



UNIVERSITAT
ROVIRA i VIRGILI

Facultat d'Enologia

Miquel Rodríguez Ortiz

**INFLUÈNCIA DEL MOST DE RAÏM I DIFERENTS
LLEVATS COMERCIALS EN L'ELABORACIÓ DE
GRAPE ALE ARTESANA**

Treball de Final de Grau

Grau en Enologia

Tutora: Gemma Beltran Casellas

Tarragona, juny 2025

ÍNDIX

ABSTRACT	4
RESUM	4
INTRODUCCIÓ.....	5
Què és la cervesa, ingredients i procés d'elaboració	5
Malta.....	5
Aigua	6
Llúpol	6
Llevats	8
Procés d'elaboració.....	9
Situació mundial de la cervesa i l'aparició de les Grape Ale	16
OBJECTIUS	18
METODOLOGIA I MATERIALS	19
Most de raïm.....	19
Elaboració del most de cervesa	19
Fermentació	21
Seguiment de la fermentació	23
Anàlisi de compostos orgànics	23
Anàlisi sensorial	24
Tractament estadístic	24
RESULTATS	26
Diferents percentatges de most de raïm.....	26
Densitat.....	26
pH.....	27
Població total de llevats.....	28
Compostos orgànics. Anàlisi finals	29
Efecte de la soca de llevat en la fermentació.....	30

Densitat.....	30
pH.....	31
Població de llevats viable	32
Floculació, sedimentació i capacitat de mantenir-se en suspensió.....	33
Compostos orgànics. Anàlisis finals.....	34
Anàlisi Sensorial.....	35
Prova triangular i preferència	35
Tast descriptiu	37
CONCLUSIONS	39
BIBLIOGRAFIA	41
ANNEXOS	43

ABSTRACT

In this final degree project, beers were produced with the addition of grape must in different proportions: 5%, 10%, and 20%. The main objective was to study how, and in what way, the grape must affects the characteristics of the final beer. Additionally, the fermentation behaviour was evaluated using different commercial yeast strains: *Saccharomyces cerevisiae* selected for ale beer production, *Saccharomyces pastorianus*, primarily used in the production of lager beer, and another *Saccharomyces cerevisiae* strain optimized for red wine production.

Once the different beer batches were prepared, physicochemical parameters were analysed, and a sensory analysis was conducted.

The results show that the addition of grape must increases both the final alcohol content and the acidity. Regarding the yeast strains, despite bacterial contamination, all three strains were able to carry out fermentation without major issues. The wine yeast (WE 372) presented the most balanced organoleptic profile according to the sensory panel.

Although the study was conducted in a laboratory using sterilized materials and research-grade instruments, this project is focused on the production of artisanal Grape Ale.

RESUM

En aquest treball de fi de grau s'ha elaborat cerveses amb l'addició en diferents percentatges de most de raïm, 5%, 10% i 20%. L'objectiu principal d'aquest TFG ha sigut estudiar com afecta, i de quina forma, el most en les característiques de la cervesa final. Per una altra part s'ha avaluat també com fermenten diferents tipus de llevats comercials, *Saccharomyces cerevisiae* seleccionat per l'elaboració de cervesa tipus ale, *Saccharomyces pastorianus*, utilitzada principalment en la producció de cervesa tipus lager, i un altra soca de *Saccharomyces cerevisiae* optimitzada per la producció de vins negres. Un cop elaborats els diferents lots de cervesa, s'han analitzat els paràmetres fisicoquímics i s'han sotmès a un anàlisi sensorial.

En els resultats s'observa que l'addició de most de raïm incrementa la graduació alcohòlica final i l'acidesa. A nivell de llevats, tot i la contaminació bacteriana, els tres realitzen la fermentació sense problemes greus. El llevat S.c. Vínic (WE 372) presenta a nivell organolèptic el perfil més equilibrat per als tastadors.

Tot i fer l'estudi en un laboratori, treballar amb material esterilitzat i utilitzar instrumentació d'investigació, aquest treball está enfocat en l'estudi de la producció de Grape Ale artesana.

INTRODUCCIÓ

Què és la cervesa, ingredients i procés d'elaboració

La cervesa és la beguda obtinguda a partir de la fermentació alcohòlica, mitjançant llevats seleccionats, d'un most cerveser elaborat a partir de malta, que ha de representar al menys el 50% en massa del total de la matèria prima utilitzada, generalment d'ordi. Aquest most és el producte d'un procés de sacarificació enzimàtica en aigua, amb una addició de llúpol i que es sotmet a un procés de cocció. (Boletín Oficial del Estado, núm. 305, pp. 89403-89410, 2016)

Malta

L'ingredient principal en la cervesa és la malta, producte que s'obté de la germinació parcial de cereals, principalment d'ordi (*Hordeum vulgare*), mitjançant el procés de maltejat. Aquest tractament consta de tres fases: remullat, germinació i torrat.

Durant la primera fase s'aporta aigua i oxigen a les llavors, ambdós necessaris per poder germinar correctament. Les llavors es mantenen immerses en aigua per 2 o 3 dies fins augmentar la humitat relativa d'aquestes fins aproximadament un 45%.

Posteriorment s'estenen les llavors en capes de 10-20 cm en magatzems ben airejats i generalment amb sols de ciment o pedra, a una temperatura d'entre 15 i 20 °C per a que comencin a germinar. Aquest procés sol durar entre 5 i 7 dies, i s'han d'airejar les capes de llavors periòdicament per evitar podridures en les parts més properes al terra. Durant la germinació es produeixen una sèrie d'enzims (amilases, proteases, β -glucanases, fosfatases, ...) que, principalment, ajudaran a fragmentar les cadenes de midó en sucres fàcilment fermentables.

El torrat final no només determina el color de la malta i, per tant, de la cervesa, sinó que també té un paper important en la generació d'aromes a través de reaccions de Maillard i determina el poder diastàtic —capacitat d'hidrolitzar el midó en sucres més simples mitjançant l'acció d'enzims diastàtics—. En el torrat diferenciem tres tipus de maltes:

- Malta clara o blanca. Assecat i torrefacció molt lleugera, alt poder diastàtic.
 - A l'Europa continental (Lager / Pils) 2-3 EBC
 - Món anglosaxó (Pale Ale) 4-5 EBC
 - Tipus Vienna 5-10 EBC
- Malta fosca. Assecat i torrefacció intensa (100°C), baix poder diastàtic
 - Tipus Monaco 10-30 EBC

- Especials: Crystal, Amber 150 EBC
- Tipus marrons 500-600 EBC
- Malta negra o xocolata. Torrefacció a 230°C durant 2 o 3 hores. S'utilitza per les Stout per aportar sabor dolç. 800-1400 EBC

El color EBC (European Brewing Convention) es definit com "La intensitat del color d'una cervesa clara (amb menys d'1 NTU) mesurada en una cubeta d'1 cm de camí òptic a una longitud d'ona a 430 nm, multiplicant l'absorbància per 25" (European Brewery Convention, 2019).

A més de l'ordi també podem utilitzar altres cereals en el procés de elaboració com el blat, el sègol, el morenc o l'arròs. Cadascun ens aportarà característiques organolèptiques diferents, fins i tot poden modificar la formació i la textura de la espuma. No tots s'addicionen en forma de malta, alguns s'incorporen al most crus, amb flocs o fins i tot en forma de farina.

Aigua

L'aigua representa més del 90% del contingut de la cervesa i té una influència directa en les reaccions enzimàtiques i en el perfil sensorial del producte final. Per produir un litre de cervesa, s'utilitzen —sent optimistes— almenys 3,5 litres d'aigua en el millor dels casos (Associazione dei Birrari e dei Maltatori, 2023), cosa que fa que l'elaboració de cervesa sigui una activitat altament exigent en aigua. Lògicament, el consum d'aigua varia substancialment entre cerveseries, depenent dels processos i l'equipament emprat. No tots els estils de cervesa s'elaboren amb la mateixa composició d'aigua, i no totes les fonts d'aigua són adequades per a la producció de cervesa.

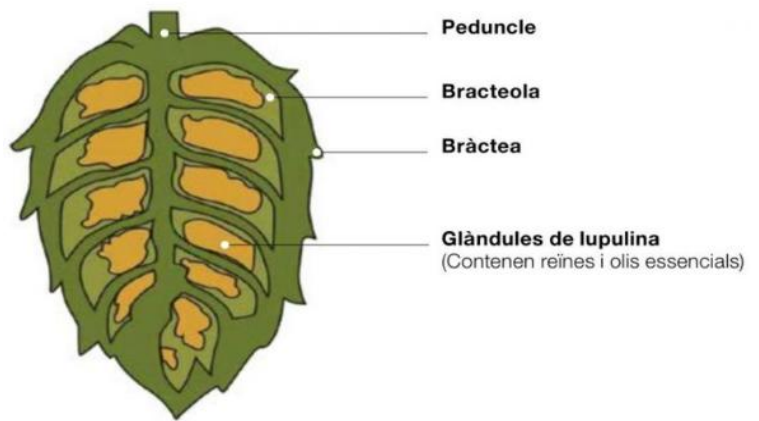
La seva composició mineral, especialment el contingut en calci, magnesi, bicarbonats i sulfats, condiciona el pH del most i la percepció d'amargor, cos o color de la cervesa. Concentracions altes per exemple de clorurs (> 250 ppm) és probable que doni un gust salat i poden arribar a comprometre la viabilitat dels llevats afectant directament a la fermentació (Tortosa Barbó, 2025).

L'aigua també determinarà en gran part el pH del most.

Llúpol

El llúpol és l'ingredient responsable de l'amargor característica de la cervesa, però també contribueix a l'aroma, l'estabilitat microbiològica.

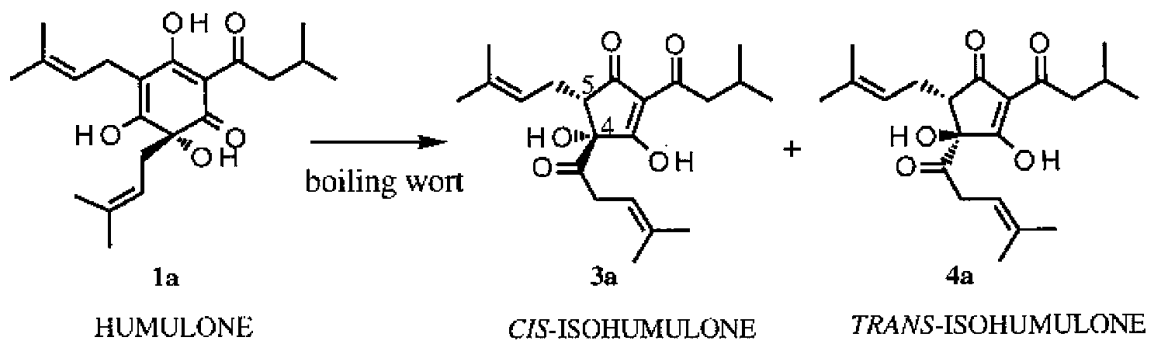
S'utilitza les flors femenines no fecundades de la planta *Humulus lupulus* (Il·lustració 1). Contenen glàndules resinoses riques en α -àcids, que durant la cocció del most s'isomeritzen en compostos amargants, principalment els iso α -àcids. L'eficiència d'aquesta isomerització depèn del temps i la intensitat de la cocció, i és per això



Il·lustració 1. Secció de la inflorescència femenina del Llúpul. Font: Adaptació de wikipèdia

que el moment d'incorporació del llúpul condiciona el perfil amargant i aromàtic de la cervesa. El contingut en resines pot variar del 5 al 20%. Aporten el caràcter amarg un cop isomeritzades i tenen una acció antisèptica. La seva acció antimicrobiana natural ajuda a prevenir la contaminació per bacteris làctics durant la fermentació i conservació del producte.

La isomerització dels α -àcids augmenta amb el temps, arribant al màxim als 60 min de cocció. Es formen tant formes *cis* com *trans*, els α -àcids principals són la Humulona, Cohumulona i Adhumulona, (Il·lustració 2) aquests dos últims donen característiques organolèptiques no desitjades per tant la selecció agronòmica de les varietats de llúpul han anat cap a plantes que tinguin una menor concentració d'aquests.



Il·lustració 2. Procés d'isomerització de l'humulona després de bullir el most

També hi ha β -àcids, molt menys amargants que els α (relació 1:10), molt poc solubles, s'oxiden molt fàcilment i isomeritzen amb moltes dificultats o directament no s'isomeritzen.

A més dels compostos amargs, el llúpul conté olis essencials altament volàtils que defineixen gran part de les notes florals, cítriques o herbàcies de moltes cerveses, especialment les de tipus aromàtic com les IPA (Indian Pale Ale). Aquests compostos es perden fàcilment durant l'ebullició.

Al igual que el gra hi ha diverses formes d'utilització del llúpul, des de pellets, a extracte de llúpul fins a inflorescències assecades.

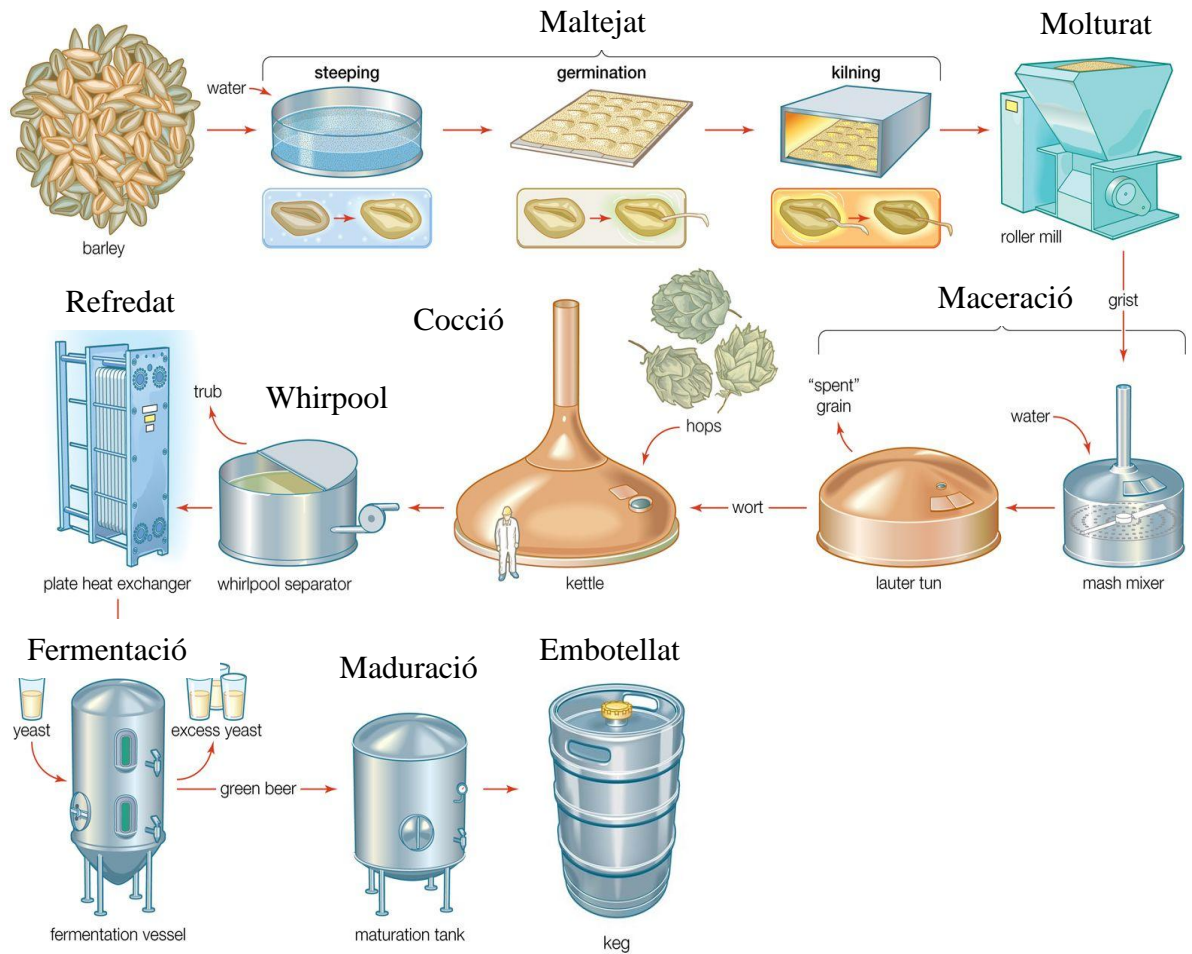
Llevats

Els llevats són microorganismes unicel·lulars, generalment del gènere *Saccharomyces*, tenen un paper fonamental en la fermentació de la cervesa, ja que s'encarreguen de dur a terme la fermentació alcohòlica. En el procés de fermentació diferenciem dos grans estils de cervesa, depenen del llevat que duu a terme la fermentació.

- Cerveses Ale. (*Saccharomyces cerevisiae*). Cervesa d'alta fermentació (T° fermentació entre 18-23°C). Són fermentacions ràpides d'uns 3 o 4 dies. Els llevats, gràcies a la seva paret hidrofòbica tenen la capacitat de formar agregats que es combinen amb el CO₂ i floten, formant així una capa a la superfície del fermentador. Tolereu bé l'etanol i produeixen una gran quantitat d'aromes i alcohols superiors durant la fermentació donant lloc a estils de cervesa més aromàtics.
- Cerveses Lager. (*Saccharomyces pastorianus*). Aquest llevat és un híbrid entre *S. cerevisiae* i *S. eubayanus* (Hutzler et al. 2023). Cervesa de baixa fermentació (T° fermentació entre 10-14°C). Fermentacions més lentes, fins a 10 dies. Les lagers es sotmeten a un procés anomenat 'lagering' (derivat del alemany que significa emmagatzemar). Després de la fermentació primària, la cervesa es manté en dipòsits a baixes temperatures (generalment entre 0 i 4 °C) durant un període entre 60 i 70 dies. Durant aquest temps, els llevats continuen activitat residual, assegurant una fermentació completa i un afinament del perfil aromàtic.

