt ferment i glucosa, quan la velocitat de fermentació i la concentració de CO₂ seria diferent, la pressió ja ha arribat a valors tan elevats que fa saltar els taps dels matrassos i m'impedeix continuar amb les medicions.

Per poder solucionar aquests problemes primer redueixo la concentració de sucre i de ferment perquè la pressió no augmenti tan bruscament i després intentaré determinar quina és la variació de la pressió deguda a l'evaporació de l'etanol.

Experiència 1

Hipòtesis

La ràpida fermentació i evaporació de l'etanol augmenta la pressió als inicis de la fermentació impedit la continuació de l'experiment.

Experiment

Vull determinar quina és la variació de pressió deguda a l'evaporació de l'etanol, i trobar les proporcions de llevat i glucosa ideals perquè fermenti a la velocitat ideal per extreure'n resultats vàlids. Per això faig les preparacions següents:

1
150 ml d'aigua 4ml d'etanol 3g de llevat 4g de glucosa
+Q

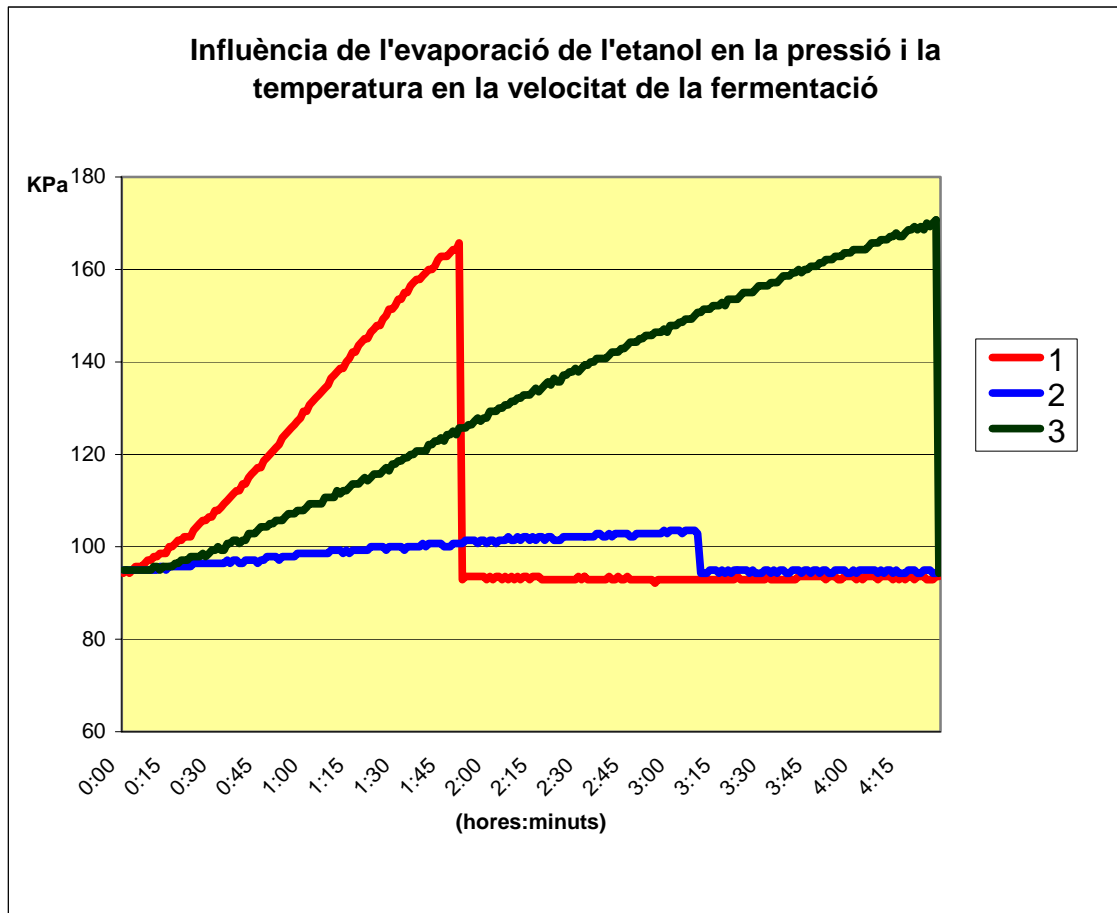
2
150 ml d'aigua 4ml d'etanol
+Q

3
150 ml d'aigua 4ml d'etanol 3g de llevat 4g de glucosa



En la segona preparació es pot veure l'increment de pressió degut a l'evaporació de l'etanol i, a més a més, en els altres dos matrassos es pot veure l'influència de la calor en la rapidesa de la fermentació.

