

Treball Final de Grau

Estudi: Grau en Innovació i Seguretat Alimentària

Títol: Avaluació de l'efecte de l'acidificació "artificial" en la qualitat sensorial de la cervesa.

Document: Memòria

Alumne: Teresa Ferriol Garrido

Tutor: Núria Fiol Santaló

Departament: Enginyeria Química, Agrària i Tecnologia
Agroalimentària

Àrea: Enginyeria Química

Convocatòria (mes/any): Juny 2023

Universitat de Girona

Avaluació De l'Efecte De l'Acidificació "Artificial" En La Qualitat Sensorial De La Cervesa

Autora: Teresa Ferriol Garrido

AGRAÏMENTS

M'agradaria donar les gràcies a la tutora que m'ha guiat al llarg del desenvolupament d'aquest treball, Núria Fiol, per tota l'ajuda que m'ha proporcionat davant dels problemes que han anat sorgint en el transcurs del treball.

Agraeixo la col·laboració, en la part experimental i teòrica d'aquest treball, al Clúster Craft Beer i al professor de la Universitat Rovira i Virgili, Albert Barrachina. Sense ells no hauria pogut elaborar les cerveses ni estudiar-les amb un tast. I gràcies a en Ferran Picart, graduat de GINSA, per donar un cop d'ull a la part teòrica del treball.

Finalment, m'agradaria donar gràcies a la meua família pel suport que m'ha brindat, i a les meves amigues i companyes de grau, Mònica Blanco i Yhare N. Solano, que han estat allà per ajudar-me quan més ho he necessitat.

ÍNDEX

RESUM.....	1
PARAULES CLAU.....	3
INTRODUCCIÓ.....	4
QUÈ ÉS LA CERVESA.....	4
ORÍGEN.....	4
INGREDIENTS.....	5
MALT DE CEREAL.....	5
LLÚPOL.....	7
LLEVAT.....	10
PROCÉS D'ELABORACIÓ - DIAGRAMA DE FLUX.....	13
PREPARACIÓ DEL MALT.....	14
MOLTA.....	14
PREPARACIÓ DE L'AIGUA.....	14
MACERACIÓ.....	15
FILTRACIÓ O "LAUTERING" I RENTADA O "SPARGING".....	18
COCCIÓ I ADDICIÓ DE LLÚPOL.....	19
"WHIRPOOL".....	19
REFREDAMENT I AERACIÓ.....	19
FERMENTACIÓ.....	20
MADURACIÓ.....	22
L'AIGUA DE LA CERVESA.....	23
LA COMPOSICIÓ DE L'AIGUA D'ELABORACIÓ.....	23
L'ALCALINITAT RESIDUAL DE L'AIGUA.....	26
REDUCCIÓ DE L'ALCALINITAT DE L'AIGUA.....	27
ADDICIÓ D'UN ÀCID.....	27
ÀCIDS INORGÀNICS.....	28
ÀCIDS ORGÀNICS.....	30
DEGUSTACIÓ DE LA CERVESA.....	32
ASPECTE.....	32
ESCUMA.....	32
CERVESA.....	33
OLFACCIÓ.....	33
SENSACIONS EN BOCA.....	37

AROMES.....	37
GUSTOS.....	37
TACTE O CÒRPORA	38
MATISOS GENERALS	38
OBJECTIU	40
MATERIALS I MÈTODES.....	41
DISSENY EXPERIMENTAL	41
LA RECEPTA.....	41
DESCRIPCIÓ DE L'EQUIPAMENT PER L'ELABORACIÓ	43
MATERIAL ADDICIONAL.....	44
PROTOCOL DE LES PROVES DE CARACTERITZACIÓ.....	45
DESCRIPCIÓ DEL PROCÉS D'ELABORACIÓ.....	46
TAST	50
RESULTATS	52
CARACTERITZACIÓ FÍSICOQUÍMICA	52
DEGUSTACIÓ I AVALUACIÓ	55
DISCUSSIÓ	62
ANÀLISI DELS RESULTATS	62
CARACTERITZACIÓ FÍSICOQUÍMICA	62
AVALUACIÓ SENSORIAL	63
PROPOSTA DE MILLORES DEL DISSENY EXPERIMENTAL.....	68
APLICABILITAT.....	69
CONCLUSIONS	69
BIBLIOGRAFIA.....	70

RESUM

L'objectiu d'aquest treball va ser determinar l'efecte sensorial de l'addició d'àcid, usat en l'elaboració de cervesa per reduir el pH i l'alcalinitat de l'aigua d'elaboració.