Són cerveses més suaus i menys aromàtiques ja que aquests llevats no generen tants esters o alcohols superiors durant la fermentació. Tolereu menys l'etanol i solen donar lloc a estils de cervesa amb ABV més baixos (3-4%). Tenen la capacitat, a diferència de *S. cerevisiae*, de fermentar la rafinosa (trímer de galactosa-glucosa-fructosa). Aquestes soques no poden formar agregats amb el CO₂ i per tant no floten però tenen la capacitat de flocular i precipitar al fons del dipòsit fent així que el producte final sigui més brillant i clar, a més amb el procés de lagering, el fred ajuda a aquesta precipitació.

Procés d'elaboració



Il·lustració 3. Esquema del procés general d'elaboració industrial. Font: Adaptació (Encyclopædia Britannica, 2025)

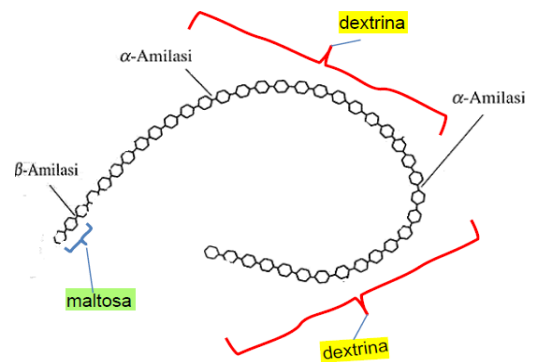
Preparació de la malta

El primer pas per obtenir la nostra cervesa es moldre la malta per trencar el gra i facilitar l'extracció de nutrients i l'alliberació d'aquests. Un gra massa sencer ens pot donar problemes en el procés de maceració i l'alliberació de sucres al medi pot no ser la correcta, en canvi, una malta molturada amb un % de farina massa gran, es a dir, triturar-la, ens donarà una major quantitat de fangs durant la fermentació o problemes de terbolesa en el producte final.

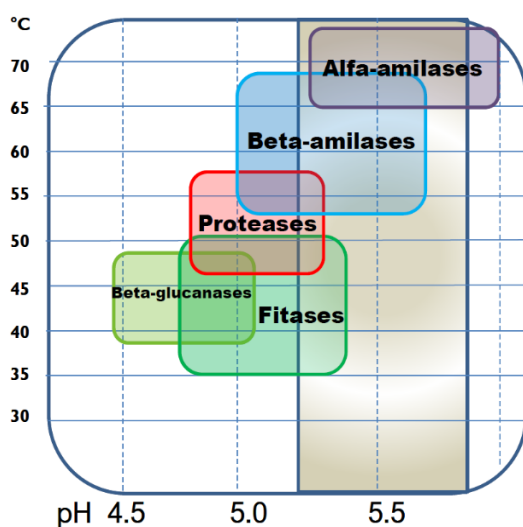
Maceració

La següent etapa es la maceració, procés de sacarificació enzimàtica. Te com objectiu extreure les substàncies ensucrades (passem del 15% al 60-70% de sòlids solubles), hidrolitzar els components proteics (per la nutrició dels llevats i la formació de l'escuma) i obtenir el grau d'atenuació desitjat (% de sucres fermentables). Aquests processos es duen a terme gràcies l'acció de diversos enzims presents en la malta produïts en el procés de maltatge. Segons la malta que utilitzem les carregues enzimàtiques varien. També es poden utilitzar cereals sense maltejar però aquests no aportaran enzims útils per el procés de sacarificació. Si treballem únicament en maltes molt torrades també podem tenir problemes en questa fase de l'elaboració ja que els enzims d'aquestes maltes estaran degradats per les altes temperatures de torrefacció. Els enzims responsables de dur a terme la sacarificació són:

- **β -amilases:** Actuen als extrems de l'amilosa i l'amilopectina i produeix dímers de maltosa (sucre fermentable)
- **α -amilases:** Es la més present, fragmenta el midó en cadenes més petites anomenades dextrines. No són fermentables però aporten cos i textura a la cervesa. Milloren l'efectivitat de les B-amilases ja que tindran dos extrems més sobre els que actuar.(Il·lustració 4)



Il·lustració 4. Cadena de midó on es representa l'acció de les β i α -amilases



Il·lustració 5. Enzims presents en el procés de sacarificació i les seves condicions òptimes. Font: Adaptació (Charles Brenson Bier, 2010)

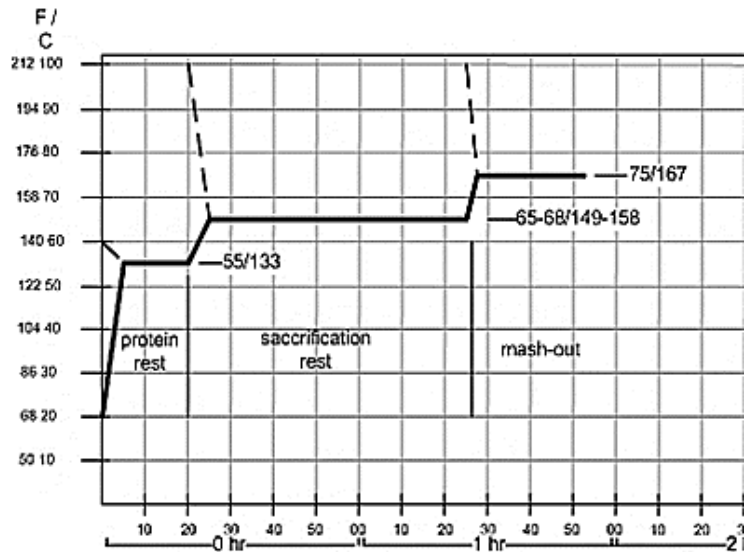
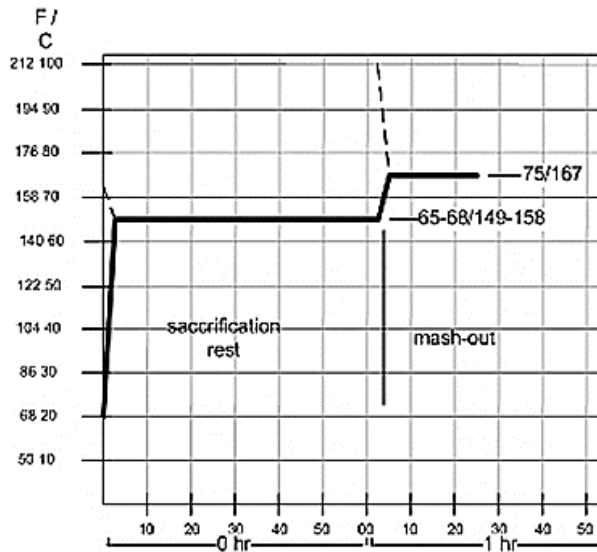
Al ser un procés de sacarificació enzimàtic, caldrà controlar molt bé el temps que tinguem la malta macerant amb l'aigua i la temperatura d'aquesta per obtenir la concentració de sucres fermentables desitjada en el most cerveser. Cada enzim present te una temperatura òptima de treball. (Il·lustració 5) Per això cal escalfar l'aigua i ho podem fer de dues formes.

- Infusió (mètode anglès) (Il·lustració 6) Es barreja la malta molturada amb aigua prèviament escalfada. Es fa servir una sola temperatura, 65-68°C durant aproximadament una hora. El “mash-

out” —terme per definir l'aturada del procés de sacarificació mitjançant una pujada de 10 | P à g i n a

temperatura de la barreja aigua-malta— es du a terme pujant la temperatura fins 78°C afegint aigua calenta.

En les cerveseries artesanes, que a vegades treballen en cereals no tant modificats i optimitzats per la sacarificació, fan servir aquest mateix mètode amb rampes de temperatura. Es va escalfant progressivament la barreja deixant-la reposar en certes temperatures per aprofitar les temperatures òptimes de cada enzim.



Il·lustració 6. Maceració per infusió Font: (Braukaiser, 2008)

Il·lustració 7. Maceració per infusió amb rampes de temperatura. Font: (Braukaiser, 2008)

- Decocció. (Il·lustració 7) S'ha utilitzat històricament per la sacarificació de malta poc modificada com per exemple el moresc, l'arròs o el blat sense maltejar. En aquest mètode sol s'escalfa una part de la barreja aigua-malta, s'escalfa fins gairebé el punt d'ebullició. Posteriorment s'ajunta amb la resta de la barreja i augmenta la temperatura de la totalitat de la massa. Es un procés molt lent i llarg, fins i tot pot arribar a durar fins a 4 o 6 hores. Escalfar a temperatures tant altes pot arribar a degradar aromes.

Filtració

Al final de la barreja de malta-aigua, la solució aquosa amb totes les substàncies solubles dissoltes l'anomenem most o wort, per una altra part tenim els residus de maceració, el bagàs (la malta "gastada", closques del gra, substàncies precipitades durant el procés, impureses de l'aigua, ...).

Es recircula el most per aquest bagàs filtrant-lo gracies als petits forats que es creen entre les cloques de gra buides o grans que no han estat molturats correctament. Es pot recircular fins dos cops, posteriorment es retira i es produeix el rentat. Consisteix en rentar el residu de maceració amb aigua a una temperatura aproximada de 80°C per recuperar els nutrients que s'hagin pogut

quedar retingut al bagàs. Aquest procés també es conegut com *sparging*. En aquest moment d'addició d'aigua també es pot aprofitar per definir el grau alcohòlic potencial.

Cocció i addició de llúpul

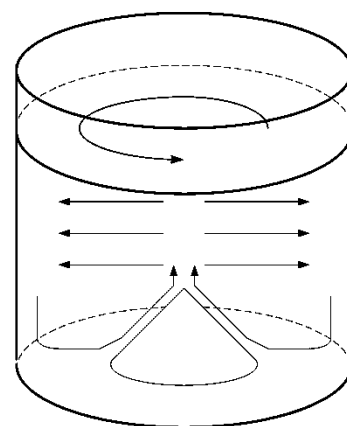
S'eleva la temperatura a valors $>100^{\circ}\text{C}$, es porta el most a ebullició. A temperatures tant altes les proteïnes es desnaturalitzen i un cop refredat el most, caldrà retirar-les per evitar terbolesa al producte final o encara pitjor que precipitin en la botella. Durant aquest procés també es perd aigua per evaporació pel que tenim un fenomen de concentració de tots els compostos del wort.

Es en aquest moment on s'addiciona el llúpul. El sabor amarg sols apareix si el llúpul es manté a $\geq 100^{\circ}\text{C}$ durant cert temps ja que els α -àcids s'han d'isomeritzar. El % d'isomerització varia segons la T° i el temps, però per una altra part, amb la temperatura estarem volatilitzant gairebé tots els compostos aromàtics que ens pugui aportar el llúpul. Per tant cobra molta importància en quin moment de la cocció addicionar-lo i quant temps durarà el procés de cocció, generalment dura 1 hora, ja que més de 60min ja no es produeix més isomerització dels alfa àcids. Si s'addiciona a l'inici de la cocció obtindrem únicament el caràcter amarg mentre que si es fica el llúpul al final de la cocció conservarem la gran part dels aromes.

Gràcies al poder antisèptic del llúpul i les altes temperatures de cocció, el most resultant, es estèril.

Eliminació de partícules en suspensió (Whirlpool)

Seguidament de la cocció cal eliminar els precipitats que s'han generat (principalment proteïnes), substàncies que poden donar turbidesa al producte final i el llúpul. Generalment s'utilitza un aparell anomenat *whirlpool* (que traduït literalment al català significa remolí). Aquest aparell es un dipòsit on la totalitat del most es sotmet a una corrent circular, (formant un remolí, com el seu nom indica) d'aquesta forma, el precipitats més pesants es situaran al centre del dipòsit (Il·lustració 8) i posteriorment podrem treure el most completament net. (La birra di menny, 2025)



*Il·lustració 8. Funcionament del Whirlpool.
Font: labirradimenny.blogspot.com*

Refredament

Ara cal refredar-lo com a mínim a menys de 30°C per poder inocular els llevats, es en aquest procés on cal anar amb molta cura per evitar possibles contaminacions microbiològiques. Com més curt sigui el procés de refredat, millor, menys riscos. Alguns estils de cervesa contempen la fermentació espontània per part dels llevats del gènere *Brettanomyces spp.* i un cop el most esta

bullit ja s'introdueix a botes de roure, on fermentarà, es refreda allí mateix i quan la temperatura es la òptima, arranca la fermentació.

Fermentació

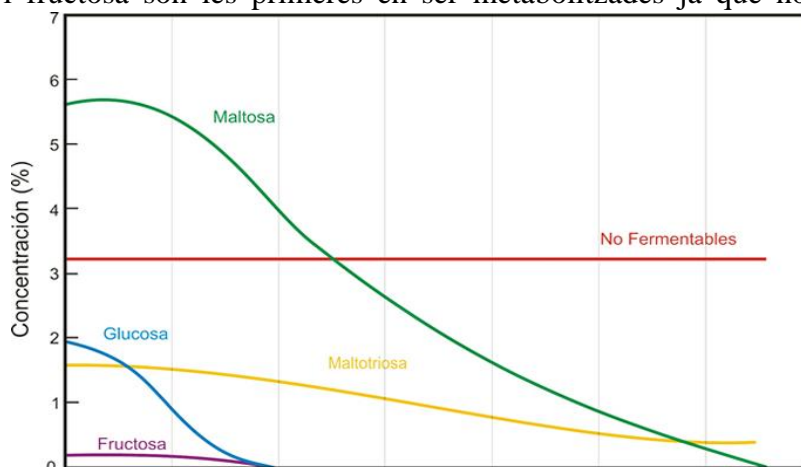
La fermentació és una de les fases més importants en l'elaboració de la cervesa. Es on es transforma els sucres del most en etanol i diòxid de carboni mitjançant l'acció dels llevats, principalment del gènere *Saccharomyces*. Aquest procés bioquímic no només produeix alcohol, sinó que també genera compostos secundaris com esters, alcohols superiors, àcids orgànics i altres aromes que defineixen el perfil sensorial de la cervesa (Castro Marin, et al., 2021).

Durant el procés de cocció el O₂ es eliminat i per tal que el creixement cel·lular durant les primeres fases de la fermentació sigui correcte cal aportar-li. Generalment s'aireja injectant aire estèril entre el camí del most del refredador fins al fermentador. Regulant el l'oxigen que aportem podem controlar el creixement dels llevats i per tant variarà la quantitat subministrada segons el tipus de cervesa que desitgem elaborar.

Segons el tipus de llevat i la temperatura de fermentació, es distingeixen dues grans categories: la fermentació alta (ale), que té lloc a temperatures de 18-23 °C, i la fermentació baixa (lager), que es realitza entre 10-14 °C. Durant la fermentació, el procés passa per diferents fases: una fase de latència, on els llevats s'adapten a les condicions del most; una fase exponencial, d'alta activitat metabòlica on les cèl·lules es multipliquen consumint l'O₂ i una fase estacionària on es genera la gran part del etanol final. En aquesta darrera, tot i que els llevats deixen de multiplicar-se, també metabolitzen compostos secundaris, cosa que incideix en el perfil final de la cervesa, eliminant aromes no desitjats com el diacetil o l'acetaldehid (Bokulich & Bamforth, 2013)

El llevat te preferències a l'hora d'utilitzar els sucres fermentables i els consumeix en un ordre específic (Gràfic 1). La glucosa i fructosa son les primeres en ser metabolitzades ja que no

requereixen d'enzims específics per la seva descomposició ja que son monosacàrids de fàcil assimilació. El següent sucre que utilitza es la maltosa, en aquest cas cal per a que el llevat la pugui utilitzar necessita trencar-la en monòmers de glucosa i per tant ha d'expressar enzims específics



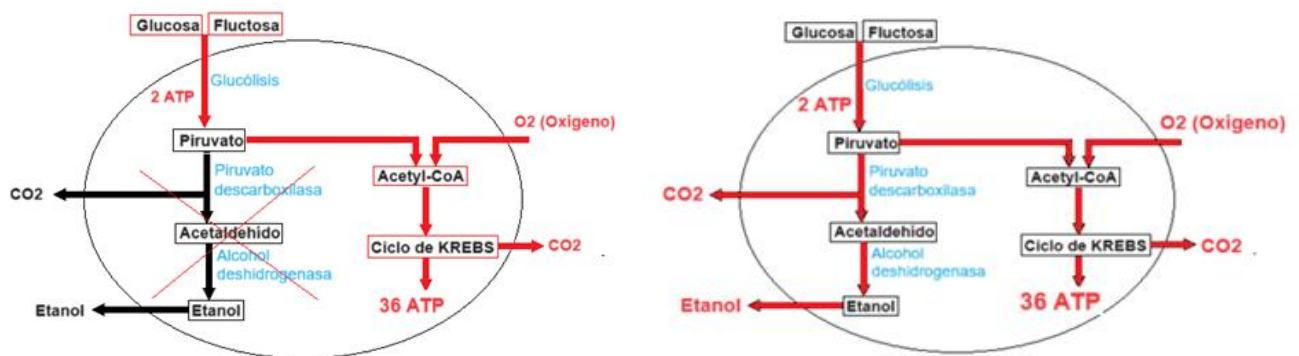
Gràfic 1. Concentració dels sucres respecte els dies de fermentació. Font: (PintxoBeer, 2022)

(maltasa) per realitzar la hidròlisi . Finalment tenim la maltotriosa (tres molècules de glucosa unides per enllaços α 1-4). També estem parlant que per la seva utilització cal passar per un procés d'hidròlisi enzimàtica però en aquest cas serà més lent ja que hi ha dos enllaços per trencar i no totes les soques de *Saccharomyces cerevisiae* poden consumir-la bé, en canvi *Saccharomyces pastorianus* te una major facilitat per consumir-la (Fermentis, 2016). Els sucres residuals que poden presentar algunes cerveses (excloent els sucres no fermentables) generalment son, en gran part, maltotriosa.