Resultats



Un cop he dut a terme aquesta pràctica observo que amb 4ml d'etanol, la variació de pressió es de 8 KPa al cap de 3 hores escalfant-se. Per tan quan treballa amb quantitats elevades d'etanol em poden aparèixer distorsions degudes a l'evaporació de l'etanol. Si observo les dues altres mostres puc constatar que l'augment de temperatura, gràcies a la iogurtera, accelera la fermentació ja que per arribar a 135 Kpa la preparació escalfada tarda 1 hora 30 minuts, en canvi la preparació que no s'escalfa tarda 4 hores. Una diferència de temps considerable.

En tots els gràfics quan s'observi una caiguda en vertical de la pressió és que el tap s'ha tret o ha saltat per l'elevada pressió.



Conclusions

L'augment brusc de la pressió és degut a l'evaporació de l'etanol i l'alta proporció de ferment i glucosa en el matràs, ja que, amb menys proporció, el tap ha aguantat el temps necessari per poder realitzar les mesures oportunes.

Experiència 2

Un cop solucionats els problemes amb l'augment massa ràpid de la pressió, em dispo a buscar quina és la concentració d'etanol que atura la fermentació de la cervesa, i així saber si és l'etanol o el sucre el limitant en la fermentació.

Hipòtesi

La concentració d'etanol atura la fermentació.

Experiment

Preparo tres matrassos on les úniques variables siguin la concentració d'etanol i la pressió, per així saber la quantitat d'etanol que impedeix la fermentació

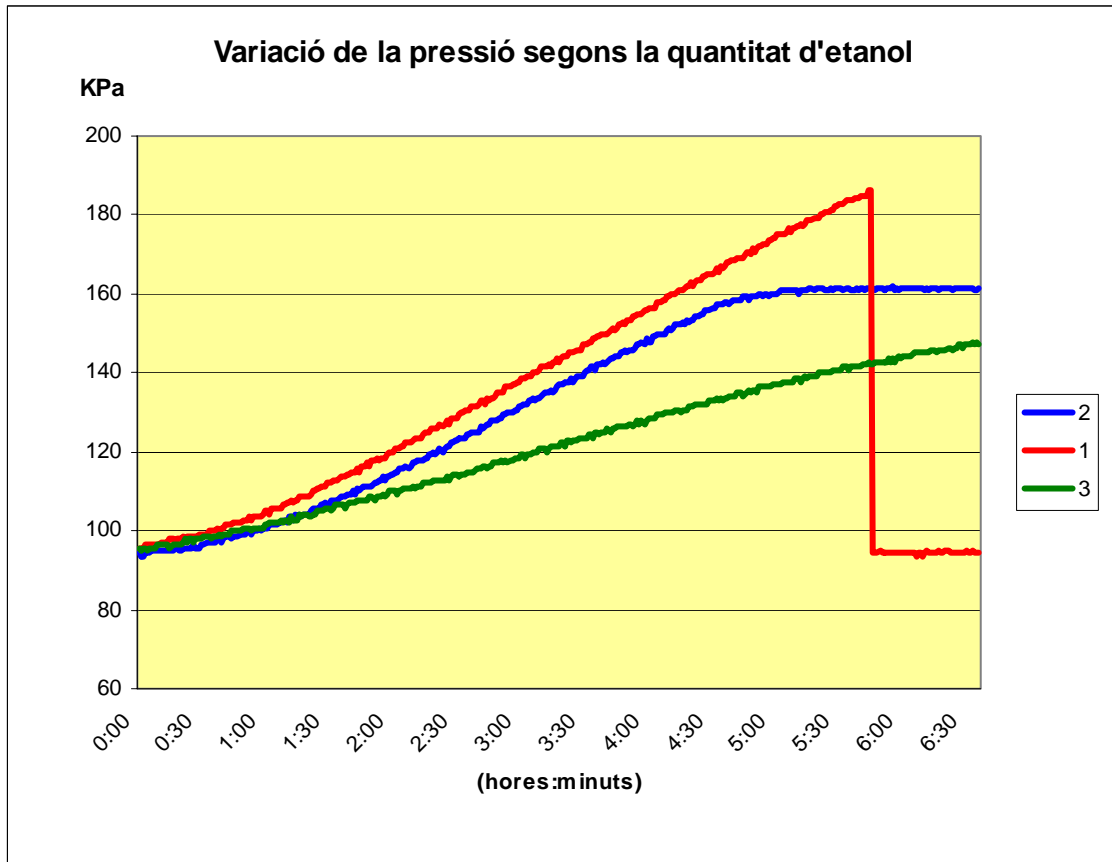
1	2	3
150 ml d'aigua 0ml d'etanol 0% etanol (v/v) 1g de llevat 4g de glucosa +Q	150 ml d'aigua 10ml d'etanol 6% etanol (v/v) 1g de llevat 4g de glucosa +Q	150 ml d'aigua 20ml d'etanol 11% etanol (v/v) 1g de llevat 4g de glucosa +Q