Per tal d'estudiar aquest efecte es van elaborar un total de sis cerveses de dos estils diferents, un de maltós i un de llupolat, al que es van afegir tres àcids diferents a cada una. Les cerveses estudiades contenen àcid fosfòric, que és l'àcid més utilitzat actualment en l'elaboració de cervesa, l'àcid làctic, que està lligat al desenvolupament de malts àcids per l'elaboració de cerveses de l'estil *Sour Beer*, i l'àcid cítric, un àcid de fàcil accés en les indústries alimentàries.

En el total de cerveses hi havia dues cerveses elaborades amb àcid fosfòric, dues elaborades amb àcid làctic i dues elaborades amb àcid cítric.

Per tal d'assegurar que les cerveses tenien el mínim nombre de variacions possible es van fer tres elaboracions de 30 L, una per cada àcid afegit, que es van separar en dos lots de 15 L per diferenciar els dos estils. A l'estil maltós, se li va afegir llevat LAGER per fer una fermentació a baixa temperatura, i a l'estil llupolat, se li va afegir llevat ALE o d'alta fermentació i se li va aplicar la tècnica de *dry hopping* per pronunciar els aromes del llúpul.

Durant l'elaboració es van prendre mostres per fer mesures de pH i d'acidesa total abans de la maceració, després de la maceració, després de la cocció i després de la fermentació. També es va fer la mesura de la densitat inicial després de la cocció, i la mesura de la densitat final després de la fermentació, amb l'objectiu de calcular el volum d'alcohol aconseguit durant la fermentació.

Per dur a terme l'anàlisi descriptiva de la cervesa es va reunir un grup de tast format per 5 tastadors i es va elaborar una fitxa d'avaluació, que els tastadors havien d'anar completant durant el tast, en la que s'estudiava els diferents factors que determinen l'aspecte, l'aroma olfactiv, el tacte, els gustos i els matisos generals de la cervesa.

Un cop reunits els resultats obtinguts en les proves que es van dur a terme, es va trobar que a les mesures de pH i d'acidesa total de les cerveses no s'observaven diferències significatives entre les cerveses elaborades amb diferents àcids. També es va observar que la densitat inicial de les cerveses per tots els àcids era baixa, i les cerveses estil LAGER elaborades amb àcid cítric i àcid làctic mostraven una reducció de la densitat després de la fermentació menor a la cervesa LAGER elaborada amb àcid fosfòric. Els valors obtinguts en les cerveses estil ALE+DH no mostraven grans diferències entre les densitats finals obtingudes de les tres cerveses. Finalment, el volum d'alcohol aconseguit a les sis cerveses era significativament baix en comparació al valor normal, trobant-se a valors entre 1,5 i 1,9 %, en comptes de 4 – 6%.

Pel que fa a l'anàlisi sensorial duta a terme, els cinc tastadors participants van fer un tast a cegues. En aquest no coneixien l'element que s'havia modificat en l'elaboració, ni tampoc sabien quin àcid contenia cada cervesa. D'aquesta manera es volia evitar una resposta condicionada per la pròpia experiència dels tastadors en el tòpic.

Es van estudiar els estils per separat i es va comparar les tres cerveses ordenant-les en cada categoria, de més intensitat a menys intensitat.

Els gràfics radials obtinguts a partir de la mitjana de les valoracions dels cinc tastadors mostren diferències en apartats específics per cada estil. Al gràfic referent a les cerveses d'estil LAGER, la cervesa amb àcid fosfòric és la valorada més positivament en les dades d'aspecte, dades del

tacte, gustos i dades generals. En canvi, a les dades olfactivas, la cervesa elaborada amb àcid cítric és la que obté millors valoracions. La cervesa amb àcid làctic obté els resultats més baixos en totes les categories excepte la categoria *Dades d'aspecte*, on el seu valor mitjà coincideix amb el valor mitjà obtingut en la cervesa elaborada amb àcid fosfòric.

En el gràfic que estudia les cerveses de l'estil ALE+DH, la cervesa elaborada amb àcid làctic mostra les millors valoracions en les dades referents a l'aspecte i al tacte, però obté les valoracions més baixes a les dades olfactivas i a les dades generals. La cervesa elaborada amb àcid cítric continua mostrant les millors valoracions respecte les dades olfactivas, però, mostra valors molt baixos en les dades d'aspecte. Pel que fa a la cervesa elaborada amb àcid fosfòric, obté les millors valoracions pel que fa a les dades generals, on els tastadors la determinen com la cervesa més equilibrada.

Els tastadors van destacar que les cerveses d'ambdós estils, elaborades amb àcid làctic, presentaven un defecte sensorial, que no permet establir conclusions referents a l'ús d'aquest àcid per l'elaboració de cervesa, per la dificultat de valorar-les sensorialment.

Les conclusions a les que s'han arribat després del desenvolupament d'aquest treball són:

L'evolució del pH i acidesa total no mostren diferències significatives envers l'addició d'àcid fosfòric, àcid cítric i àcid làctic.