Durant les diferents fases de la fermentació els llevats es troben en diferents ambients respecte a la concentració de O_2 i sucres, segons les necessitats de cada moment, aquests variaran el seu metabolisme.

A l'inici de la fase exponencial, quan el most es ric en oxigen i sucres, prioritzarà reproduir-se i per obtenir l'energia necessària entrarà en el procés de cicle de Krebs. Consumirà tant sucres com oxigen i produeix CO_2 però no etanol (Il·lustració 9) . (PintxoBeer, 2022)

En *S. cerevisiae* i *S. pastorianus* es produeix un fenomen particular anomenat efecte Crabtree. Aquest efecte determina que creixen en una concentració abundant de sucres (glucosa / fructosa en concentracions >9 g/L) el llevat principalment fermenta inclús en presència d'oxigen quan en principi hauria d'únicament fer el cicle de Krebs (Il·lustració 10). D'aquesta forma no sols produeix CO_2 si no que comença a produir a etanol, tòxic per molts microorganismes eliminant així possibles competidors per la utilització de sucres.

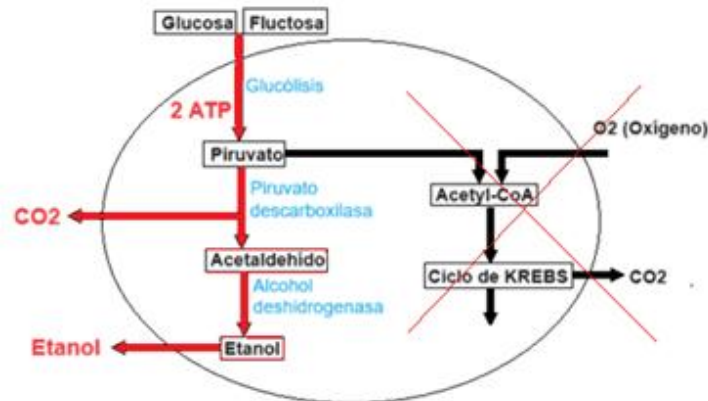


Il·lustració 9. Llevat utilitzant els cicles en el cicle de Krebs. Il·lustració 10. Efecte Crabtree. Font: (PintxoBeer, 2022)
Font: (PintxoBeer, 2022)

És durant aquesta fase logarítmica de creixement cel·lular on es generen la major part d'àcids orgànics, ésters i alcohols superiors responsables del perfil aromàtic de la cervesa. Aquests últims provenen de la degradació d'aminoàcids mitjançant la ruta d'Ehrlich. (Rebecca Roberts, 2023). Compostos com l'acetaldehid apareixen al principi de la fermentació quan el llevat converteix el piruvat i es redueix a etanol es pot quedar en forma d'acetaldehid.

Un altre compost important que apareix sovint durant la fermentació és el diacetil (2,3-butanodiona), conegut pel seu aroma característic a mantega. Es forma a partir de l' α -acetolactat, un precursor derivat del metabolisme d'aminoàcids (Fix, 2019). En condicions òptimes, els llevats poden reabsorbir-lo i reduir-lo a compostos no aromàtics com el 2,3-butanodiol durant la fase estacionària o al final de la fermentació (Duong CT, 2011). Tot i que el diacetil és considerat un defecte sensorial en la majoria d'estils, petites quantitats poden ser acceptables en estils com les ales angleses o les Pilsner tradicionals (PintxoBeer, 2022). Per tal d'afavorir la seva eliminació, sovint es realitza la coneguda "diacetyl rest". Es deixa la cervesa a una temperatura d'entre 16 i 20°C per a que els llevats siguin capaços d'absorbir-lo. (Goldammer, 2022)

En les etapes finals de la fermentació, en la fase estacionaria, el llevat ha de sobreviure en un ambient en absència d'oxigen, amb una baixa concentració de sucres disponibles i una gran quantitat d'etanol. Ara el llevat únicament fermenta generant CO₂ i etanol. (Il·lustració 11)



Il·lustració 11. Fermentació Font: (PintxoBeer, 2022)

Maduració

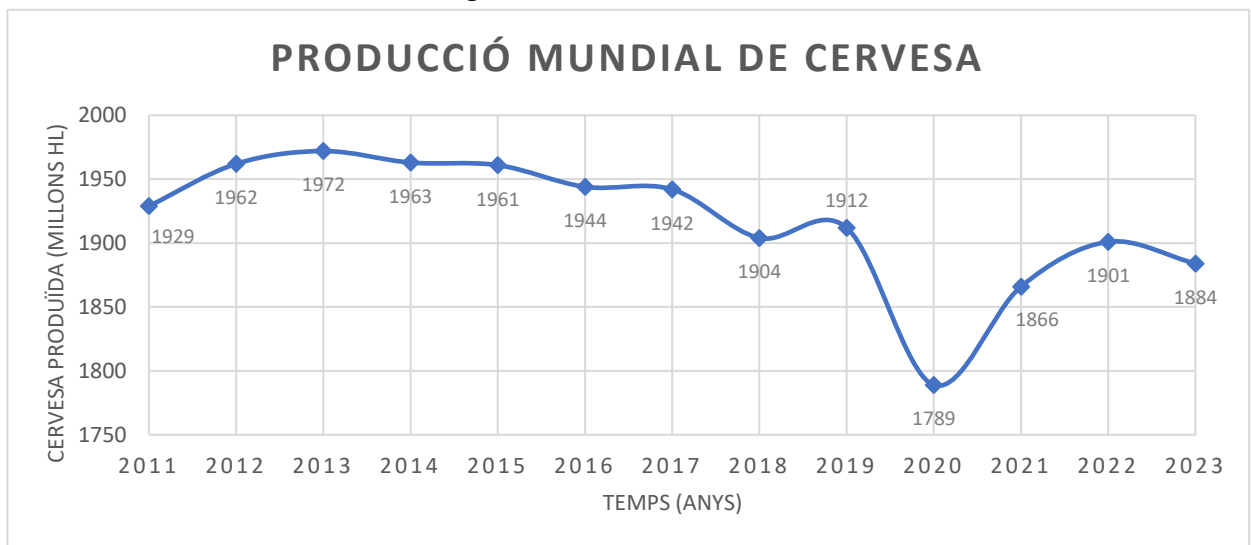
Després de la fermentació principal, la cervesa passa a una fase de maduració (*lagering* en el cas de les cerveses tipus lager). El producte s'estabilitza tant químicament com sensorialment. Aquesta etapa, pot durar des de pocs dies fins a diverses setmanes segons l'estil triat i la decisió de l'elaborador, el llevat encara actiu reabsorbeix subproductes, com el diacetil i l'acetaldehid, millorant així la netedat del perfil organolèptic (Duong CT, 2011) A més, durant la maduració es produeix una precipitació de tots els compostos en suspensió, proteïnes i llevats majoritàriament fet que afavoreix la clarificació natural de la cervesa. La temperatura de maduració, habitualment esta entre 0 °C i 4 °C. Durant aquest procés el perfil aromàtic s'acaba arrodonint i s'integra en la matriu del producte.

Situació mundial de la cervesa i l'aparició de les Grape Ale

Tot i comptar amb uns pocs ingredients essencials, la cervesa presenta una varietat infinita d'estils, cadascun amb característiques úniques que resulten de la interacció entre cereals, aigua, llúpul, llevats i tècniques d'elaboració. Aquesta complexitat, sovint desconeguda pel consumidor mitjà, fa de l'elaboració cervesera un camp extens i digne d'estudi.

La cervesa és una de les begudes alcohòliques més antigues i consumides arreu del món. Però la seva gran varietat d'estils i les nombroses tècniques d'elaboració fan que sigui difícil no trobar-ne una que s'adapti als gustos de cadascú. L'any 2022, el consum mitjà de cervesa a Europa va ser de 56,9 litres per càpita i per any; a Espanya, lleugerament superior amb 58 litres, mentre que la República Txeca va liderar el rànquing amb un consum de 136 litres anuals per persona, l'equivalent aproximat a una ampolla de 33cl diària (Associazione dei Birrari e dei Maltatori, 2023).

La producció global de cervesa encara no ha assolit els nivells previs a la pandèmia de la COVID-19 i previ a aquesta, la tendència era d'una lleugera disminució de la producció cada any. El 2023, a nivell mundial va caure un 1% respecte el 2022 (Gràfic 2) (BarthHaas, 2025).



Gràfic 2. Producció mundial de cervesa al llarg dels darrers anys. Font: (BarthHaas, 2025). Font: Adaptació de la web www.BarthHaas.com

Tot i això les cerveseries artesanes independents segueixen en augment, fet que ha contribuït a una diversificació notable del mercat amb propostes més innovadores i arriscades. Una d'aquestes línies creatives és l'ús d'ingredients no convencionals, com ara el most de raïm —tradicionalment destinat a la producció vinícola— en l'elaboració de cervesa.

L'addició de most de raïm pot modificar tant el perfil sensorial com les característiques fisicoquímiques de la cervesa, aportant una complexitat aromàtica nova i desconeguda per a molts

consumidors habituals. Aquesta pràctica no només representa una oportunitat per a la innovació dins del sector cerveser, sinó que també pot contribuir a una millor gestió dels excedents de most generats per la indústria del vi, que sovint es veu limitada per regulacions de rendiment i producció vinculades a les denominacions d'origen.

Aquest estil de cervesa neix entre els anys 2006 i 2007 a Itàlia, amb dues cerveseries pioneres: Birrificio Barley (Sardenya) i Birrificio Montegioco (Piemont). Van batejar aquest nou estil com a Italian Grape Ale (IGA). No obstant això, no va ser fins al 2015 que la BJCP (Beer Judge Certification Program) —organització que estableix estàndards d'avaluació per a cerveses i que acredita jutges especialitzats— va incloure aquest estil a la seva guia de referència mundial, tot i que només com a “estil local”, és a dir, un estil encara no validat oficialment però rellevant dins el món cerveser artesà. La BJCP no estableix normatives d'elaboració, sinó que proporciona pautes per a la classificació dels estils. El 2021, aquesta mateixa entitat incorpora un nou estil a la secció de cerveses amb fruita: la Grape Ale, diferenciant-la de la IGA però mantenint-la com a estil local. La Grape Ale es defineix com una cervesa que combina les notes pròpies d'un vi escumós amb una cervesa base relativament neutra, que permet que el perfil aromàtic del raïm s'expressi plenament en harmonia amb els aromes del llúpul i el llevat (Beer Judge Certification Program, 2021).

En quant a la proporció de most emprat, la guia indica que habitualment oscil·la entre el 15 i el 20%, tot i que en alguns casos pot arribar a superar el 40%. Un aspecte fonamental és que el most de raïm ha de ser fermentat conjuntament amb el most cerveser, i no simplement afegit com a barreja un cop finalitzada la fermentació. Aquestes cerveses acostumen a elaborar-se durant la verema, quan el most de raïm és fresc, i per això sovint es coneixen també com a cerveses de temporada o directament com a cerveses de verema.

Tant el raïm blanc com el negre poden ser utilitzats, i el seu perfil varietal (per exemple, moscatell vs merlot) tindrà un paper clau en les propietats sensorials finals. Les maltes emprades solen ser “neutres” (poc torrades, majoritàriament d'ordi o de blat) per evitar que el gust a cereal eclipsi el perfil del raïm. Pel que fa als llúpols, es prioritzen varietats de caràcter més aromàtic que amargant, preferiblement amb notes fruitals o florals. Malgrat això, no es recorre habitualment a la tècnica del dry hopping – tècnica en la que es macera el llúpul sec un cop el most de cervesa està ja en fermentació evitant així que alliberi cap tipus d'amargor, potenciant molt més l'aroma del llúpul – ja que no es busca una predominança del llúpul com podria passar en una IPA, sinó un acompanyament subtil de l'aroma del raïm.

OBJECTIUS

Aquest treball de fi de grau té com a finalitat:

- Avaluar l'impacte de l'addició de diferents percentatges de most de raïm (%R) en la cinètica de fermentació i en les característiques fisicoquímiques i sensorials de la cervesa final.
- Analitzar la influència de diferents soques de llevat en l'evolució de la fermentació d'una cervesa amb most de raïm (10%R), i l'efecte que aquestes tenen sobre els paràmetres fisicoquímics i el perfil organolèptic del producte final.

També busca oferir una visió global sobre l'elaboració de cerveses tipus Grape Ale, des de la formulació i la fermentació a l'anàlisi dels resultats finals. Així doncs, contribuir a millor comprensió d'aquest estil innovador i posar en valor la diversitat d'estils existents dins del món de la cervesa artesana, la majoria desconeguts per públic general.

METODOLOGIA I MATERIALS

Most de raïm

El most de raïm utilitzat per aquest estudi prové de la varietat Carinyena, cultivada a la zona vitivinícola de la denominació d'origen Montsant, de la població de Masroig, de la verema del 2024. Un cop desrapat i trepitjat, amb un colador per separar les pells i les llavors, obtenim el most. El most no te cap tipus de tractament, sense SO₂, sense clarificar, estabilitzat proteica o tartàricament ni esta filtrat. Es conservat en una garrafa de 5L en un congelador aproximadament a -18°C per 4 mesos. Abans d'utilitzar-lo es deixar descongelar en una nevera durant 3 dies. Després de tot aquest temps congelat es considera que el most es estable tartàricament tot i que no es fa cap tipus de test per comprovar la estabilitat. S'especifiquen els anàlisi inicials del most a la Taula 1

Taula 1. Paràmetres inicials del most de raïm posteriors a la congelació d'aquest.

Paràmetres most raïm post congelació	
Sucres (Glucosa + Fructosa, g/L)	252
GAP (Grau alcohòlic provable)	14
pH	3,409
Densitat (g/cm ³)	1065,6
Àcid Tartàric (g/L)	3,4
Àcid Acètic (g/L)	0,4

Elaboració del most de cervesa

Per una millor gestió logística es divideix l'estudi en dues parts, la primera on s'estudia els diferents percentatges de most de raïm (endavant %R) i una segona on varien els llevats que duen a terme la fermentació. Es per això que el most de cervesa que s'utilitza en cada part pot presentar variacions tot i tenir una recepta comú, son dos lots d'elaboració diferents. S'especifiquen els diferents ingredients utilitzats a la Taula 2

Taula 2. Ingredients per l'elaboració dels dos lots de cervesa. Marca comercial del ingredient especificada entre parèntesi.

	1er LOT (%R)	2n LOT (10%R - diferents llevats)
Volum estimat	12L	12L
Aigua emprada (Fontseny)	16L	16L
Volum final	7,5L	10,6L
Eficiència de l'equip	47,2%	66%
GRA		
Pale Malt (Laguilhoat)	5Kg	2Kg
Crystal Malt (Castle Malting)	100g	100g
LLÚPOL		
Challenger (Laguilhoat)	35g	19g
ALTRES: clarificant		
Irish Moss (Brewferm)	10g	10g

Tots els ingredients utilitzats per el most de cervesa son comprats de la web Cocinista (Cocinista, 2025).

Les dues maltes utilitzades son d'ordi. La primera, la Pale Malt, es pot utilitzar per una gran varietat de cerveses, podríem dir que es una malta base, ens aportarà poc color, ja que sols te entre 5 i 7 EBC, i molts sucres fermentables i sobretot una gran carrega enzimàtica per poder tenir un bon procés de sacarificació. Com a segona malta s'utilitza la Crystal Malt, una malta lleugerament torrada que ens aportarà color (entre 140 i 160 EBC) i un lleuger aroma a malta i tocs caramel·litzats que poden arribar a complementar l'aroma del raïm.

S'utilitza l'aplicació BeerSmith 3 (<https://beersmith.com>) com auxiliar a l'hora de planificar la recepta i tenir així una estimació dels resultats.

La maceració en tots dos casos duren 1h. El procés de cocció, en tots dos lots, dura també 1h i s'addiciona el llúpul a l'inici de la cocció.

Les diferències d'eficiència de l'equip entre el primer i el segon lot es degut a un canvi en el procés d'elaboració, en el primer cas, per la maceració, es fa servir el mètode BIAB (Brew in a Bag), tota la malta es disposa dins d'una malla que es fica a macerar amb l'aigua dins del mateix recipient on posteriorment es durà a terme el bullit. El problema resideix en mantenir una temperatura

constant per realitzar una bona maceració. S'utilitza una olla d'acer inoxidable i al no ser un recipient amb un aïllament tèrmic, s'ha d'anar escalfant al llarg de la maceració per mantenir una temperatura constant. Cada cop però que s'obria la tapa per comprovar la temperatura i observar si calia escalfar o no, tot el vapor d'aigua que no estava condensat a la tapa, es perdia. En canvi, per el segon lot, la maceració es fa en una nevera portàtil (Campos, 42L), amb un aïllament tèrmic de polipropilè. Aquest canvi en el equip permet que la temperatura es mantingui gairebé constant durant tota la maceració, evitant així obrir la tapa per comprovar si cal escalfar o no, per lo que el vapor no es perd, es condensa, i per tant les pèrdues d'aigua son menors.