En aquestes preparacions es pot veure com fermentaran les solucions amb més concentració d'etanol (2 i 3) respecte una fermentació normal, sense etanol al inici (1).

$$\text{Concentració d'etanol} = \frac{\text{Volum d'etanol}}{\text{Volum total (H}_2\text{O + etanol)}} \times 100$$



Resultats



Un cop he portat a terme aquest experiment es pot veure com la preparació 1 ha fermentat a bon ritme, fins que al cap d'unes 6 hores ha saltat el tap. La preparació 2 també fermentava a bon ritme però al cap de 5 hores la concentració d'etanol ha augmentat tant que ha aturat la fermentació. Finalment la preparació 3, al inici la pressió ha pujat més degut a l'evaporació de l'etanol, la fermentació ha estat més lenta a partir de les 2 hores.

Conclusions

Després d'aquest experiment ja puc afirmar que l'etanol dificulta la fermentació, ja que he aconseguit minimitzar els efectes de l'evaporació i controlar la velocitat de la fermentació. Obstacles que teníem anteriorment.

També puc afirmar que en la cervesa el factor limitant no és la concentració d'etanol ja que la concentració d'etanol que atura la fermentació és mes elevada que la que tenen les cerveses,.

Però encara ens queda per determinar quina es la concentració límit d'etanol que aturar una fermentació alcohòlica del *saccharomyces cerevisiae*, i sabem que és més gran que l'11%.



Experiència 3

Ja que en la pràctica anterior queda descartat que en les cerveses normals la concentració d'etanol aturi la fermentació, tot seguit vull trobar un valor aproximat de la concentració d'etanol màxima en que pot fermentar la cervesa.

Objectiu

Trobar la màxima concentració d'etanol que atura la fermentació del *saccharomyces cerevisiae*.

Experiment

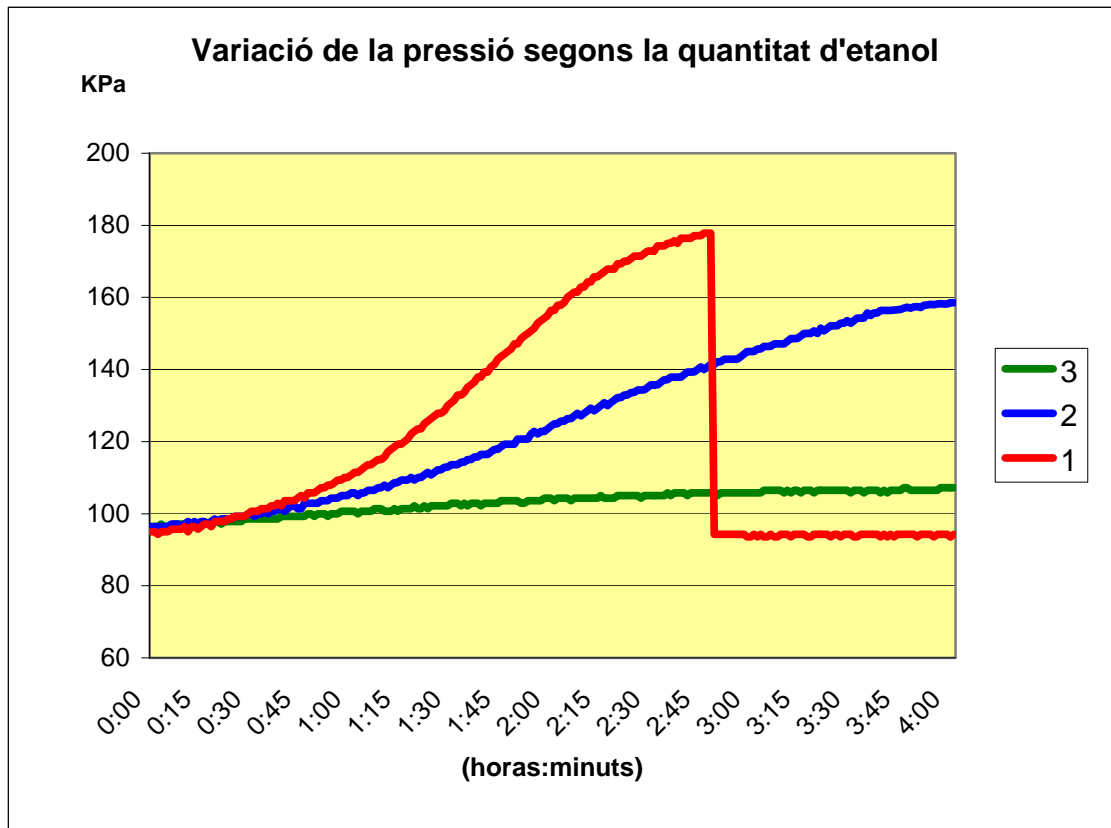
1	2	3
150 ml d'aigua 0ml d'etanol 0% etanol (v/v) 2g de llevat 5g de glucosa	150 ml d'aigua 25ml d'etanol 14% etanol (v/v) 2g de llevat 5g de glucosa	150 ml d'aigua 50ml d'etanol 25% etanol (v/v) 2g de llevat 5g de glucosa
+Q	+Q	+Q