Els valors de densitat final de les cerveses LAGER elaborades amb àcid cítric i àcid làctic són superiors a la densitat final de la cervesa elaborada amb àcid fosfòric.

Les cerveses que han presentat característiques sensorials valorades més positivament han estat les cerveses elaborades amb àcid fosfòric, confirmant que l'ús d'aquest per reduir el pH i l'alcalinitat de l'aigua d'elaboració seria el més adequat dels àcids estudiats.

PARAULES CLAU

- Cervesa artesana
- Aigua
- Malt
- Maceració
- Alcalinitat total
- Alcalinitat residual
- pH
- Àcid

INTRODUCCIÓ

QUÈ ÉS LA CERVESA

L'aigua, el malt de cereal, el llúpul i el llevat són els quatre components bàsics de la cervesa.

És una beguda alcohòlica fermentada que ha sigut consumida arreu del món durant milers d'anys. La seva amargor és característica i el seu color varia en funció del seu tipus de producció.

La mineralització de l'aigua, el torrat del malt, el moment d'addició del llúpul, el tipus de llevat per la fermentació i altres petites modificacions en el procés permeten aconseguir gran varietat d'estils que, històricament, depenen del lloc de procedència de la cervesa.

ORÍGEN

Les primeres evidències del consum de cervesa es remunten a l'any 4000 aC a la zona de la Mesopotàmia d'Orient Mitjà. Al jaciment de *Godin Tepe* es va trobar una tauleta d'argila on s'observava a diverses persones consumint aquesta beguda d'un mateix recipient, i on també hi havia escrit el procediment que seguien per la seva elaboració (Ministerio de Cultura Argentina, 2019).

Es van trobar també evidències del neolític a la Cova de Can Sadurní (Begues, Catalunya) que daten d'entre 5500 aC – 4000 aC i les converteixen en les restes arqueològiques més antigues que s'han trobat a Europa. Aquesta informació ens pot fer pensar que el desenvolupament de la cervesa està lligada a la sedentarització de les societats humanes, és a dir, quan aquestes s'estableixen en poblacions estables i comencen a generar collites amb excedents que es volen intentar conservar, és quan es crea la cervesa, de manera que segurament la cervesa es crea de manera simultània en diferents llocs del món a mesura que les societats humanes s'anaven establint. També s'han trobat evidències a la Xina que daten del 7000 aC fet que fa pensar que aquesta hipòtesi sigui la més probable (Cerveza, s.d.).

El descobriment de la cervesa es va donar de manera accidental, com passa molts cops, en barrejar cereals i aigua. Inicialment, la cervesa s'elaborava barrejant farina i aigua (Ministerio de Cultura Argentina, 2019).

La cervesa estava molt lligada al desenvolupament de l'agricultura, ja que aquesta es va convertir en part essencial de la dieta pels beneficis que hi anaven lligats. A Egipte, la cervesa tenia diversos noms en funció del tipus de cervesa, els noms més habituals eren *henket*, *curmi*, *fty* o *afty*. A diferència del vi, aquesta beguda s'elaborava pel poble. Era tanta la quantitat que se'n fabricava que els agricultors dedicaven la seva producció a l'ordi, ja que es va convertir en una moneda de pagament per als treballadors en les obres del faraó (Cervesa en català, 2009, octubre 16).

Com que l'ordi va guanyar tant de valor, van començar a elaborar la cervesa amb espelta, van descobrir el malt i van començar a experimentar afegint diferents ingredients com el safrà, la mel, el gingebre i altres per millorar la beguda organolèpticament (Ministerio de Cultura Argentina, 2019).

Hi ha diverses opinions sobre la procedència del nom que avui dia fem servir per referir-nos a la cervesa. Es creu que el nom prové del nom de la paraula llatina *Cerevesia* o *Cerevisia* que prové del nom de la deessa dels cereals i de les messes, *Ceres*. Aquest nom provindria de la combinació de la paraula *Ceres* i la paraula *Vis*, que vol dir la força de *Ceres*. També es creu que

la paraula *Cerevisia* podria provenir del gàl·lic *Coirm*, ja que la cultura cèltica en general té una forta influència en la llengua llatina (Cervesa en català, 2009, novembre 17)

La extensió de la beguda va crear les primeres diferències en aquesta depenent del lloc on era elaborada. I és que a cada zona del món s'elaborava amb el cereal que es tenia disponible, a la Xina es feia servir el blat o arròs, als països bàltics es feia servir el sègol i a Japó es feia servir l'arròs. La cervesa d'ordi que coneixem avui és la que s'elaborava a Mesopotàmia i a Egipte (Ministerio de Cultura Argentina, 2019).

Fins a aquest moment la cervesa era consumida com a font de sucre i nutrients, varen ser els monestirs que van posar per escrit la recepta i van començar a fer servir el llúpul en la seva elaboració al voltant del segle X (Ministerio de Cultura Argentina, 2019).