En el segon lot es redueix la quantitat de malta emprada ja que es volia reduir la presència organolèptica de la malta en el producte final i potenciar la part del raïm, això sumat a que no s'esperava reduir tant les pèrdues d'aigua en el procés fa que el segon lot presenti una disminució molt important de la densitat inicial. (Taula 3)

Taula 3. Paràmetres inicials dels diferents mostos de cervesa

	Densitat inicial	pH inicial
0%R (Most Cervesa)	1061,2	5,669
5%R	1061,3	5,494
10%R	1061,5	5,291
20%R	1062,9	4,872
Most 2 ^a Part		
10%R	1033,8	4,806

Fermentació

La fermentació es du a terme en botelles de 500ml, per triplicat. Es taponen amb un tap de cotó fluix i gassa. Un cop preparats els fermentadors s'esterilitzen passant-los per un autoclau utilitzant un programa de 120°C durant 20 minuts.

L'addició del most de raïm es realitza abans d'inocular els llevats. Els %R a addicionar es mesuren en una proveta amb el volum necessari i en una altra proveta de 2L s'addiciona primer el most de raïm i posteriorment amb el most de cervesa es fixa el volum en 1,5L i es distribueix entre les tres botelles de 500ml, omplint-les fins 450ml. Es mantenen en una habitació amb una temperatura ambient controlada a 18-20°C i en un agitador a 120rpm.

Totes les fermentacions de la primera part del experiment, diferents %R, es duen a terme amb el llevat SafAle S-04 (Fermentis). Es prepara un inòcul a partir de llevat sec actiu (LSA), es rehidrata en un volum d'aigua a temperatura ambient 10 cops superior a la quantitat de LSA pesada (3g

LSA en 30ml), es deixa reposar per 30 minuts. D'aquest inòcul inicial (6×10^8 cèl·lules/ml), a cada fermentador s'addicionen 2,5 ml per tal d'obtenir una població inicial teòrica de 3×10^6 cèl·lules/ml.

En la segona part la fermentació la duen a terme diferents llevats, tot sobre un most de 10%R, els llevats seleccionats son els següents:

- **SafLager S-23** (*Saccharomyces pastorianus*). Soca originària d'Alemanya, recomanada per produir lagers amb una quantitat elevada d'esters. Sedimentació ràpida i amb capacitat de floculació. Temperatura òptima 12-15°C. Llevat comercial de la casa Fermentis. (Fermentis, 2017). La cervesa fermentada amb aquest llevat es referencia a la resta del treball com “*S. pastorianus*”
- **SafAle S-04** (*Saccharomyces cerevisiae*). Soca ale anglesa seleccionada per la seva alta capacitat fermentativa i la formació d'un sediment compacte al final de fermentació. Recomanaada per la producció de ales, amb capacitat de floculació. Temperatura òptima 15-20°C. Llevat comercial de la casa Fermentis (Fermentis, 2016). La cervesa fermentada amb aquest llevat es referencia a la resta del treball com “S.c. Cerveser”
- **Anchor Legacy WE 372** (*Saccharomyces cerevisiae*). Llevadura seleccionada per la producció de vins negres aromàtics i suaus. Capacitat de fermentació moderada, temperatura òptima 18-28°C. Llevat comercial de la casa Anchor Oenology (Anchor Oenology, 2025). La fitxa tècnica no especifica la capacitat de sedimentació i/o floculació ja que es un llevat destinat a la producció de vi, no a fer cervesa, i per tant son paràmetres poc rellevants. La cervesa fermentada amb aquest llevat es referencia a la resta del treball com “S.c. Vínic”

L'inòcul en aquest segon cas també es parteix de LSA en tots els tipus de llevats, es rehidrata en un volum d'aigua a temperatura ambient 10 cops superior a la quantitat de LSA pesada i es deixa reposar per 30 minuts. La població inicial objectiu també es de 3×10^6 cèl·lules/ml però realitzant l'experiment no hi ha suficient quantitat de S-04 per inocular a aquesta concentració. Per evitar disparitat en les fermentacions inoculant els llevats a diferents concentracions, s'inoculen tots tres a una població inicial teòrica de 6×10^5 cèl·lules/ml.

Tot i rehidratar el llevats en tots els casos, tant el S-04 i el S-23 especifica que poden ser inoculats directament sobre el most quan aquest esta a temperatura ambient sense necessitat de ser rehidratats.

Cal destacar que tot i anomenar-les “cerveses”, no acaben la fermentació en dipòsits capaços de mantenir la pressió i per tant retenir el CO₂ ni tampoc s'afegeix sucre per tal de obtenir una segona

fermentació en botella per tenir gas. Per tant estem parlant de mostos de cervesa fermentats/cerveses sense gas.

Seguiment de la fermentació

S'agafen mostres diàriament per realitzar el seguiment de la fermentació.

Es centrifuguen 5ml de mostra i s'analitza la densitat amb un densímetre digital (Densito 30PX, Mettler Toledo, PortableLabTM). Per l'anàlisi del pH les mostres centrifugades, previ a l'anàlisi, es deixen temperar a la mateixa habitació on esta el pH-metre (micropH 2002, Crison). En la primera part del treball, també es fan comptatges en càmera de Neubauer a diari i es fa una sembra en placa del medi YPD (glucosa 20 g/L, peptona 20 g/L, extracte de llevat 10 g/l, agar 15 g/L) a meitat fermentació (dia 3) per observar possibles contaminacions. La presa de mostra es posterior a la resuspensió del precipitat del fons de la botella.

A la segona part, no es realitza els comptatges en la càmera de Neubauer però les sembres en placa de YPD son diàries per observar el seu creixement. En aquesta part, també es vol observar la capacitat dels llevats per a flocular, precipitar o quedar-se en suspensió, es per això que la presa de mostra es realitza sense la resuspensió del precipitat dels fons de la botella. Al treballar en 3 llevats diferents, pensats per estils de cervesa diferents, *S. pastorianus* (SafeLager S-23) per fer lagers i *S. cerevisiae* Cerveser (SafAle S-04) per fer ales, i amb un altre *S. cerevisiae* que ni tant sols esta pensat per cervesa sinó vi, em va semblar adient observar la capacitat del llevat per formar agregats amb el CO₂ i flocular, mantenir-se en suspensió o la capacitat per precipitar. Aquest paràmetre no es mesurat de cap forma, únicament s'observa la limpidesa que presenta el most al final de la fermentació.

Malauradament, en les dues parts del treball, es produeix una contaminació bacteriana del most de cervesa (Annex I). Per qüestions de transport i logística, des que es fabrica el most de cervesa fins la barreja amb el most de raïm i la inoculació de llevats, transcorren aproximadament 16h, per tant, l'esterilitat obtinguda en el procés de cocció es perd.

En un procés d'elaboració no artesanal el refredat del most, la incorporació del most de raïm i la inoculació dels llevats el temps necessari es molt més curt i per tant, menys riscos de contaminació.

Anàlisi de compostos orgànics

Es realitzen anàlisis inicials, durant la fermentació i un cop acabada aquesta per determinar els compostos orgànics. S'analitzen mitjançant cromatografia líquida d'alta resolució (HPLC) amb un

equip Agilent 1100 (Agilent Technologies, Waldbronn, Alemanya). L'HPLC està equipat amb una columna Hi-PlexH (300 mm x 7,7 mm) dins d'un compartiment de columnes 1260 MCT (termòstat multi columna Infinity II) connectat a un MWD (detector de longitud d'ona múltiple G1365B) i detectors RID (detector d'índex de refracció 1260 Infinity II) (Agilent Technologies, Waldbronn, Alemanya). La temperatura de la columna es manté a 60 °C durant un temps d'execució de 30 minuts, i la fase mòbil és H₂SO₄ (5 mM) amb un cabal de 0,6 ml/min. El volum d'injecció de la mostra és de 10 µL. Abans de la injecció, les mostres es van filtrar amb filtres de 0,22 µm (Dominique Dutscher, Brumath, França). Per a l'anàlisi dels cromatogrames obtinguts, es va utilitzar el programari OpenLab CDS (Agilent Technologies, Santa Clara, Califòrnia, EUA).

Anàlisi sensorial

L'anàlisi sensorial consta també de dues parts, una primera amb una prova triangular on es confronten les cerveses amb diferents percentatges de 0%R / 10%R / 20%R entre elles i les cerveses fermentades amb diferents llevats entre elles. En aquesta prova triangular les copes son negres per evitar afectar les respostes segons el color.

La segona part consta d'un tast descriptiu de les mateixes mostres presents en la prova triangular. El panell de tastadors consta de 15 individus, 10 homes i 5 dones. Cada sèrie de confrontació en la prova triangular te 2 seqüències de presentació de les mostres. Per exemple en la sèrie 0%R (A) / 10%R (B), la primera seqüència es ABB i la segona ABA, per tant, el tastador 1 tindrà l'ordre ABB, el tastador 2 ABA, el tastador 3 ABB, ... Les mostres es codifiquen amb un codi de 3 dígits aleatoris per tal de evitar associacions visuals o numèriques. Es presenten en copes normalitzades segons la norma ISO 3591:1977 i es serveixen 20 ml de mostra / copa.

Per el tast descriptiu la codificació es M1 / M2 / M3 per a *S. pastorianus* / S.c. Cerveser / S.c. Vínic i L1 / L2 / L3 per a 0%R / 10%R / 20%R. Es valoren 13 aspectes organolèptics (Annex VI). Es valoren del 0 al 5, sent 0 el valor més baix i 5 el valor més alt a nivell d'intensitat.

Per tal d'evitar biaixos també es serveixen amb dos seqüències diferents, M1 / M2 / M3 / L1 / L2 / L3 i com a alternativa L1 / L2 / L3 / M1 / M2 / M3.

Tractament estadístic

Per tal de determinar si els resultats obtinguts tenen o no rellevància a nivell estadístic, les dades dels anàlisi finals s'analitzen mitjançant un ANOVA d'un factor. Si aquest presenta una $p < 0.05$, es a dir, hi ha diferències significatives amb un llinar de confiança del 95%, es realitza la prova de Tukey HSD per determinar entre quins grups de mostres existeixen les diferències. Els valors

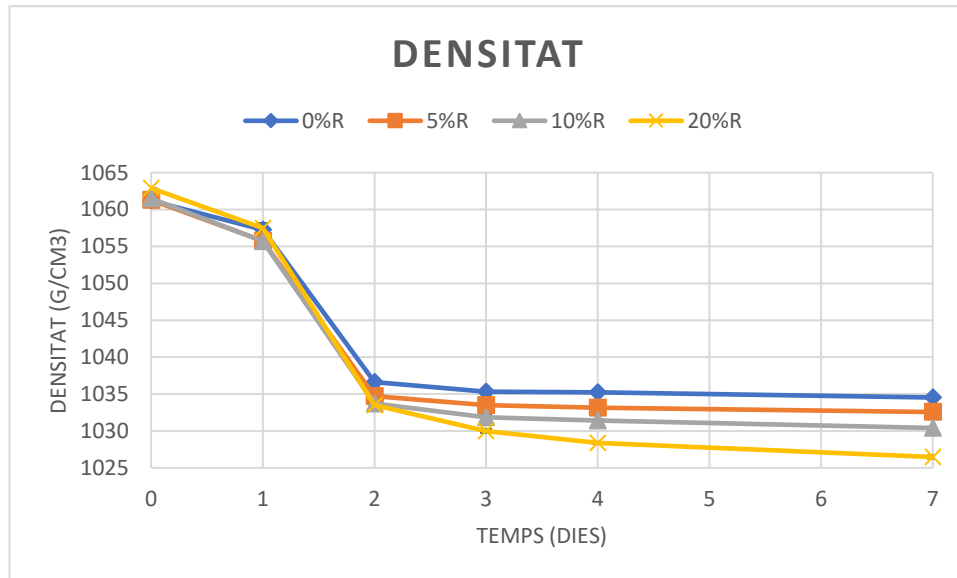
s'expressen com la mitjana de tres rèpliques biològiques \pm desviació estàndard. Lletres majúscules diferents indiquen l'existència de diferències significatives ($p < 0.05$).

En el cas de l'anàlisi sensorial, per la prova triangular i la preferència, s'analitza si hi ha diferència significativa o no ($p < 0.05$) segons les taules en l'Annex IV. Per el tast descriptiu les dades s'analitzen amb el programa estadístic PanelCheck.

RESULTATS

Diferents percentatges de most de raïm

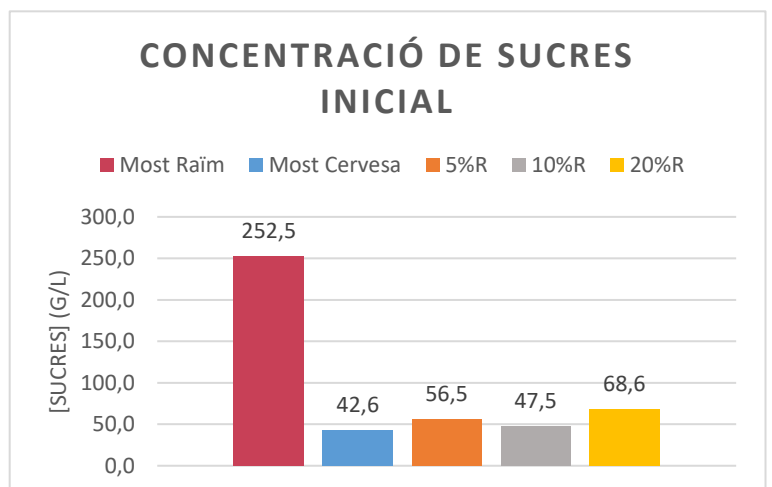
Densitat



Gràfic 3. Evolució de la densitat al llarg de la fermentació en mostres on es varia el %R.

En el Gràfic 3 podem observar com a mesura que s'augmenta el %R, la densitat inicial augmenta i la densitat final disminueix. Podem dir que és una fermentació ràpida, al 2 dia d'estar fermentant gairebé ja s'avenen assolit els nivells de densitat finals.

Tot i no ser una mesura directa, en enologia es mesura la densitat del most per tenir una estimació de la concentració de sucres, per poder tenir també una idea del grau alcohòlic probable (GAP) i per detectar possibles problemes en la cinètica de fermentació. El most de raïm té una concentració de sucres (252g/L) molt més elevada que el most cerveser (42,6g/L), i són tots sucres fermentables, practicament en la seva totalitat monòmers de glucosa i fructosa. En el most de cervesa ens podem trobar una part de sucres no fermentables pels llevats, cadenes de midó que no han estat hidrolitzades en dímers de maltosa, maltotriosa, o hexoses

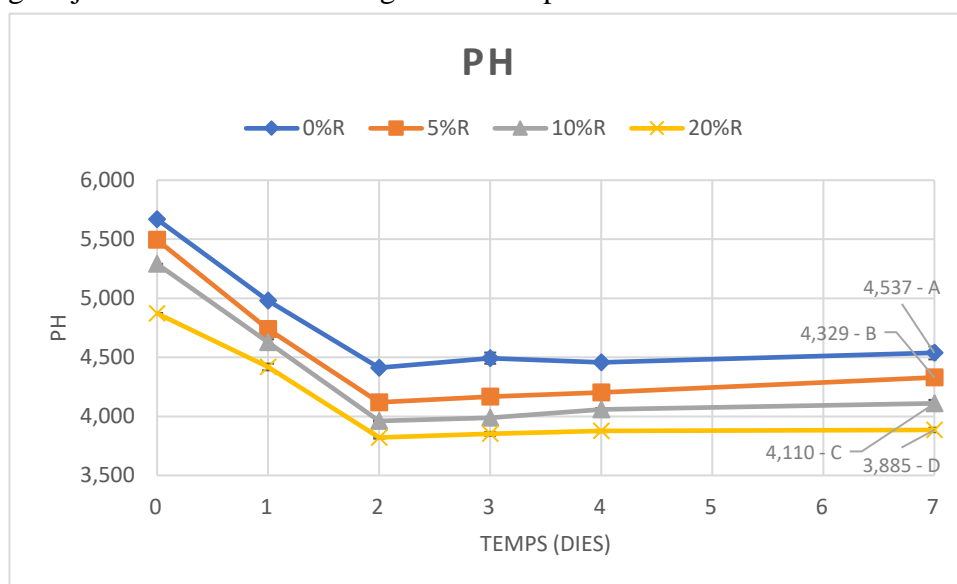


Gràfic 4. Concentració inicial de sucres expressada com la suma de glucosa, fructosa i maltosa

(glucosa i fructosa), que queden en forma de dextrines. Per tant, una major concentració inicial de sucres implicarà una major densitat inicial i una producció d'etanol més elevada, que acabarà derivant en una densitat final més baixa (més sucres fermentats) tal i com es pot observar en el Gràfic 3 en la serie 20%R. En el Gràfic 4 s'observa també que a més %R, major és la concentració de sucres inicials, exceptuant 5%R i 10%R que no presenten un creixement de la concentració lineal. Curiosament, tot i presentar una augment de la concentració de sucres de més de 20 g/L (Gràfic 4) si comparem la mostra 0%R i 20%R, aquest augment no es veu reflexat en un augment en la densitat inicial (1061,2 per 0%R i 1062,9 per 20%R).

pH

A diferència del vi on el pH del producte final i el pH inicial son similars, o lleugerament més alts (per la fermentació malolàctica), en el cas de la cervesa es produeix una acidificació considerable del most durant la fermentació. Partim d'una matriu completament diferent, no hi ha una sobresaturació de àcid tartàric i l'àcid màlic, tot i poder estar present, estaran en una menor quantitat que en un most de raïm. Aquestes elevades concentracions d'àcids fan que el pH inicials dels vins siguin ja baixos i la matriu estigui molt tamponada.