Partint de les mesures preses en la pràctica anterior busco concentracions que puguin aproximar-se a la concentració límit (2 i 3), i a més a més, augmentem una mica el llevat perquè la velocitat de la fermentació sigui més ràpida i no calgui esperar més de 6 hores per acabar la pràctica.

Resultats

Al observar els resultats es veu com la preparació 3 no ha fermentat, i la poca variació que s'observa és deguda a l'evaporació de l'etanol. La preparació 1 segueix la corba normal d'una fermentació sense etanol al inici.

Finalment la preparació 2 s'observa com fermenta més lentament i al final deixa de fermentar perquè la pressió no augmenta.



Conclusions

D'aquesta pràctica n'extrec que la concentració límit d'etanol no és superior al 25% i que a partir de la solució numero 2 puc arribar a un valor aproximat de la concentració límit d'etanol.

Experiència 4

Aquesta pràctica és la continuació de la pràctica anterior, un cop es va acabar la pràctica 3 vaig guardar les tres preparacions tapades hermèticament. Les vaig deixar en repòs 24 hores per assegurar que la fermentació s'havia parat totalment, per falta de sucres o per accés d'etanol.

Objectiu

Determinar la concentració d'etanol que atura la fermentació del *saccharomyces cerevisiae*.



Experiment

Omplo tres tubs d'assaig, cadascun amb una de les mostres de la pràctica 3. Tiro 10 gotes de fehling a cada tub i ho poso al bany maria perquè s'escalfi. El fehling és un indicador de sucres que reacciona amb els glúcids com la glucosa, així doncs, podré saber si en les preparacions queden sucres o no. Passada una estona observo que algun tub ha canviat de color.

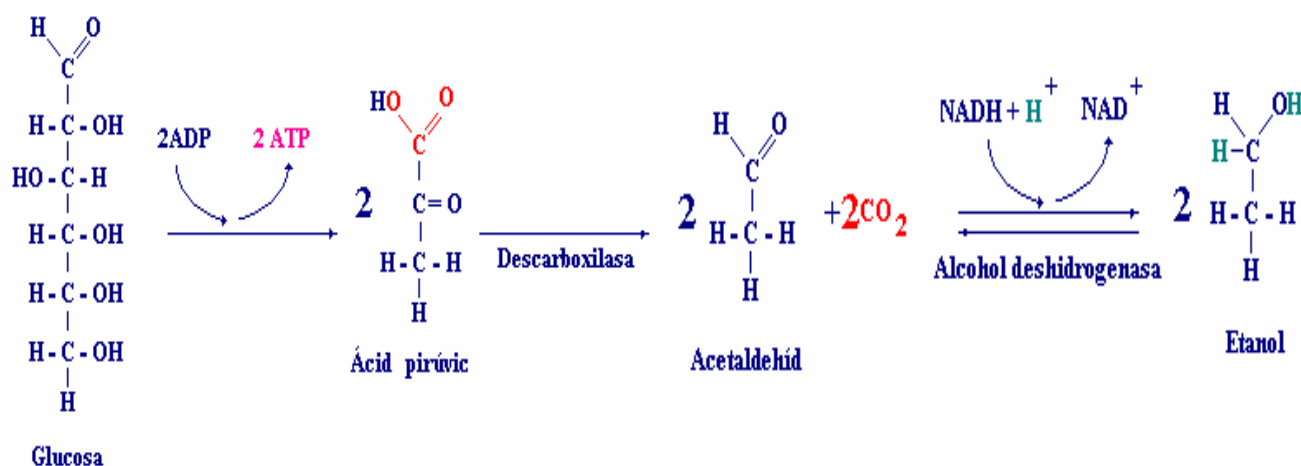
Resultats

El tub d'assaig on hi havia la preparació 1 (fermentació sense etanol al inici) el color es manté, de color blau clar, per tant, no hi ha sucres i la fermentació s'ha parat per falta de sucres.