La introducció de la màquina de vapor (segle XVIII) i els descobriments de Pasteur (segle XIX), la invenció del termòmetre i del densímetre, van marcar un abans i un després en l'elaboració de la cervesa. Pasteur va proposar que, un cop bullit el most, es refredés com més ràpid millor per minimitzar l'efecte dels microorganismes que podien contaminar-lo durant el refredament (Ministerio de Cultura Argentina, 2019).

La primera regulació de la cervesa és la Llei de Puresa Alemanya o *Reinheitsgebot* creada el 23 d'abril del 1516 pel duc Guillem IV de Baviera i establia que la cervesa només es podia elaborar a partir d'aigua, ordi i llúpul. El seu objectiu era millorar la qualitat i la conservació, gràcies al fet que el llúpul té propietats antibacterianes, encara que també es creu que aquesta llei va ser implantada per motius egoistes, ja que el duc Guillem IV tenia el monopoli de l'ordi i l'aplicació de la llei va fer augmentar-ne la venda (Cervecistas, 2021).

Al segle XIX després del descobriment de Pasteur, la llei va ser modificada i es va afegir el llevat com a ingredient de la cervesa. Previ a aquest descobriment, la fermentació es provocava afegint el sediment de l'elaboració prèvia a la nova elaboració, d'aquesta manera, sense ells saber-ho, el que feien era introduir el llevat que havia fermentat la cervesa prèvia a la nova perquè la fermentés (Cervecistas, 2021).

INGREDIENTS

En aquest apartat no es tractarà l'aigua, ja que se'n parlarà d'una manera més extensa en un apartat posterior dedicat a aquest ingredient.

MALT DE CEREAL

Actualment, el cereal més emprat per l'elaboració de cervesa és l'ordi. Es diu que és el més adient, ja que aquest conserva la closca després de ser mòlt. La closca és de gran ajuda en els passos posteriors perquè crea un filtre natural que millora la circulació i la separació del most (Palmer, 2017).

Tot i això, la cervesa es pot fer amb gran varietat de cereals. Com s'ha comentat anteriorment, l'ús de diferents cereals estava lligat al tipus de cereal de què cada societat disposava.

Avui en dia, aquestes variacions no van lligades a la disponibilitat sinó als diferents estils que existeixen, com per exemple l'estil *Weissbier* que es fa amb blat. També s'ha fet servir cereals com la civada, el sègol i l'arròs.

Existeixen dues tipologies d'espiga d'ordi, de 2 o 6 carreres, aquests es diferencien per la quantitat de fileres de llavors que la conformen. Normalment, es fa servir l'espiga de dues

carreres o 2R, ja que té menys quantitat de proteïna i, per tant, s'obtenen cerveses més transparents, també hi ha més quantitat de carbohidrats i, per tant, tenim més sucres, però té menys enzims (Moritz, 2022).

Per convertir el cereal en malt ha de passar pel procés de maltatge, que consisteix a provocar la germinació del cereal i aturar-la en un punt en concret que permetrà al cerveser accedir als sucres que es troben a l'interior del gra. Es comença per impregnar les llavors amb aigua fins que hagin absorbit el 50% del seu pes inicial i hagin començat a crear una petita arrel. És llavors quan el cereal s'escorre i es mou a una sala de germinació on les llavors estaran a una humitat i temperatura controlades. Per controlar que la temperatura és uniforme a tot el gra aquests s'aniran girant de manera periòdica (Palmer, 2017).

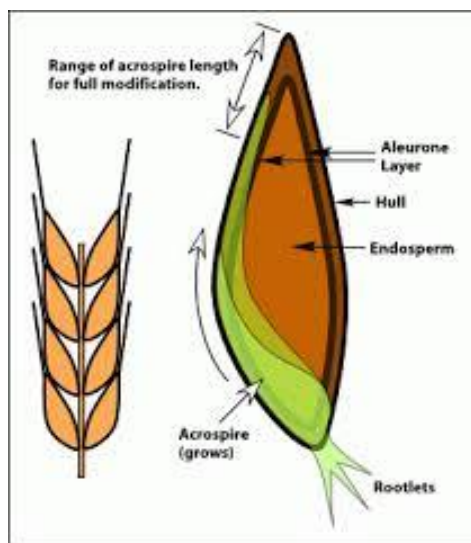
En el procés de germinació s'alliberen enzims presents a la capa d'aleurona que envolta l'endosperma. Els enzims trenquen la matriu de l'endosperma en carbohidrats petits, aminoàcids i lípids, i s'allibera el reservori de midó. Pels cervesers, les reserves de midó de la llavor són de gran importància, ja que els processos posteriors de l'elaboració busquen tallar el midó, per aconseguir sucres de cadena curta que podran ser transformats en alcohol pel llevat en l'etapa de fermentació (Palmer, 2017).