Gràfic 5. Evolució del pH al llarg de la fermentació en mostres on es varia el %R.

Les baixades de pH en la cervesa es deuen a:

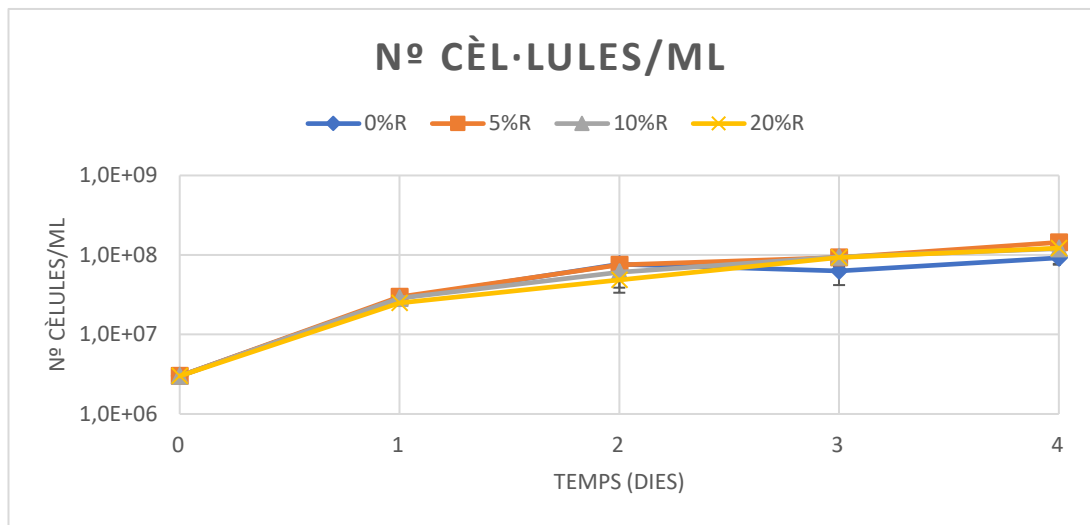
- Generació de CO₂, que en el most estarà dissolt en forma de H₂CO₃ i per tant acidificarà.
- Metabòlits secundaris dels llevats com àcid acètic, àcid làctic o àcid succínic

En el Gràfic 5 es veu reflectit com en tots els casos estudiats, el pH s'estabilitza al segon dia de fermentació, quan pràcticament ja s'han consumit tots els sucres. Si analitzem els pH finals totes

les mostres son significativament diferents entre elles. Es pot assegurar que l'addició de %R afecta el pH del most i de la cervesa final, disminuint-lo considerablement.

Població total de llevats

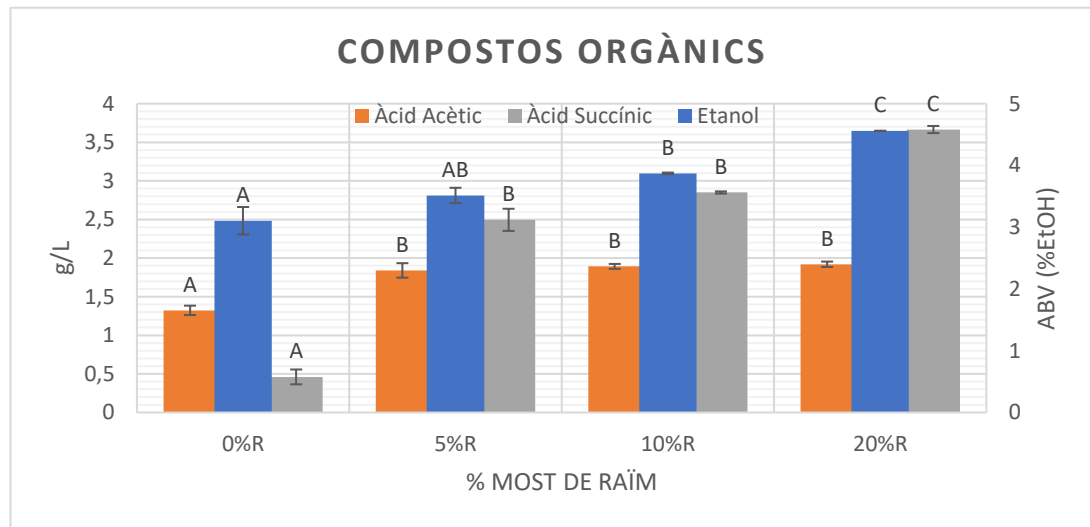
Al llarg de les fermentacions, es va analitzar també la població de llevats. Remarcar que quan parlem de nº de cèl·lules/ml, es realitza un comptatge en càmera de Neubauer i per tant no es diferencia entre cèl·lules vives o cèl·lules mortes, obtenim per tant el paràmetre de població total de llevats.



Gràfic 6. Evolució de població total al llarg de la fermentació en mostres on es varia el %R.

En el Gràfic 6 s'observa clarament que no hi ha divergències de creixement entre els diferents %R, en tots els casos la població creix d'igual manera. No s'observa tampoc cap alteració o parada del creixement dels llevats.

Compostos orgànics. Anàlisi finals



Gràfic 7. Diferents compostos orgànics analitzats en mostres a final de fermentació on es varia el %R

El Gràfic 7 mostra l'anàlisi finals de compostos orgànics, en aquest cas àcid acètic, àcid succínic i etanol.

En el primer cas, l'àcid acètic, observem clarament dos perfils, el de 0%R i un mateix perfil en els tres casos on s'addiciona most de raïm, 5%R, 10%R i 20%R. En tots els casos però s'observen produccions d'àcid acètic molt altes (>1g/L). Degut a la contaminació bacteriana esmentada prèviament, en els casos on el %R es >0%, la producció de àc. acètic es superior ja que la quantitat de glucosa disponible per als bacteris es superior. En canvi per al 0%R, el sucre principal es la maltosa, més difícil de metabolitzar per als bacteris.

La meua hipòtesi és que els llevats, en aquest cas el SafAle S-04 optimitzat per la producció de cervesa convencional, s'inoculen quan els bacteris porten aproximadament unes 12h consumint la glucosa i fructosa disponible en el most cerveser, generant així àcid acètic i augmentant la població. Un cop s'addiciona el most de raïm hi ha encara més sucres disponibles per als bacteris mentre que els llevats segueixen en fase de latència, quan aquests comencen a fermentar pràcticament tenen únicament disponible la maltosa.

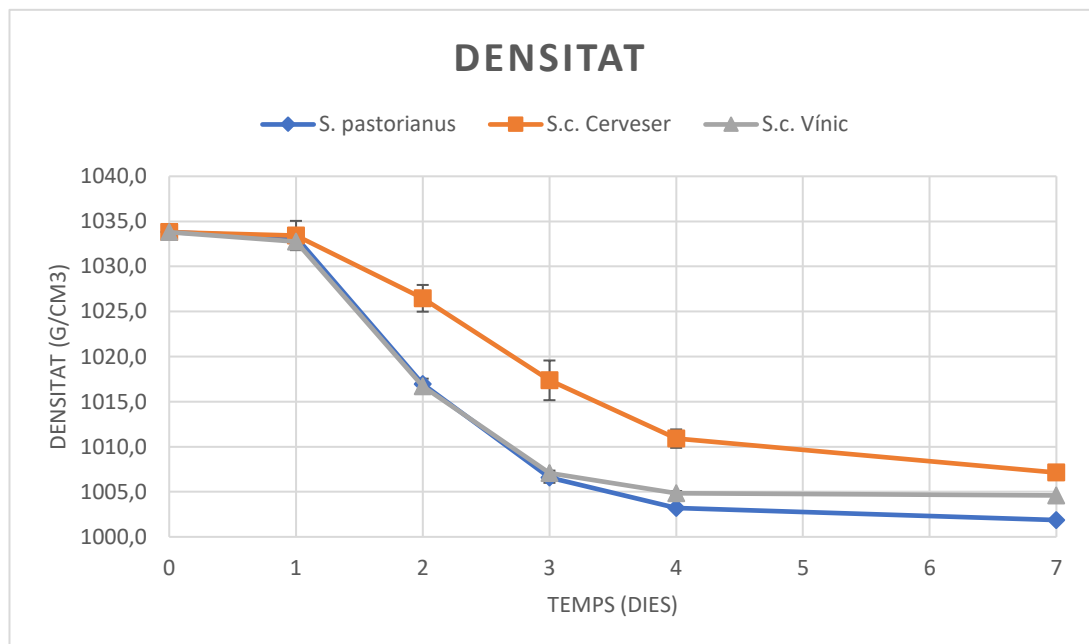
En el cas de l'etanol, s'observa una tendència clarament ascendent a mesura que augmenta el % de most de raïm (%R). En el cas de 5%R i 10%R a nivell estadístic no hi ha diferències, tampoc trobem diferències entre 0%R i 5%R. Per tant, quan els augments de %R son petits (+5%R), estadísticament, no es pot dir que afecti a la producció d'etanol. Si ho observem de forma més global, el perfil de 0%R presenta la concentració més baixa (3% ABV), 5%R ja es nota un augment, fins arribar a màxims propers al 4,5% ABV a 20%R. Aquest augment es pot explicar pel fet que el most de raïm aporta una càrrega extra de sucres simples, monosacàrids com la glucosa i

la fructosa, fàcilment assimilables pels llevats i ràpidament fermentables, fet que permet una producció d'etanol més elevada. Això indica que els llevats, tot i entrar en un entorn parcialment contaminat com es descriu per l'àcid acètic, mantenen una activitat fermentativa efectiva un cop s'inoculen, convertint la major disponibilitat de substrat en una major producció alcohòlica.

Pel que fa a l'àcid succínic, també presenta una tendència ascendent amb l'increment del %R. De fet hi ha una diferència de producció d'aquest compost molt gran entre 0%R i la resta de %R que si contenen most de raïm. La producció d'àcid succínic és un subproducte habitual del metabolisme dels llevats durant la fermentació alcohòlica, i el seu augment pot indicar una intensificació de l'activitat metabòlica. El most de raïm, a més de sucres, conté nutrients i àcids orgànics, com el màlic, que poden modular l'activitat fermentativa i afavorir la síntesi d'aquest compost. Tot i així, a diferència de l'àcid acètic, aquest increment no sembla tant vinculat a una contaminació bacteriana sinó més aviat a una resposta metabòlica dels llevats davant d'un medi més ric i complex.

Efecte de la soca de llevat en la fermentació

Densitat



Gràfic 8. Evolució de la densitat segons el llevat que fermenta

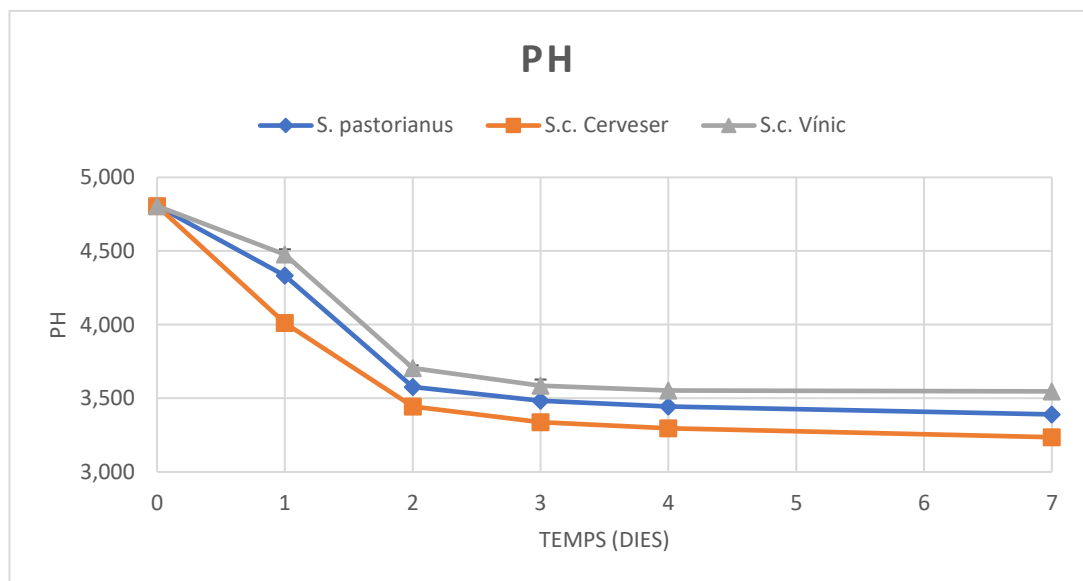
En aquesta part de l'estudi, s'ha utilitzat un mateix most cerveser, amb 10%R, el qual s'ha inoculat amb tres llevats diferents: *S. pastorianus*, *S. cerevisiae* cerveser, i *S. cerevisiae* vínic (Gràfic 8). A simple vista s'observa dos cinètiques de fermentació diferents. Mentre que *S. pastorianus* i *S. c.*

Vínic realitzen una fermentació més ràpida, S. c. Cerveser te una baixada de densitat molt més pausada.

Tot i tenir perfils de cinètica de fermentació similars, *S. pastorianus* acaba baixant més de densitat que S. c. Vínic i a nivell estadístic hi ha diferències significatives. Tot i no estar a la seva temperatura òptima indicada per la casa comercial, el llevat SafLager S-23, *S. pastorianus*, presenta la baixada de densitat més alta de tots tres llevats. En canvi, el llevat que està més proper de la seva temperatura òptima, SafAle S-04, S. c. Cerveser, és el que més dificultats presenta a l'hora de fermentar. Per alguna raó que es desconeix a les 24h de la inoculació S.c. cerveser presenta una disminució de la població viable (Gràfic 10), podem atribuir el baix rendiment fermentatiu a aquest fet. Una densitat més alta també ens pot indicar que hi ha sucres residuals i per tant el producte a nivell sensorial pot donar una sensació de dolçor.

pH

Per al pH, veiem que tots tres llevats presenten una baixada considerable els 2 primers dies de fermentació que posteriorment es va estabilitzant a mesura que la fermentació va acabant (Gràfic 9).



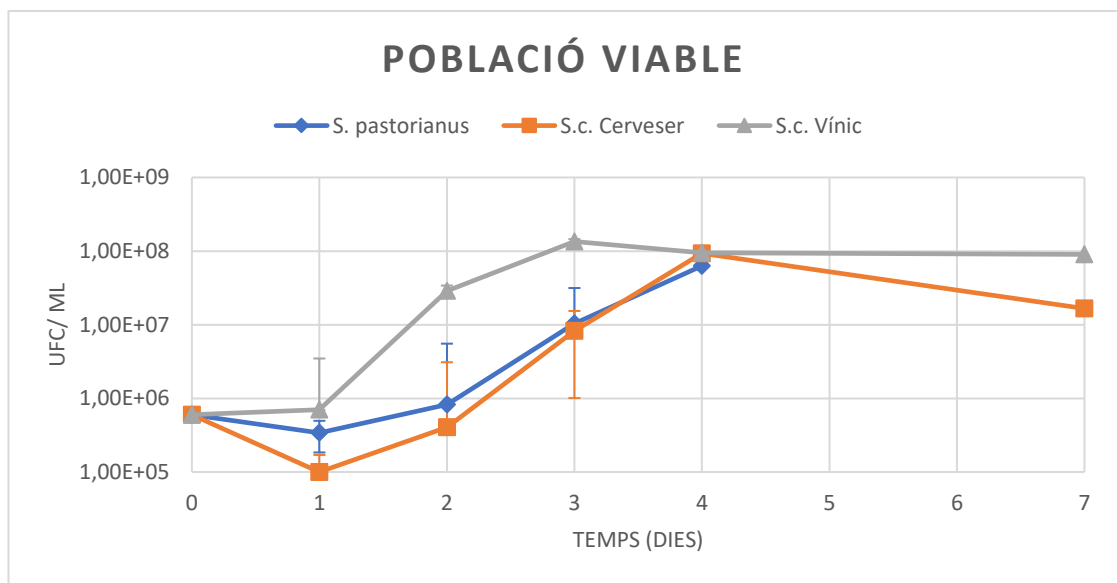
Gràfic 9. Evolució del pH segons el llevat que fermenta

A nivell estadístic tots tres presenten diferències significatives en el pH final. Al parlar de llevats diferents, tindran formes diferents d'assimilar els sucres i produiran metabòlits secundaris diferents o a major o menor quantitat. Cal tenir en compte que també hi son presents bacteris, que si els sucres no son utilitzats pels llevats, aprofitaran per consumir-los i generar àcid acètic.

En el cas de *S.c. Vínic* hi ha un consum del àcid succínic important (-1,4 g/L), al igual que en el cas de *S. pastorianus* (-1,3 g/L). Al consumir succínic per tant, estan desacidificant el medi i per tant la baixada del pH serà menor. El llevat *S. c. Cerveser*, en canvi, no sols no el consumeix si no que produeix una petita quantitat (+0.5 g/L). (Annex II)

El llevat *S. c. Cerveser*, al tenir una cinètica de fermentació més pausada, consumeix els sucres més lentament (Annex III) i els bacteris els tenen a disposició més temps i per tant, poden produir més àcid acètic, que generarà també una baixada en el pH.