La preparació 3, (molt d'etanol al inici) el color ha canviat i s'ha tornat de color totxo, per tant puc dir que hi ha sucres i que la fermentació s'ha aturat degut a l'elevada concentració d'etanol.

El cas més interessant, la preparació 2, ha canviat de color però molt lleugerament, encara predomina el blau però amb alguns puntets taronges, i comparant-lo amb el dels altres dos, puc dir que queden alguns sucres.

Veient aquests resultats considero que la preparació 2, al descomposar gairabé 5g de glucosa, ha arribat a la concentració màxima d'etanol.



El següent esquema mostra el procés que fa servir el ferment per transformar 1 molècula de glucosa en 2 molècules de CO_2 i 2 molècules d'etanol. A partir d'aquestes dades i la densitat de l'etanol (0.78g/ml) puc saber la concentració límit d'etanol amb els càlculs següents:



Ja que amb la prova del fehling ha donat positiu, però per molt poc, faré els càlculs agafant els 5g com a glucosa metabolitzada en etanol, tot i que segurament serien unes dècimes de gram menys.

$$5gC_6H_{12}O_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{180g C_6H_{12}O_6} \times \frac{2 \text{ mols } C_2H_6O}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} \times \frac{46g C_2H_6O}{1 \text{ mols } C_2H_6O} \times \frac{1 \text{ ml } C_2H_6O}{0.78g C_2H_6O} = 3.27 \text{ ml } C_2H_6O$$

↑

Passem els
grams de
glucosa a
mols de
glucosa

↑

Passem els
mols de
glucosa a
mols d'etanol

↑

Passem els
mols d'etanol
a grams
d'etanol

↑

Passem els
grams d'etanol
a ml d'etanol
mitjançant la
densitat

Un cop sabem els mil·lilitres d'etanol que ha produït la fermentació els sumem als inicials.

$$3.27 \text{ ml } C_2H_6O + 25 \text{ ml } C_2H_6O = 28.27 \text{ ml}$$

↑

Etanol
produït per la
fermentació

↑

Etanol inicial

↑

Etanol final

Finalment, quan sabem els ml d'etanol que conté la preparació en el moment que s'atura la fermentació en podem saber el tan per cent en volum d'etanol, acostumats a dir graduació alcohòlica.

$$\frac{28.27 \text{ ml d'atanol}}{28.27 \text{ ml d'atanol} + 150 \text{ ml d'aigua}} \times 100 = \underline{\underline{16\% (v/v)}} \text{ CONCENTRACIÓ MÀXIMA}$$

Conclusió Final

Finalment he arribat a la conclusió que la hipòtesi inicial de que la concentració d'etanol atura la fermentació és falsa, i que el factor que atura la fermentació és la falta de glucosa, i que, aproximadament, a concentracions superiors al 16% d'etanol el *saccharomyces cerevisiae* deix de fermentar. Per tant en la cervesa, que no te una graduació tan elevada, la fermentació no és aturada per la concentració d'etanol sinó per la falta de glucosa. Ha quedat comprovat quan en la preparació 1 (sense etanol al inici) de la pràctica 3 després de 24 hores la fermentació s'ha aturat i no hi quedava glucosa.

En general crec que la valoració dels 4 experiments ha estat positiva hi n'he extret conclusions amb fonament.



PRODUCCIÓ ARTESANAL DE CERVESA

La segona part pràctica del treball consistirà en l'elaboració de cervesa a casa. En tots els experiments anteriors feia servir glucosa amb pols, aigua i llevat. Ara utilitzaré ordi, en comptes de glucosa, i llúpol. L'ordi que faré servir ja ve maltat, ja que és un pas força delicat.

A part dels ingredients serà necessari dos recipients hermètics amb una aixeta al capdavant d'uns 30 litres, 70 botelles de cervesa, 70 xapes, un aparell per tancar les xapes, un termòmetre, un densímetre i desinfectant.

Per explicar millor tot el procés ho dividiré en diversos apartats:

Esterilització

La esterilització és probablement la part més senzilla però alhora més important de tot el procés d'elaboració. Una bona esterilització assegura que no tindrem problemes que s'espatlli la cervesa.

Primer de tot, s'omple el recipient amb uns 30 litres d'aigua, s'afegeixen 5 cullerades de la pols esterilitzant i es remou perquè es dissolgui, s'introdueixen tots els estris dins el cubell i al cap de 20 minuts s'esbandeixen bé.