Els malters tenen diverses maneres de saber quan el gra està en el punt adient per aturar la germinació, un d'aquests sistemes és la inspecció visual. S'observa una petita tija, en anglès *acrosipre*, que comença a créixer per sota la closca, la seva llargada determinarà la modificació del gra. Una altra manera que tenen de determinar si el gra està llest pel següent pas del maltatge, és aixafant els grans de cereals entre els dits, així el malter pot determinar si la llavor s'ha estovat prou o necessita més temps de germinació. L'estovament del gra està relacionat amb el trencament de la matriu de l'endosperma. La llavor sol estar germinant entre 4 i 6 dies per arribar a aquest punt (Palmer, 2017).

Un cop s'ha arribat a l'objectiu de la germinació, s'atura assecant el gra en un forn (Palmer, 2017).

L'asseccament pot constar de diverses etapes depenent de la varietat de malt que es vol crear. Existeixen dos tipus de malt: malts base i malts especials (Palmer, 2017).

A causa de la pujada de temperatura d'aquest procés alguns dels enzims alliberats durant la germinació es desnaturalitzen, és a dir perden l'estructura terciària i secundària inactivant-los, però alguns continuen actius i entre ells es troben els que permeten hidrolitzar el midó en sucres de cadena curta, que són els necessaris per a l'elaboració de la cervesa. La quantitat d'aquests enzims que conté el malt es denomina poder diastàtic. Els malts base són els malts amb prou poder diastàtic per convertir el midó en sucres fermentables quan són posats en contacte amb aigua calenta (procés de maceració). Aquests seran els utilitzats en més proporció dins d'una recepta (Maltatge, s.d.).



Il·lustració 1: Parts de la llavor d'ordi. Font: Llibre *How to Brew* de John J. Palmer

Els malts base s'introduiran al forn on s'assecaran a temperatures d'entre 50 i 70 °C fins a arribar a una humitat del 4% (Palmer, 2017).

Els malts especials són malts no-enzimàtics que han passat per tractaments a temperatures més altes que han provocat la inactivació dels enzims que fan la conversió del midó, però que també han fet desenvolupar aromes que aporten complexitat a la cervesa (Palmer, 2017).

Existeixen tres tipus de malts especials depenent del tractament que se'ls hi aplica i els aromes que aconseguixen (Palmer, 2017).

El primer tipus de malts especials són els fornejats a altes temperatures. Aquests serien com els malts base però més torrats, i els seus aromes van des d'aromes de pa torrat, a aromes de galeta (Palmer, 2017).

El segon tipus són els malts de caramel. Aquests es fornejen quan encara són molls, d'aquesta manera es converteix el midó en sucre dins la closca i s'obté un malt dolç que després passarà per un procés de torrat (roasted) a temperatures més altes que li donarà aromes semblants a la mel o el caramel. El color d'aquests malts es determina per la unitat Lovibond (°L) i cada malt té característiques de fermentació i de dolçor diferents (Palmer, 2017).

El tercer tipus de malts especials són els malts torrats (roasted malts) i s'aconsegueixen torrant el malt base a altes temperatures. Els colors que s'obtenen són marrons vermellosos o negres i també es mesuren amb l'escala Lovibond. Els aromes que s'aconsegueixen van des de pa molt torrat a aromes de xocolata o cafè (Palmer, 2017).

La combinació dels malts base i els malts especials és important a l'hora d'establir una recepta. Els malts especials ens ajudaran a aportar aromes, color, densitat i altres característiques a la cervesa, però no es poden fer servir en gran quantitat dins d'una recepta pel fet que no tenen la capacitat de digerir el midó, és per això que es fa servir malt especial només entre un 3 i un 25% del total i la resta haurà de ser malt base (Menjar sa a prop meu, 2022).

Un cop el cereal ha passat pel procés de maltatge, ja el podem considerar malt i està llest per ser utilitzat per la fabricació de cervesa.

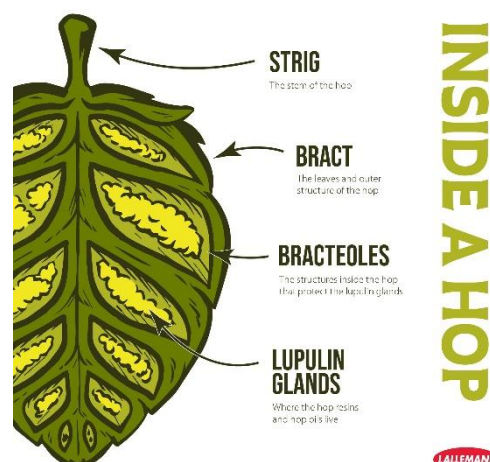
LLÚPOL

El llúpul és una planta enfiladissa originària de les zones temperades septentrionals d'Europa, Amèrica i Àsia. El seu nom científic és *Humulus lupulus* i forma part de la família *Cannabaceae* (*Humulus Lupulus*, s.d.).