Població de llevats viable



Gràfic 10. Evolució de la població viable segons la soca de llevat

Tot i ser inoculats a la mateixa concentració inicial, la població del llevat *S.c. Cerveser* es veu perjudicada ja que a les 24h de la inoculació presenta una disminució important de la població viable. Tot i aquesta problemàtica inicial, al quart dia de fermentació presenta la mateixa quantitat de UFC/ml que el llevat *S.c. Vínic*, que presenta una fase de creixement exponencial molt clara entre el dia 1 i el dia 2. *S. pastorianus*, en canvi, presenta un perfil de creixement similar al llevat *S.c. Cerveser*, té una petita disminució de la població el dia 1 però els dies següents es va recuperant i té un creixement continu. Recordar que en aquesta part del treball també s'estudia la capacitat de floculació, precipitació i suspensió dels llevats i a l'hora d'agafar les mostres per realitzar la sembra en YPD i poder comptar les UFC, no es fiquen en suspensió els precipitats de les botelles. Es per això que la sèrie de *S. pastorianus* al Gràfic 10 no presenta cap dada el dia 7, perquè no es va observar creixement d'aquest.

D'igual forma es podria atribuir la disminució de població inicial del llevat *S.c. Cerveser* a que a l'hora de fer la sembra en placa, el llevat no esta en suspensió i per tant no creix però en aquest cas, podem dir que es una reducció de població viable perquè es veu reflectit en la densitat, que baixa de forma més pausada que els altres llevats.

Floculació, sedimentació i capacitat de mantenir-se en suspensió



Foto 1. Limpidesa de la cervesa un cop acabada la fermentació. P1 – *S. pastorianus*; C1 – *S.c. Cerveser*; V1 – *S.c. Vínic*

En la Foto 1 podem observar que el primer fermentador, *S. pastorianus*, clarament té una gran capacitat de sedimentació. La cervesa resultant és molt clara i pràcticament es pot veure a través d'ella. El sediment presenta una gran compactació i és difícil de ficar en suspensió tot i agitant la botella manualment.

El segon cas, *S. c. Cerveser*, presenta menor sediment i a la superfície presenta una petita capa de llevats que floculen. A més també s'observa que tot i tenir la mateixa tonalitat que *S. pastorianus*, presenta una major opacitat degut als llevats que es mantenen en suspensió.

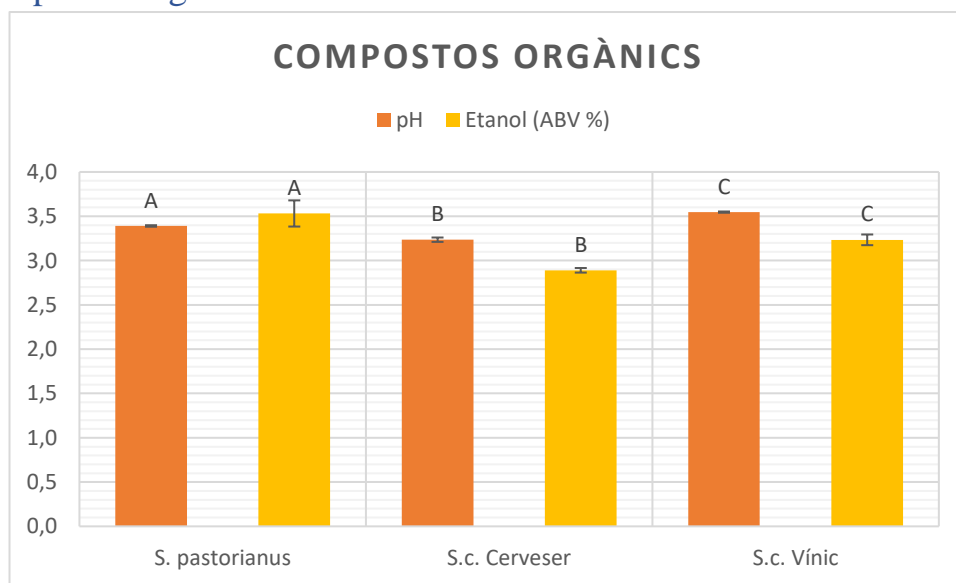
El tercer fermentador, *S. c. Vínic*, és completament opac i presenta una gran terbolesa. En la foto no es pot arribar a apreciar però a simple vista es poden observar aglomerats de llevats que es mantenen en suspensió per tota la botella. És el llevat que presenta menys sediment i aparentment menys compacte.

En un procés d'elaboració artesanal ara a aquest most se li addicionaria sucre per posteriorment embotellar i deixar que fes una segona fermentació en la botella final i així passar a tenir CO₂. En el cas de la fermentació de *S. pastorianus*, el sediment que veuria el consumidor final seria mínim però la segona fermentació seria molt lenta (> 1-2 mesos) ja que la concentració de llevats que tindria cada botella seria molt baixa. Per contraposició, l'obtenció de CO₂ de la cervesa fermentada

amb llevat *S.c. Vínic* seria molt més ràpida (3-5 dies aprox.) però cada botella tindria molt de precipitat, fet que podria no agradar al consumidor final si aquest no n'és coneixedor que el llevat, únicament son llevats morts. En el cas del llevat *S.c. Cerveser*, el precipitat final estaria dins dels estàndards acceptables i la fermentació secundària duraria relativament poc (10-15 dies).

Per reduir significativament el precipitat al producte final, l'ideal és fer, almenys, 1 trasbals a meitat fermentació i un abans de l'embotellat.

Compostos orgànics. Anàlisi finals



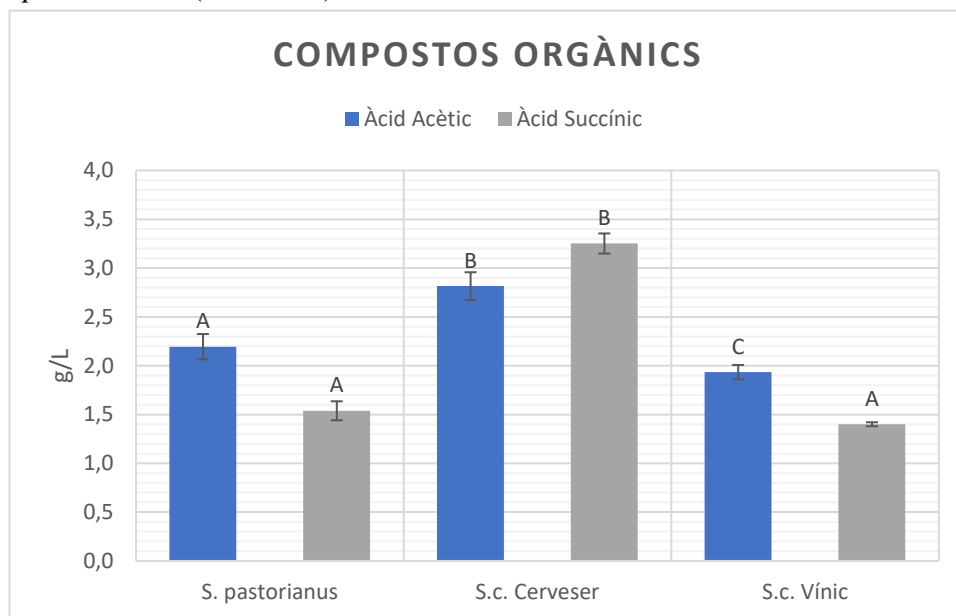
Gràfic 11. Anàlisi final de pH i Etanol segons el llevat que ha fermentat

Tant per el pH com el etanol, tots tres llevats tenen diferències significatives entre ells. (Gràfic 11) A nivell d'etanol, el llevat *S.c. Cerveser* presenta valors més baixos ja que consumeix menys maltosa, baixa menys de densitat i per tant, produeix menys etanol. (Annex III). Al contrari de lo que s'esperava en un primer moment, *S.c. Vínic* es el que més maltosa ha consumit i *S.c. Cerveser* es el que menys. Cal destacar però que *S.c. Vínic* esta optimitzat per fermentar mosts de raïm per fer vi sense sucres residuals mentre que, tant *S.c. Cerveser* i *S. pastorianus* estan pensats per fer cervesa i contempen una quantitat de sucres residuals. Per *S.c. Cerveser* (SafAle S-04) contempla 18 g/L (Fermentis, 2016) i *S. pastorianus* (SafLager S-23) 8 g/L (Fermentis, 2017), en tots dos casos expressats en grams de maltotriosa per litre.

S.c. Vínic produeix lleugerament menys etanol que *S. pastorianus*, que es el que més etanol produeix amb 3,5%. Seria d'esperar que *S.c. Vínic* fos el que més etanol produís ja que al ser un llevat vínic te una alta resistència a l'alcohol (15%) i es el que consumeix més sucres. Es creu que el metabolisme d'aquest llevat prioritza la producció d'aromes a la producció d'etanol. És l'únic

llevat que en la seva fitxa tècnica especifica el factor de conversió fermentatiu, en aquest cas es 0,57 – 0,62 grams d'etanol i CO₂ / gram de sucre consumit (Anchor Oenology, 2025).

El pH més baix és el del llevat S.c. Cerveser, per la generació més alta de àcid acètic i el poc consum de succínic. El llevat S.c. Vínic en canvi te el pH més alt per la consum de succínic, al igual que *S. pastorianus*. (Gràfic 12)



Gràfic 12. Anàlisi final d'àcid acètic i succínic segons el llevat que fermenta

En aquest cas, la producció d'acètic no la podem atribuir directament al llevat per la contaminació de bacteries.

Anàlisi Sensorial

Prova triangular i preferència

La prova la realitzen un total de 15 tastadors i reflexa clarament diferències significatives entre totes les proves. Cal remarcar la prova de 0%R / 10%R on 14 persones responen correctament de 15 que fan la prova. Per tant podem dir que els tastadors, amb molta facilitat perceben la presència de most de raïm i diferència entre %R (10%R / 20%R).

Quan es confronten els diferents llevats que han dut a terme la fermentació també s'observen diferències significatives (Taula 4). Recordar que en aquest cas totes les mostes tenen un 10%R.

Taula 4. Resultats prova triangular. 15 Tastadors. Valor p calculat segons Taula 7 de l'Annex IV

	0%R / 10%R	10%R / 20%R	S.c. Cerveser / S. pastorianus	S. pastorianus / S.c. Vínic.	S.c. Cerveser / S.c. Vínic.
Respostes correctes	14	10	11	13	11
Valor de p	0,000	0,009	0,002	0,000	0,002
Probabilitat d'error	0%	0,9%	0,2%	0%	0,2%
Diferències significatives (p < 0.05)	SI	SI	SI	SI	SI

Taula 5. Resultats preferència. 15 Tastadors. Valor de p calculat segons Taula 8 de l'Annex IV.

	0%R / 10%R	10%R / 20%R	S.c. Cerveser / S. pastorianus	S. pastorianus / S.c. Vínic.	S.c. Cerveser / S.c. Vínic.
Preferència (Tastadors – Preferència)	13 de 14 – 0%R	8 de 10 – 10%R	7 de 11 – S.c. Cerveser	8 de 13 – S.c. Vínic	8 de 11 – S.c. Vínic
Valor de p	0,000	0,054	0,274	0,291	0,113
Probabilitat d'error	0%	5,4%	27,4%	29,1%	11,3%
Diferències significatives (p < 0.05)	SI	NO	NO	NO	NO

Únicament es consideren vàlids els tastadors que encerten la prova triangular

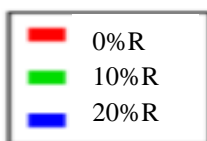
A nivell de preferència els tastadors sols prefereixen amb diferència significativa la mostra 0%R respecte la 10%R, segurament podem atribuir aquesta preferència a la concentració d'àcid acètic baixa per part de la mostra 0%R (Taula 5).

Per la resta de mostres, la preferència no esta molt clara, especialment on es varien els llevats on, tot haver-hi una preferència per el llevat S.c. Vínic, no presenta cap prova diferencials significatives.

Tast descriptiu

Es presenten les característiques organolèptiques de les dos proves descriptives en dos gràfics d'aranya simplificats (Gràfic 13 i 14), es a dir, hi ha 13 camps d'avaluació però aquí sol es presenten 5. El gràfic complet amb tots els paràmetres es troba en l'Annex V.

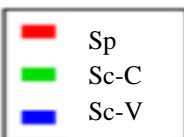
El tast presenta discrepàncies de la part analítica.



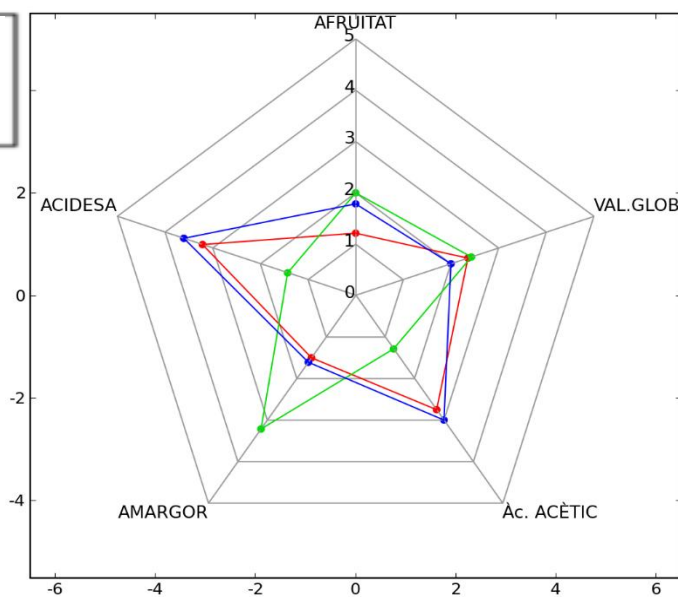
En aquest primer tast descriptiu on es varien els %R, la mostra 10%R es valora amb una mitjana de un 1,42/5 l'aspecte de acidesa i 1,28/5 l'aspecte d'àcid acètic, tot i que analíticament té una concentració d'àcid acètic superior (+0,57 g/L) a la mostra 0%R. 10%R també destaca sobre les altres en l'aspecte d'amargor, que queda emmascarat per el caràcter àcid en les mostres 0%R i 20%R

(Gràfic 13).

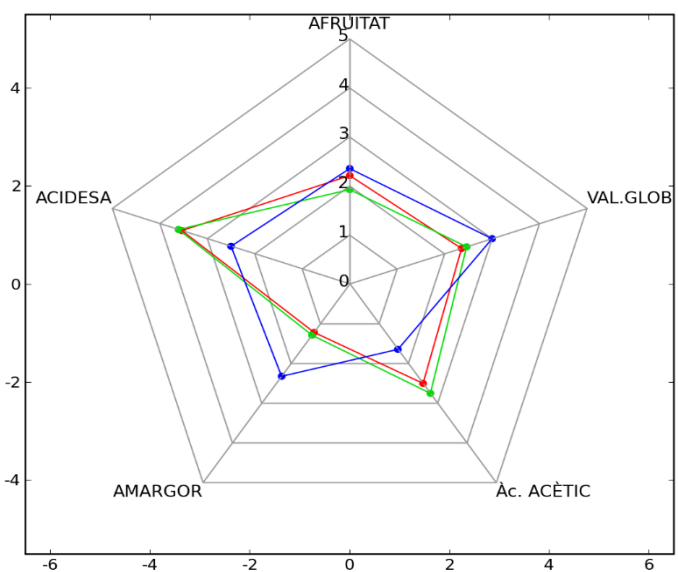
Per el tast descriptiu de diferents llevats, el perfil



més equilibrat (presenta una forma més propera a un cercle, on cap aspecte predomina sobre un altre) es el de la mostra codificada Sc-V, llevat S.c. Vínic. Es la millor valorada en l'aspecte de valoració global, amargor i també la que es descriu amb una intensitat aromàtica afruitada lleugerament més alta que la resta de proves (Gràfic 14).



Gràfic 13. Característiques organolèptiques de les cerveses amb diferents %R.



Gràfic 14. Característiques organolèptiques de les cerveses amb diferents llevats. Sp /Sc-C / Sc-V per a S. pastorianus / S.c. Cerveser / S.c. Vínic

Els dos llevats comercials dissenyats per l'elaboració de cervesa són els que presenten perfils d'acidesa més alts . *S. pastorianus* però a nivell analític te menor concentració d'àcid acètic (-0,6 g/L) i es valora el paràmetre d'àcid acètic pràcticament igual que el llevat S.c. Cerveser.

En tots els casos es presenten correlacions inverses entre la percepció d'acidesa i àcid acètic respecte la valoració global i la amargor. (Annex V)

CONCLUSIONS

El treball ha avaluat l'impacte de l'addició de most de raïm en diferents proporcions (5%, 10% i 20%) sobre les propietats fisicoquímiques i sensorials d'una cervesa artesana, així com la influència de tres soques de diferents tipus de llevats comercials, *Saccharomyces cerevisiae* seleccionat per l'elaboració de cervesa ale, *Saccharomyces pastorianus* seleccionat per l'elaboració de cervesa lager, i un altre *Saccharomyces cerevisiae* optimitzat per la producció de vins negres en el procés fermentatiu.

Pel que fa a la fermentació, l'addició de most de raïm incrementa la concentració inicial de sucres, derivant en un augment de la graduació alcohòlica final i una disminució significativa del pH. Tot i la presència de contaminació bacteriana en el most, els llevats han estat capaços de finalitzar el procés fermentatiu, amb cinètiques diferenciades segons la soca utilitzada.

Destacar que en treballs com aquest de recerca es molt important conservar les condicions d'esterilitat per evitar contaminacions i que aquestes alterin els resultats. En aquest treball no s'ha pogut conservar completament l'esterilitat de principi a fi i el most de cervesa es va patir una contaminació bacteriana afectant així als resultats obtinguts, en especial a la producció i concentració final d'àcid acètic.