Rehidratar la llevadura

La llevadura que tinc, està en pols i cal rehidratar-la per això s'agafa un cassó i es bull uns 150ml d'aigua, es deix refredar i quan arriba a uns 35°C s'afegeix la llevadura i es deix uns 20 minuts perquè entri en activitat.

Cocció de la malta

Es posen uns 5 litres d'aigua en una olla junt amb la malta, que ens ve amb unes llaunes, i es deix bullir uns 10 minuts, remenant-ho bé perquè no s'aferra al cul de l'olla. Mentrestant s'introdueix, amb una bosseta d'infusió, el llúpol, depenent de l'estona la cervesa serà més o menys amargant.



Oxigenació

S'aboca el contingut de l'olla al recipient de 30 litres intentant que es remogui el màxim, s'allarga el contingut fins als 23 litres.

Un cop la barreja arriba als 25 °C s'hi afegeix la llevadura i amb una espàtula es remena enèrgicament perquè s'oxigeni. Finalment abans de tapar-ho es fa una mesura de la densitat. En el meu cas va donar 1040, la densitat que aconsellava a les instruccions.

Es tanca el recipient i al capdamunt s'hi col·loca una vàlvula perquè el CO₂ de la fermentació pugui sortir en canvi l'aire de fora no entri dins del recipient.