Aquesta planta enfiladissa separa les flors femenines i masculines en diferents plantes. Les flors femenines són les que es faran servir per fer cervesa (*Humulus Lupulus*, s.d.).

Originalment, el llúpul es va començar a utilitzar en l'elaboració de cervesa per la seva capacitat d'inhibir el creixement bacterià, aconseguint una millor conservació del producte (*Humulus Lupulus*, s.d.).

La flor femenina del llúpul té forma cònica i al seu interior es troben les glàndules de lupulina, on hi ha resines i olis essencials que aportaran l'amargor



Il·lustració 2: Parts de la flor femenina de llúpul.
Font: Lallemand Inc.

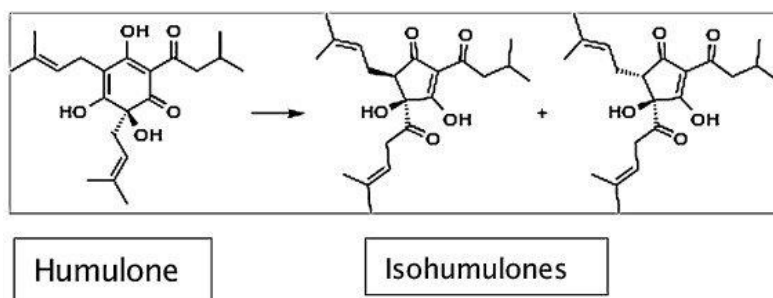
i aromes característics del llúpul. Les resines i olis presents a les glàndules són els responsables de les propietats conservadores del llúpul (*Humulus Lupulus*, s.d.).

Actualment, hi ha més de 200 varietats de llúpul, però a l'inici només es cultivaven un parell de dotzenes. Va ser a partir de continuada modificació de les varietats inicials que s'aconsegueix augmentar el contingut d'alfa àcid, uns dels responsables de l'amargor del llúpul, i millorar la resistència del llúpul al camp i a les malalties (Palmer, 2017).

Els cervesers sempre han intentat quantificar la intensitat de l'amargor en una cervesa. És per això que durant molts anys es van dur a terme gran varietat d'estudis per trobar una metodologia que fos capaç d'aconseguir-ho. A finals del 1800 es van poder aïllar els alfa i beta àcids de les glàndules de lupulina, però més tard es va trobar que aquestes molècules no estaven presents al producte final. Va ser l'any 1947 que es va aconseguir aïllar els iso-alfa àcids de la cervesa.

Les investigacions van continuar i l'any 1953 es va trobar que hi havia tres formes diferents dels alfa àcids i dels beta àcids que es van anomenar humulona, cohumulona, adhumulona, i lupulona, colupulona i adlupulona, i cadascuna aportava un tipus d'amargor i una capacitat d'isomerització diferents, fent així que en el desenvolupament de noves varietats de llúpul es comencessin a crear varietats amb concentracions determinades depenen del resultat que es volia (Palmer, 2017).

Com ja s'ha comentat, un dels responsables de l'amargor del llúpul són els alfa àcids, també anomenats humulones, presents a la resina de les glàndules de lupulina. Per aportar amargor a la cervesa els alfa àcids han de passar a la forma de iso-alfa àcids o iso-humulones, i és que en realitat els alfa àcids no són amargs o solubles en aigua a no ser que, a partir de l'ebullició, s'isomeritzin (Palmer, 2017). El que fa la isomerització és modificar la configuració d'una molècula, en el nostre cas, d'alfa àcid, arran d'una rotació al voltant d'un enllaç o la migració d'un àtom entre grups funcionals (Isomerització, s.d.)



La conversió a iso-alfa àcids es dona gràcies a l'ebullició del llúpul. El temps d'ebullició determinarà quantes molècules d'alfa àcids s'isomeritzen, afectant la intensitat de

Il·lustració 3: Isomerització de la molècula d'humulona. Font: Google imatges (https://www.researchgate.net/figure/Isomerization-of-hops-humulone-to-isohumulone-in-the-brewing-of-beer_fig1_273579446)

l'amargor i la quantitat de molècules d'iso-humulones dissoltes al

most. Normalment, després d'una hora d'ebullició entre el 25 i 30% dels alfa àcids s'han convertit a iso-alfa àcids. El temps d'ebullició també és important per la pèrdua d'aromes. Després d'una hora d'ebullició la conversió a iso-alfa àcids aportarà l'amargor desitjada, però molts dels aromes s'hauran perdut. És per això que els cervesers solen fer diverses addicions en diferents moments de l'etapa de cocció per aconseguir l'amargor, però també obtenir els aromes que ens dona el llúpul (Palmer, 2017).