L'anàlisi sensorial ha demostrat que els tastadors poden detectar clarament diferències entre mostres amb i sense most de raïm, tot i que només han expressat preferència significativa per la mostra sense addició (0%R), possiblement degut a la menor concentració d'àcid acètic. En el cas dels diferents llevats, el panel de tastadors no ha mostrat preferències significatives per cap mostra, però el llevat S.c. Vínic ha estat valorat com el més equilibrat a nivell organolèptic.

Aquests resultats confirmen que la incorporació de most de raïm modifica de manera rellevant el perfil sensorial de la cervesa, i que els llevats alternatius, com el S.c. Vínic, poden ser considerats com vàlids per a l'elaboració de cerveses de tipus Grape Ale tot i no estar pensats per l'elaboració d'aquest tipus de beguda. Això obre la porta a explorar noves combinacions fermentatives i a revalorar l'ús de subproductes de la viticultura en el sector cerveser artesà.

En futurs estudis seria recomanable aprofundir en l'anàlisi de compostos aromàtics volàtils, quantificar la maltotriosa i les característiques varietals del raïm emprat, així com assajar condicions de fermentació amb dipòsits isobàrics, que podrien proporcionar una millor estabilització microbiològica al haver un ambient saturat de CO₂, i per tal de millorar la replicabilitat i qualitat final del producte.

També cal valorar i estudiar l'addició del most de raïm durant el procés de cocció del most cerveser, i el potencial d'envelliment del producte final, fins i tot en un recipient taponat amb un tap de suro per tenir una aportació d'O₂ i poder evolucionar amb el temps.

BIBLIOGRAFIA

- Anchor Oenology. (2025). *Ficha técnica ANCHOR LEGACY WE 372*. Recollit de https://int.anchoroenology.com/wp-content/uploads/2019/02/legacy-we-372-product-datasheet-en_web.pdf (accés 12 de febrer de 2025)
- Associazione dei Birrari e dei Maltatori. (2023). *ANNUAL REPORT 2023 / COME LA BIRRA C'È SOLO LA BIRRA*. Associazione dei Birrari e dei Maltatori. Recollit de <https://www.assobirra.it/> (accés 25 d'abril de 2025)
- BarthHaas (2023). *BarthHaas Report 2023/2024*. Recollit de BarthHaas: <https://www.barthhaas.com/resources> (accés 25 d'abril de 2025)
- Beer Judge Certification Program. (2021). *BCJP Style Guidelines: 2021 Edition*. Beer Judge Certification Program. Recollit de <https://www.bjcp.org/> (accés 20 d'abril de 2025)
- Beer Smith 3. (2025) <https://beersmith.com/>
- Boletín Oficial del Estado, núm. 305, pp. 89403-89410. (16 / diciembre / 2016). *Real Decreto 678/2016, por el que se aprueba la norma de calidad de la cerveza y de las bebidas de malta*. Recollit de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2016/12/16/678> (accés 25 d'abril de 2025)
- Bokulich, N. A., & Bamforth, C. W. (2013). The microbiology of malting and brewing. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 77(2), 157–172. <https://doi.org/10.1128/MMBR.00060-12>
- Braukaiser. (2008). *Mash diagram*. Recollit de https://www.braukaiser.com/wiki/index.php?title=File:Mash_diagram_single_decoction.gif (accés 23 de maig de 2025)
- Castro Marin, A., Baris, F., Romanini, E., Lambri, M., Montevecchi, G., & Chinnici, F. (2021). Physico-Chemical and Sensory Characterization of a Fruit Beer. *Beverages*.
- Charles Brenson Bier. (2010). *Brenson's Red Ale - 8a Leva*. Recollit de <http://charlesbrenson.blogspot.com/2010/05/brensons-red-ale-8a-leva.html> (accés 15 de maig de 2025)
- Cocinista*. (2025). Recollit de www.cocinista.es (accés 12 de febrer de 2025)
- Duong CT, S. L. (2011). Identification of Sc-type ILV6 as a target to reduce diacetyl formation in lager brewers' yeast. *PubMed*. (accés 4 de juny de 2025)
- Encyclopædia Britannica. (2025). *Britannica*. Recollit de <https://www.britannica.com/topic/beer/Germination> (accés 4 de juny de 2025)
- European Brewery Convention. (2019). *EBC methods of analysis*. En F. H. Carl. 9th ed.

- Fermentis. (2016). *TECHNICAL DATA SHEET - SafAle™ S-04*. Recollit de <https://www.cocinista.es/download/bancorecursos/documentos/fichas/SafAle-S-04-2.pdf> (accés 12 de febrer de 2025)
- Fermentis. (2017). *TECHNICAL DATA SHEET - SafLager™ S-23*. Recollit de <https://www.cocinista.es/download/bancorecursos/documentos/fichas/SafLager-S-23-2.pdf> (accés 12 de febrer de 2025)
- Fix, G. J. (2019). *More Beer!* Obtenido de Diacetyl: Formation, Reduction, and Control. Recollit de https://www.morebeer.com/articles/Diacetyl_formation (accés 5 de juny de 2025)
- Goldammer, T. (2022). *The Brewer's Handbook*. Apex publishers, 49:168
- La birra di menny.* (2025). Recollit de <https://labirradimenny.blogspot.com/2012/05/raffreddamento-e-whirlpool.html> (accés 16 de maig de 2025)
- Mathias Hutzler, John P Morrissey, Andreas Laus, Franz Meussdoerffer, Martin Zarnkow, A new hypothesis for the origin of the lager yeast *Saccharomyces pastorianus*, FEMS Yeast Research, Volume 23, 2023, , <https://doi.org/10.1093/femsyr/foad023>
- PintxoBeer. (2022). Fase estacionaria de la fermentación – Fermentación IV. Recollit de <https://pintxobeer.com/fermentacion-iv-fase-estacionaria-stationary-phase/> (accés 4 de juny de 2025)
- Rebecca Roberts, I. K. (2023). Online monitoring of higher alcohols and esters throughout beer fermentation by commercial *Saccharomyces cerevisiae* and *Saccharomyces pastorianus* yeast. *J Mass Spectrom.*
- Tortosa Barbó, X. (2025). *The Art of Modern & Traditional Brewing*. Barcelona, 29-38

ANNEXOS

Annex I. Contaminació bacteriana

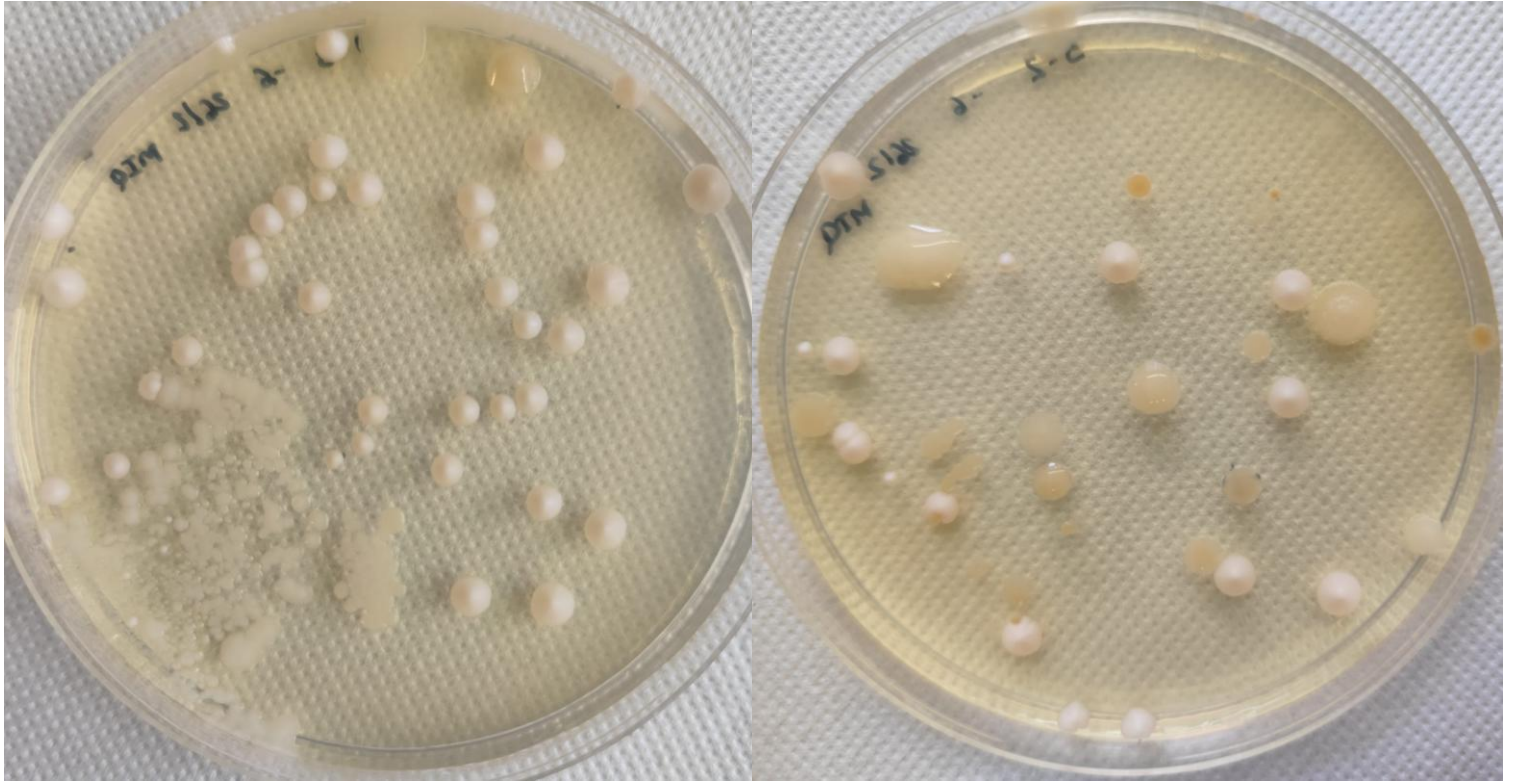
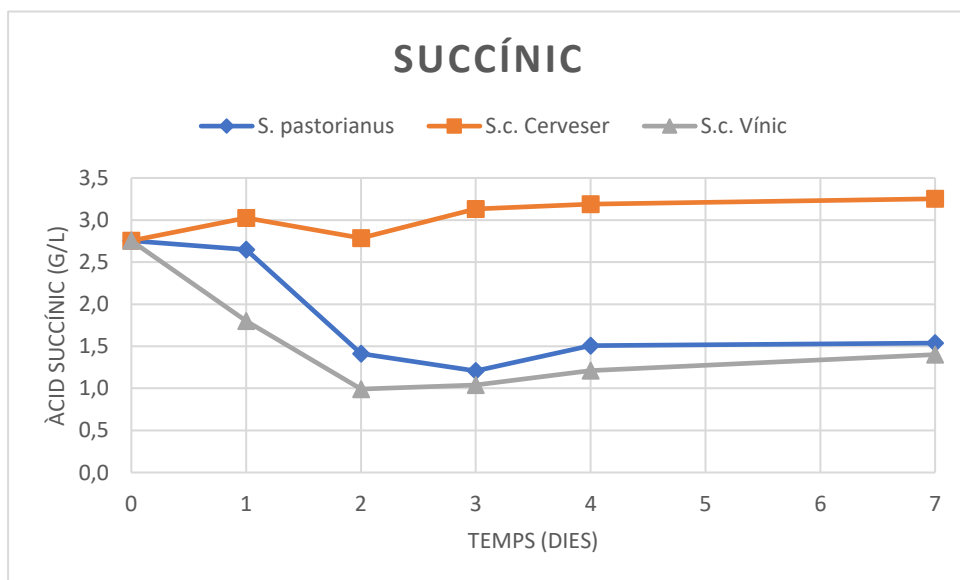
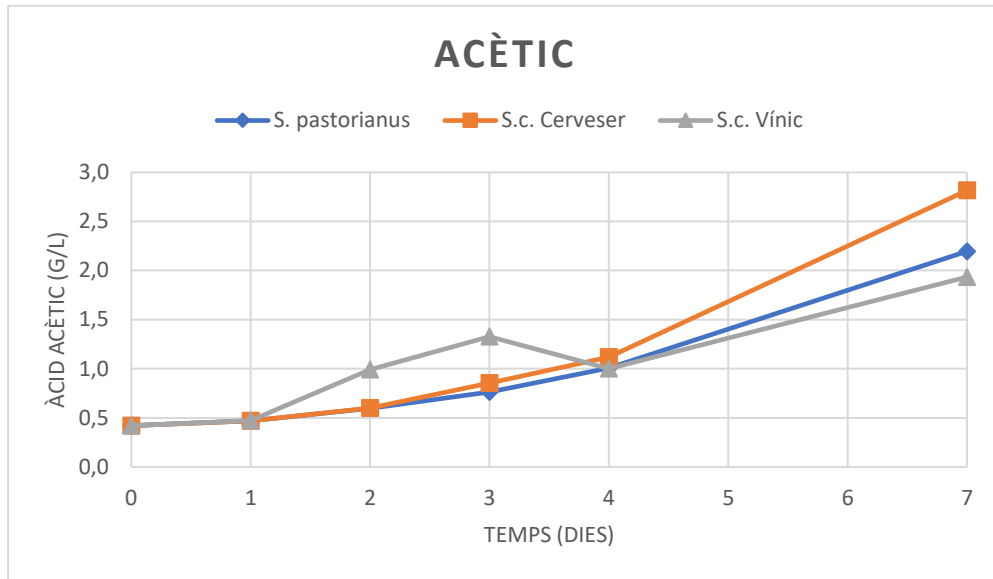


Foto 2. Plaques de YPD amb creixement de llevats i contaminació bacteriana

Annex II. Seguiment dels compostos orgànics en la fermentació amb diversos llevats

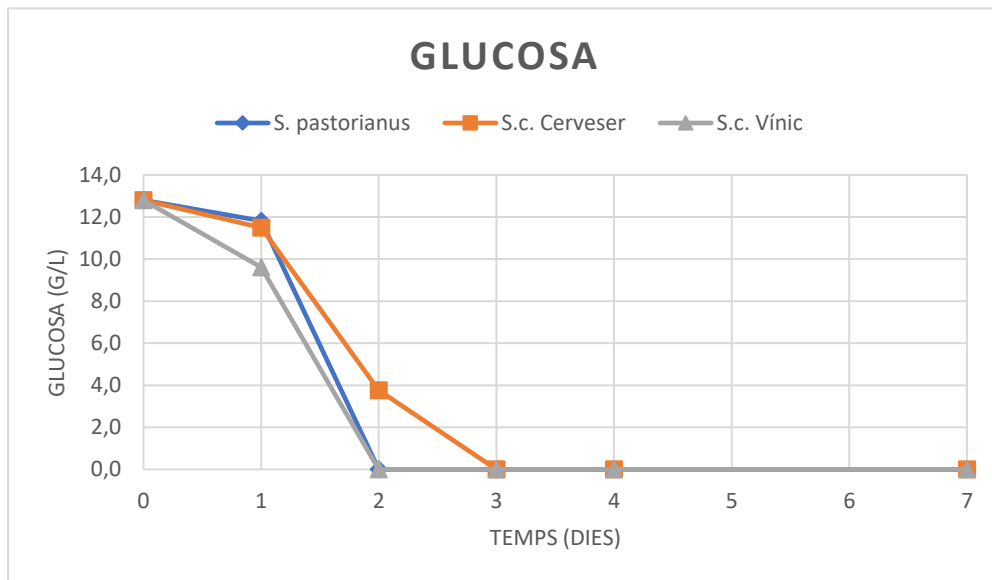


Gràfic 15. Evolució del àcid succínic segons el llevat que fermenta

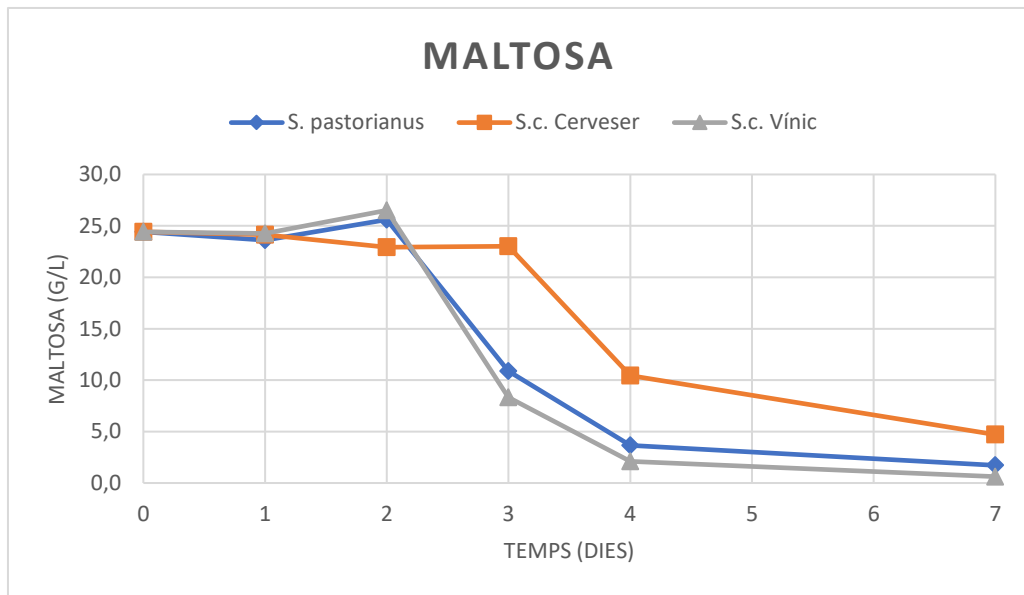


Gràfic 17. Producció d'àcid acètic al llarg de la fermentació

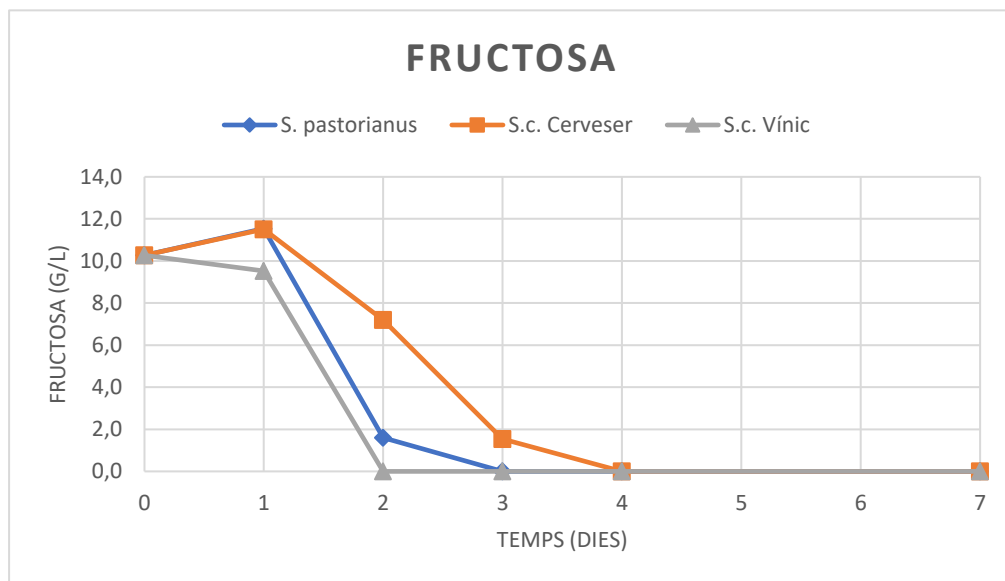
Annex III. Gràfics de consum de sucres



Gràfic 16. Consum de la glucosa segons la soca de llevat



Gràfic 19. Consum de la maltosa segons la soca de llevat



Gràfic 18. Consum de la fructosa segons la soca de llevat

Annex IV. Taules estadístiques utilitzades per la prova triangular i de preferència.