Barreja d'aigua i malta després de la cocció



Oxigenació de la barreja amb una espàtula

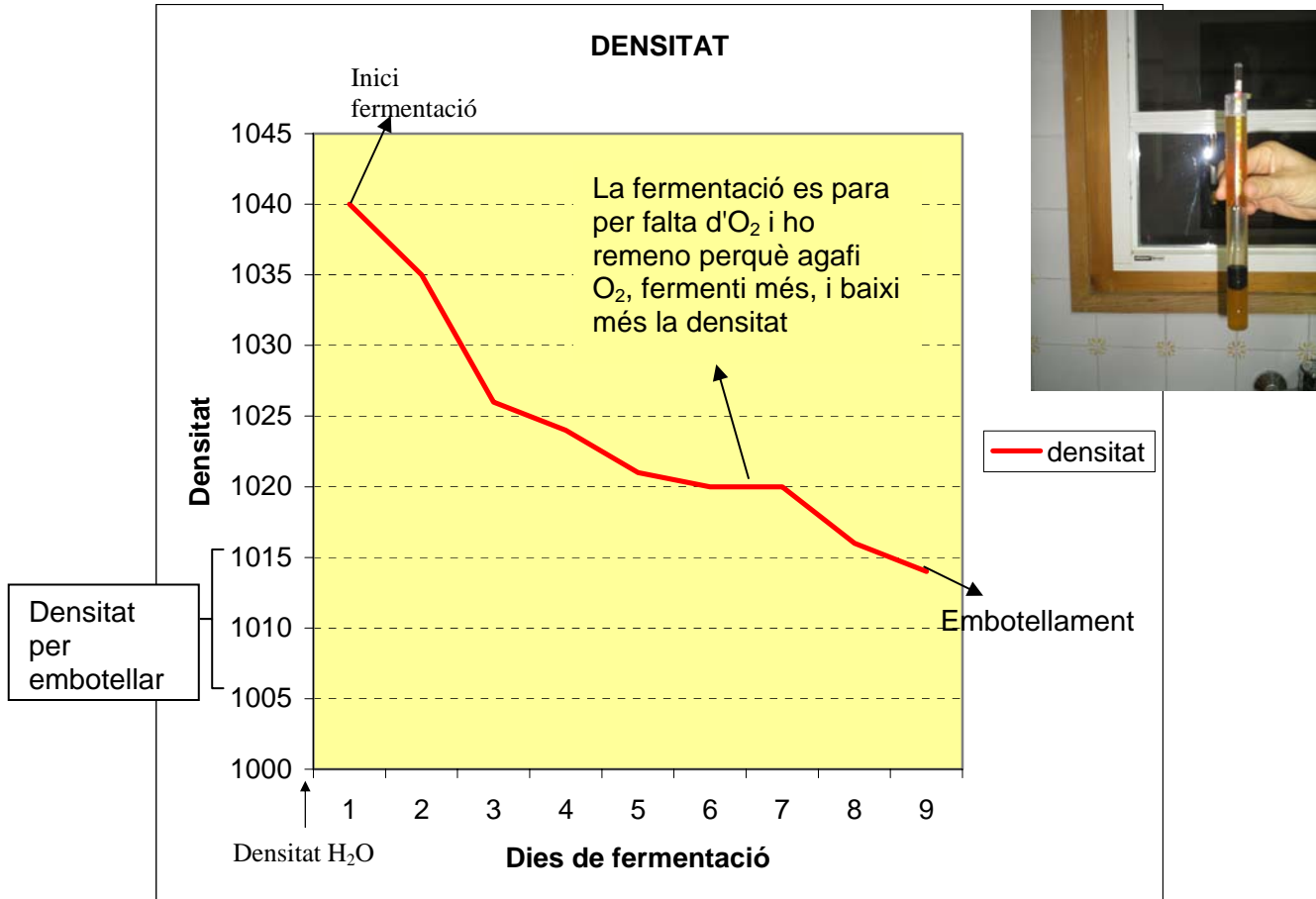
Fermentació

Com que la cervesa que faig és una cervesa lager es deixa en un lloc que no hi toqui el llum a uns 20-25 °C. Al cap de unes 12 hores comença a fermentar. Cada dia es tenen que fer medicacions de densitat per comprovar la bona fermentació de la cervesa, i quan arriba a valors entre 1005 i 1016 es podrà embotellar. Normalment això passa al cap d'una setmana.

S'utilitza la densitat com a variable per mesurar la fermentació del most de la cervesa, ja que al principi conté molts sucres i a mesura que fermenta, aquests es van transformant amb etanol, menys dens que els sucres, per tant la densitat va baixant.



Durant els dies de la fermentació vaig anar fent medicions, i al setè dia vaig tenir que remoure un altre cop la barreja perquè la fermentació s'havia aturat per falta d'oxigen, llavors va poder continuar la fermentació.



Esterilització i decantació.

Amb l'altre recipient de 30 litres es preparen 25 litres d'aigua amb esterilitzant i s'esterilitzen les botelles de cervesa, jo faig servir botelles de cervesa retornables de 33cl, però també ho podria fer amb ampolles de cava.

Un cop esterilitzades, es transvassa la cervesa a l'altre recipient de 30 litres amb molta cura perquè el llevat, que està al fons, no es barregi, i per decantació es pugui separar.

Producció del CO₂

Perquè la cervesa tingui gas cal afegir-li sucre perquè faigi una segona fermentació dins la botella i produeixi el CO₂.

Es dissolen 125 grams de sucre amb una mica d'aigua i s'afegeixen amb molta cura, sense remoure-ho gaire, als 23 litres de cervesa.



Embotellament

Amb l'ajut d'un tub i una aixeta es van omplint totes les botelles una per una, vigilant que quedi espai suficient al coll de l'ampolla sense cervesa perquè, al fer la segona fermentació, les ampolles no explotin.

Amb l'ajut d'un aparell i les xapes, es tanquen totes les ampolles i es deixen en un lloc resguardat del sol durant dues setmanes perquè facin la segona fermentació.

Es aconsella deixar-les dues setmanes més perquè madurin i millorin el paladar.



Botelles esterilitzades preparades per ser omblertes



Omplint les botelles



Tapant les botelles amb xapes



Botelles fent la segona fermentació



Valoració personal

Un cop feta la cervesa, crec que l'experiència ha estat positiva. Quan vaig començar el treball tan sols tenia bastos coneixements de la cervesa i la majoria del que sabia eren opinions de bar sense fonament. Un cop realitzat el treball he entès tot el procés i producció de cervesa, he comprovat quins eren els factors que aturaven al fermentació i finalment he pogut fer cervesa a casa portant a la pràctica tots aquests coneixements. Resolvent els problemes que he tingut durant la fermentació per la falta d'oxigen, i amb l'ajut del meu germà, el meu cosí i el meu pare, als quals dono les gràcies, ha sortit una cervesa amb gust de cervesa.

Després de tastar-la diferent gent aquí escriuré algunes opinions:

Marc Cartanyà : l'aspecte el color i l'espuma són excel·lents, la gasificació és l'adequada, de gust fi al principi i pel meu gust al final, just després d'empassar-te-la un pèl massa amargat

Jaume Ferré (avi): L'aspecte es molt bo, el gust fort al final m'agrada i el que no li agradi ves que et dic: la cervesa és com la música clàssica que al principi no agrada però després cada cop agrada més.

Pep Ferré (tiet): Pel meu gust és massa fluixa, si en tornes a fer fes-ne una amb més graduació, i el regust final es podria perfeccionar però no molesta.

Xavi Ferré (tiet): L'he trobat força bona, amb gust intens al final, *i em va preguntar que quan en tornaria a fer.*

Teresa Blasco: (àvia): l'amarg al final m'agrada i tot, en general bastant bona.