En menor concentració, a la resina de les glàndules de lupulina també hi trobem els beta àcids o lupulines. Aquests no són isomeritzats durant l'ebullició sinó que durant l'emmagatzematge s'oxiden aportant amargor i fent-los capaços de dissoldre's. Els alfa àcids del llúpul també

s'oxiden creant amargor a la cervesa. L'amargor dels alfa i beta àcids oxidats no és tan intensa com l'aportada pels iso-alfa àcids, però els beta àcids oxidats són més intensos que els alfa àcids oxidats. Les diferents varietats de llúpols que s'han anat aïllant al llarg del temps contenen diferents concentracions d'aquestes molècules que permeten aconseguir gran varietat de resultats (Palmer, 2017).

Finalment, al llúpol també hi trobem un tipus de polifenol, la proantocianidina (Deinzer M. L., s.d.), que es creu que té un efecte en la percepció de l'amargor, en un estudi anomenat "*A holistic examination of Beer bitterness*", realitzat per Christina Hahn, Scott Lafontaine i Thomas Shellhammer a l'Oregon State University, s'estudia l'impacte dels compostos lligats a l'amargor dins de la cervesa mitjançant tècniques sensorials i instrumentals. Es varen incloure 120 cerveses comercials i cada una es va sotmetre a una anàlisi química de l'amargor on s'estudiaven els àcids del llúpol amb una cromatografia líquida d'alta eficàcia (HPLC), els polifenols totals amb una espectrofotometria, i el contingut alcohòlic amb un sistema d'anàlisi de l'alcohol. També es va fer una prova de tast amb un panell de tast amb 19 experts on es va demanar que es valorés l'amargor en una escala del 0 al 20 (Hahn, C. et al., 2016).

A l'estudi es va arribar a la conclusió que la determinació de l'amargor total a partir, només, de l'anàlisi dels iso-alfa àcids és imperfecta, ja que els altres compostos també hi tenen un efecte. Tot i això, es va veure que el contingut de polifenols no era tan significatiu en la percepció de l'amargor com els alfa àcids oxidats (Hahn, C. et al., 2016).

Durant tot això es desenvolupava, es va continuar investigant la manera de quantificar l'amargor. Una de les maneres que es va trobar va ser a partir d'extreure els compostos del llúpol que eren químicament semblants als iso-alfa àcids, aquesta mostra es va analitzar amb un espectrofotòmetre amb una longitud d'ona de 275 nanòmetres i el resultat es va comparar amb resultats obtinguts en altres estudis. Aquesta experimentació va permetre la creació de la següent equació (Cervesa en català, 2009, octubre 16):

Bitterness Unit (BU) = 50 x Absorbància a 275nm.

Per fer ús d'aquesta fórmula s'ha de fer una anàlisi de espectrofotomètrica, però actualment existeixen altres maneres d'estimar els IBUs (*International Bitterness Unit*) d'una cervesa pel cerveser de carrer que no pot accedir a les proves de laboratori que es necessitarien per determinar-ho, i és que al llúpol comercial hi sol estar indicat el percentatge d'alfa àcid que conté el producte. És per això que es pot aplicar la següent fórmula (Cervesa en català, 2009, octubre 16):

$$IBU = 7489 \times (W \times A \times U) / V$$

Sent 7489 el factor de conversió de mil·lilitre per litre a unces per galó, W el pes del llúpol (unces), A el contingut d'alfa àcids (en mg/L), U el factor d'eficàcia i V el volum final (galons) (Cervesa en català, 2009, octubre 16).

El factor d'eficàcia està lligat al procés d'elaboració i depèn de factors com la llargada de la cocció, la densitat del most, el pH del most, l'edat i les condicions del llúpol, el tipus de presentació del llúpol (natural, pellets, concentrats, etc.), el nivell de rendiment del llúpol, i altres. Aquest factor és subjectiu i es determina segons l'experiència del cerveser (Cervesa en català, 2009, octubre 16).

Els aromes del llúpul són compostos químics que provenen dels olis essencials. Existeixen més de 500 compostos químics encarregats d'aportar l'aroma al llúpul i la seva interacció és la que permet l'obtenció dels aromes complexos característics de cada varietat (Palmer, 2017).

En la taula 1 trobem un llistat dels principals compostos causants de l'aroma que trobem als olis essencials (Palmer, 2017).