Taula 6. Interpretació estadística per prova triangular i de preferència

NOMBRE DE JUDICIS llinar de confiança	COMPARACIÓ PER PARELLES				PROVA TRIANGULAR	
	nombre mínim de judicis correctes				nombre mínim de judicis correctes	
	per diferenciació		per preferència			
	95 %	99 %	95 %	99 %	95 %	99 %
5	—	—	—	—	4	5
6	—	—	—	—	5	6
7	7	7	7	—	5	6
8	7	8	8	8	6	7
9	8	9	8	9	6	7
10	9	10	9	10	7	8
11	9	10	10	11	7	8
12	10	11	10	11	8	9
13	10	12	11	12	8	9
14	11	12	12	13	9	10
15	12	13	12	13	9	10

Taula 7. Interpretació estadística prova triangular

Table 2 ■ Tables de la loi binômiale $p = 1/3$.

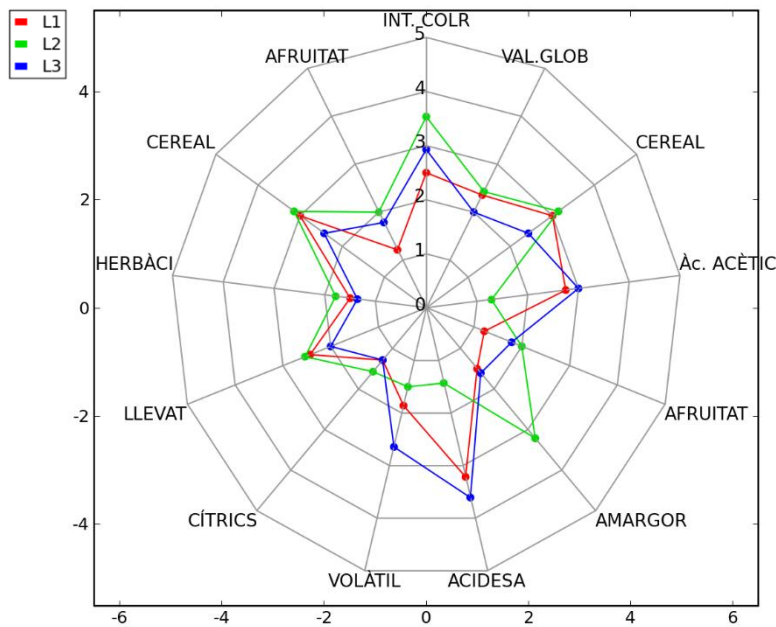
k^n	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0,132	0,088	0,059	0,039	0,026	0,017	0,012	0,008	0,005	0,003	0,002
1	0,329	0,263	0,205	0,156	0,117	0,087	0,064	0,046	0,033	0,024	0,017
2	0,329	0,329	0,307	0,273	0,234	0,195	0,159	0,127	0,100	0,078	0,060
3	0,165	0,219	0,256	0,273	0,273	0,260	0,238	0,212	0,184	0,156	0,130
4	0,041	0,082	0,128	0,171	0,205	0,228	0,238	0,238	0,230	0,214	0,195
5	0,004	0,016	0,038	0,068	0,102	0,137	0,167	0,191	0,207	0,214	0,214
6	0,001	0,006	0,017	0,034	0,057	0,083	0,111	0,138	0,161	0,179	0,179
7	—	—	—	0,002	0,007	0,016	0,030	0,048	0,069	0,092	0,115
8	—	—	—	—	—	0,003	0,007	0,015	0,026	0,040	0,057
9	—	—	—	—	—	—	0,001	0,003	0,007	0,013	0,022
10	—	—	—	—	—	—	—	—	0,001	0,003	0,007
11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,002
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Taula 8. Interpretació estadística per la preferència

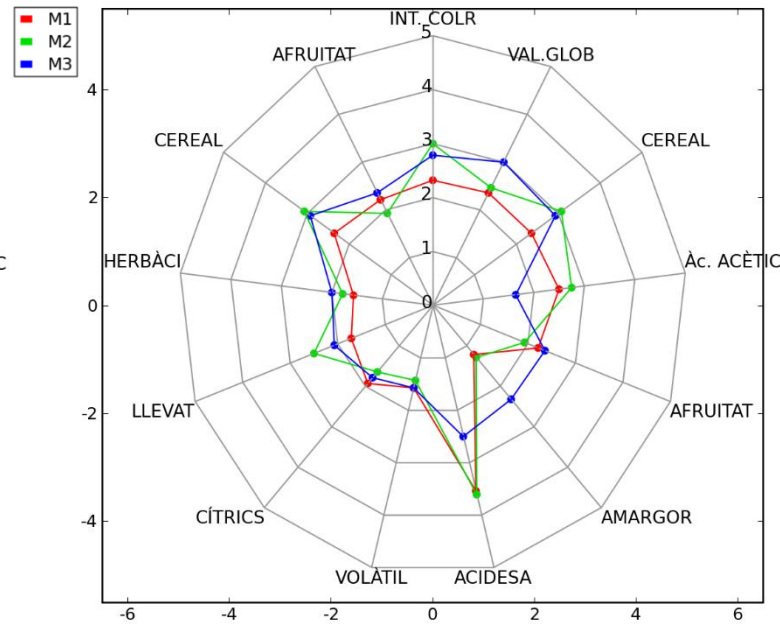
Table 1 ■ Tables de la loi binômiale $p = 1/2$.

k^n	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0,031	0,016	0,008	0,004	0,002	-	-	-	-	-	-
1	0,156	0,094	0,055	0,031	0,018	0,010	0,005	0,003	0,002	-	-
2	0,313	0,234	0,164	0,109	0,070	0,044	0,027	0,016	0,010	0,006	0,003
3	0,313	0,313	0,273	0,219	0,164	0,117	0,081	0,054	0,035	0,022	0,014
4	0,156	0,234	0,273	0,273	0,246	0,205	0,161	0,121	0,087	0,061	0,042
5	0,031	0,094	0,164	0,219	0,246	0,246	0,226	0,193	0,157	0,122	0,092
6	-	0,016	0,055	0,109	0,164	0,205	0,226	0,226	0,209	0,183	0,153
7	-	-	0,008	0,031	0,070	0,117	0,161	0,193	0,209	0,209	0,196
8	-	-	-	0,004	0,018	0,044	0,081	0,121	0,157	0,183	0,196
9	-	-	-	-	0,002	0,010	0,027	0,054	0,087	0,122	0,153
10	-	-	-	-	-	-	0,005	0,016	0,035	0,061	0,092
11	-	-	-	-	-	-	-	0,003	0,010	0,022	0,042
12	-	-	-	-	-	-	-	-	0,002	0,006	0,014
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,003
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Annex V. Gràfics prova descriptiva



Gràfic 21. Característiques organolèptiques de les cerveses amb diferents %R. L1 / L2 / L3 per a 0%R / 10%R / 20%R



Gràfic 20. Característiques organolèptiques de les cerveses amb diferents llevats. M1 / M2 / M3 per a S. pastorianus / S.c. Cerveser / S.c. Vínic

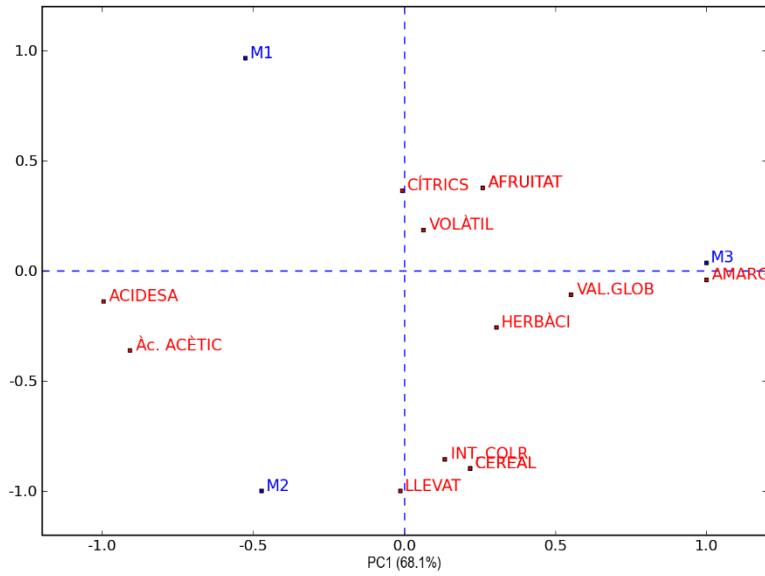


Figura 4. Bi-plot segons el llevat que fermenta

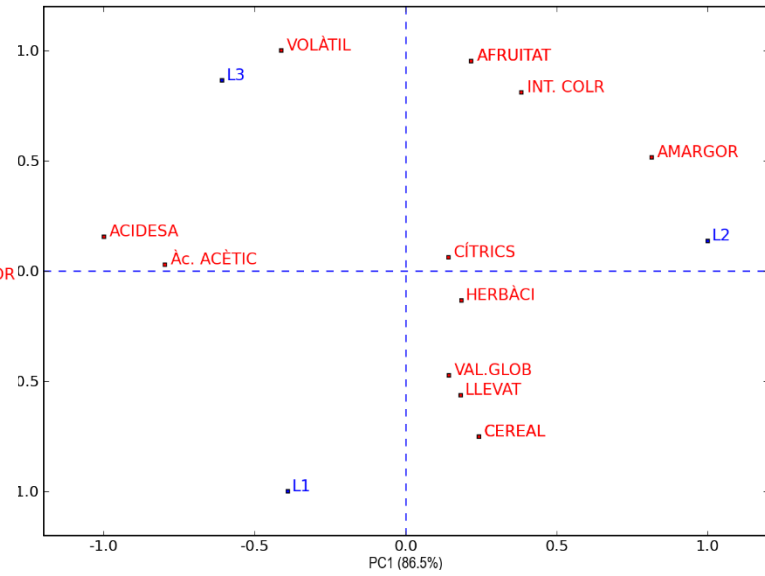


Figura 3. Bi-plot en mostres amb diferents %R

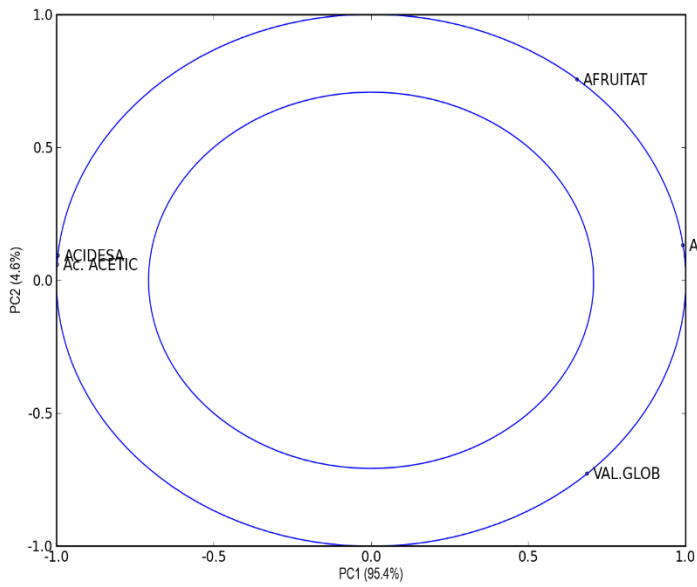


Figura 2. Correlació PCA segons el llevat que fermenta

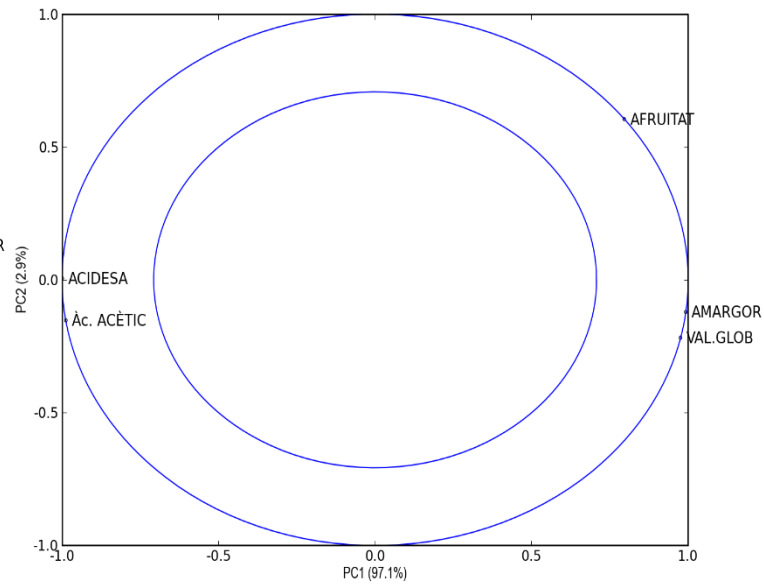


Figura 1. Correlació PCS segons diferents %R

Annex VI. Fitxa de tast

NOM: _____

PROVA SENSORIAL: Respon del 0 al 5 (0 = molt baix / 5 = molt alt) els següents paràmetres visuals, olfactius, gustatius de cada copa. Pots ficar valors decimals. No cal que valoris un aroma / gust si no el detectes.

	L1	L2	L3
FASE VISUAL			
Intensitat de color			
FASE OLFACTIVA			
Afruitat			
Cereal (Malta)			
Herbàci			
Llevat			
Cítrics			
Acidesa Volàtil (Àc. Acètic)			
FASE GUSTATIVA			
Acidesa			
Amargor			
Afruitat			
Àc. Acètic			
Cereal (Malta)			
VALORACIÓ GLOBAL			
OBSERVACIONS			

NOM: _____

PROVA SENSORIAL: Respon del 0 al 5 (0 = molt baix / 5 = molt alt) els següents paràmetres visuals, olfactius, gustatius de cada copa. Pots ficar valors decimals. No cal que valoris un aroma / gust si no el detectes.

	M1	M2	M3
FASE VISUAL			
Intensitat de color			
FASE OLFACTIVA			
Afruitat			
Cereal (Malta)			
Herbàci			
Llevat			
Cítrics			
Acidesa Volàtil (Àc. Acètic)			
FASE GUSTATIVA			
Acidesa			
Amargor			
Afruitat			
Àc. Acètic			
Cereal (Malta)			
VALORACIÓ GLOBAL			
OBSERVACIONS			

Figura 5. Fitxes de tast per la prova descriptiva

NOM: _____

POSICIÓ: ____

PROVA TRIANGULAR: D'aquestes 3 copes, 2 son iguals i una es diferent

- Digues quina de les tres copes es diferent i quina t'agrada més

SÈRIE 1	
COPA DIFERENT	PREFERÈNCIA DE GUST
OBSERVACIONS:	

SÈRIE 2	
COPA DIFERENT	PREFERÈNCIA DE GUST
OBSERVACIONS:	

SÈRIE 3	
COPA DIFERENT	PREFERÈNCIA DE GUST
OBSERVACIONS:	

SÈRIE 4	
COPA DIFERENT	PREFERÈNCIA DE GUST
OBSERVACIONS:	

SÈRIE 5	
COPA DIFERENT	PREFERÈNCIA DE GUST
OBSERVACIONS:	

Figura 6. Fitxa de tast per la prova triangular i de preferència