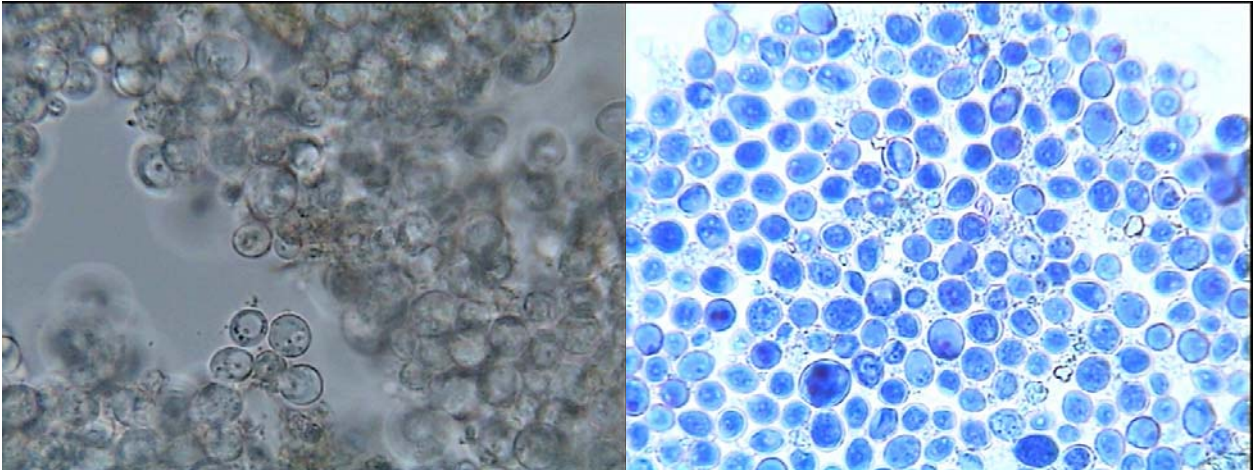
Jaume ferré (tiet): La trobo bona i fa poc vaig beure una cervesa irlandesa amb un aspecte i gust semblant (Murphins)



Observació del *Saccharomyces cerevisiae*

Quan vaig fer la decantació de la cervesa vaig guardar unes mostres del llevat que s'havia quedat al final del recipient.

A l'institut, utilitzant tints i amb el microscopi vaig fer algunes fotos del *Saccharomyces cerevisiae*.



X1000

X1000

Fotos del llevat: la de l'esquerra amb el color natural, i la de la dreta tenyida amb blau de metilè

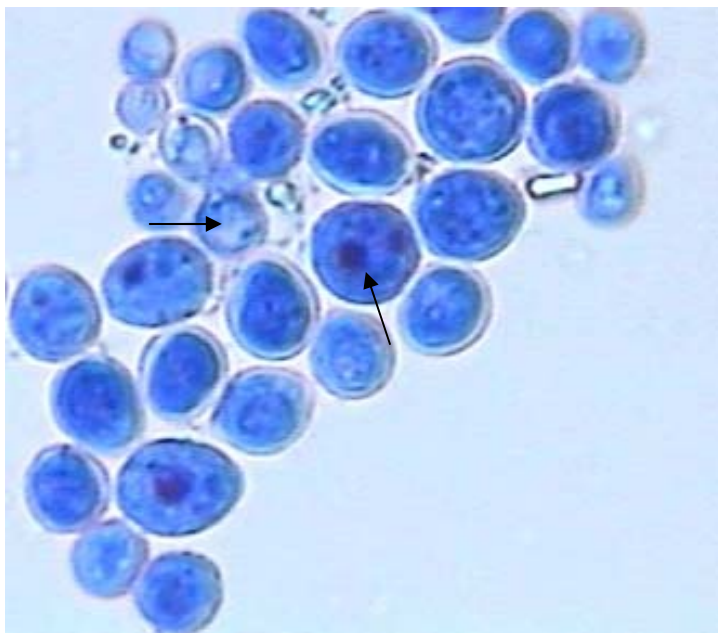


Foto amb més augments del *Saccharomyces cerevisiae*. On s'aprecien orgànuls i nuclis de blau més intens i vacúols de color blau més clar

Foto de 1000 augments augmentada amb l'ordinador



BIBLIOGRAFIA

- Enciclopedia catalana
- GILBERT DELOS. 2002. El gran libro de las cervezas. Iberlibro
- STANIER / DOUDOROFF / ADELBERG. 1977. Microbiologia. Colección ciencia i tècnica – Aguilar.
- <http://www.todocerveza.com>
- <http://www.geocities.com/jvilaper/cerveza.html>
- <http://www.flupulo.es/>
- <http://www.wikipedia.net>
- <http://www.cervezasdelmundo.com/>