Aromes dels principals olis essencials (aromàtics) presents en el llúpul	
OLI	DESCRIPCIÓ DE L'AROMA
Mircè	Pastanaga dolça, api, fulles verdes (green leaves)
Humulè	Herbal, fusta, clau (spicy clove)
Cariofilè	Especiat, cedre, llima, floral
Farnesene	Fusta, cítric, dolç
β -Damascenone	Mel, baia, rosa, grosella negra, raïm negre
β -Ionona	Gerds, violetes
Linanol	Floral, lavanda
Geraniol	Floral, rosa, calèndula, gerani
Nerol	Floral, flor glicina
Citronel·lol	Cítric, llimona, oli de citronella
Terpineol	Cítric, afruitat
Humulenol	Especiat, pinya, cedre, artemisa
Humulol	Especiat, herbal, fenc (heno)
4-mercapto-4-metil-2-pentanona	Raïm moscatell, grosella negra, ceba

Taula 1: Aromas of the main essential (aromatic) oils found in hops. Font: How to brew de John J. Palmer

Tradicionalment, les característiques de cada varietat eren causa del lloc de cultiu. Es deia que les varietats europees eren especiades, les angleses herbals, les americanes eren cítriques i les que provenien del pacífic, afruitades. Va ser degut al creixement de la cervesa artesana que es van començar a cultivar diferents varietats de llúpols en cada regió, fent que aquesta diferenciació inicial desapareixes (Palmer, 2017).

LLEVAT

El llevat és un ingredient crucial en l'elaboració de cervesa, ja que serà el que ens convertirà el most en cervesa, ens transformarà els sucres del malt en alcohol i altres subproductes que, amb una correcta manipulació del llevat, aportaran profunditat i aromes específics de la fermentació al producte (Moritz, s.d.).

Com ja s'ha comentat, durant els anys en què la cervesa va començar a evolucionar cap a la beguda que coneixem avui en dia, no es coneixia l'existència del llevat. Hi havia dues maneres d'aconseguir que la cervesa fermentés, una era deixar el recipient exposat a l'ambient de manera que els microorganismes ambientals s'introduïen dins la beguda i la fermentaven, però aquest mètode no permet controlar els microorganismes que fermenten la cervesa provocant que el producte acabi tenint aromes no desitjats. Una altra manera que tenien els cervesers de provocar la fermentació era recollint el precipitat que hi havia a les anteriors cerveses i introduint-lo al most per fer-lo fermentar. Ara sabem que les cèl·lules inactives del llevat formen part d'aquest precipitat juntament amb altres molècules, és doncs que traspasant aquest precipitat al nou most assolien fer que el mateix llevat fermentés la cervesa aconseguint reduir la variabilitat entre productes (Moritz, s.d.).

Va ser Louis Pasteur qui, amb la seva investigació sobre el procés de fermentació, va determinar que el llevat n'era el causant i en va descobrir les temperatures òptimes de fermentació (Moritz, s.d.).

L'elecció del llevat és un factor a tenir en compte en el moment la formulació d'una recepta, i és que actualment al mercat hi ha moltes opcions pel que fa a llevats que es poden utilitzar. Aquests se separen en dues famílies els llevats LAGER (*Saccharomyces pastorianus*) o de baixa fermentació, o els llevats ALE (*Saccharomyces cerevisiae*) o d'alta fermentació. Quan es diu de baixa fermentació ens referim al fet que el llevat fermenta a temperatures més baixes, per contra, quan diem d'alta fermentació volem dir que fermenta a temperatures més altes (Palmer, 2017).

El llevat és un fong unicel·lular que es reproduïx de manera asexual a partir de la gemmació. Aquest és capaç de créixer tant de manera aeròbica com anaeròbica, i és la seva respiració anaeròbica que fa el procés de fermentació (*Saccharomyces cerevisiae*, s.d.).

Com ja s'ha explicat, el procés de fermentació és la transformació dels sucres del malt a alcohol i diòxid de carboni. Els sucres que trobem dins el malt són glucosa que és monosacàrid, fructosa que també és monosacàrid, sucrosa que és un disacàrid fet d'una glucosa i una fructosa, maltosa que és un disacàrid fet de dues glucoses, maltotriosa que és un trisacàrid fet de tres glucoses i finalment dextrina que és un oligosacàrid. La llargada del sucre és d'importància, ja que el llevat no és capaç de fermentar sucres de cadena llarga, és a dir que les dextrines no podran ser fermentades, però els altres sucres sí (Palmer, 2017).

El llevat consumeix els sucres amb un determinat ordre, començant pels monosacàrids de glucosa i fructosa, continuant amb el trencament del disacàrid sucrosa i posteriorment la maltosa. No totes les soques de llevat són capaces de trencar la totalitat de contingut de maltotriosa, normalment els llevats LAGER poden fermentar-la millor que els llevats ALE (Palmer, 2017).

La fermentabilitat d'un most es determinarà a partir de la composició de sucres, és a dir el contingut de sucres susceptibles a ser fermentats, i la soca de llevat. És en el procés de macerat que els sucres del malt s'hidrolitzaran per aconseguir els sucres de cadena curta capaços de ser fermentats (Palmer, 2017).

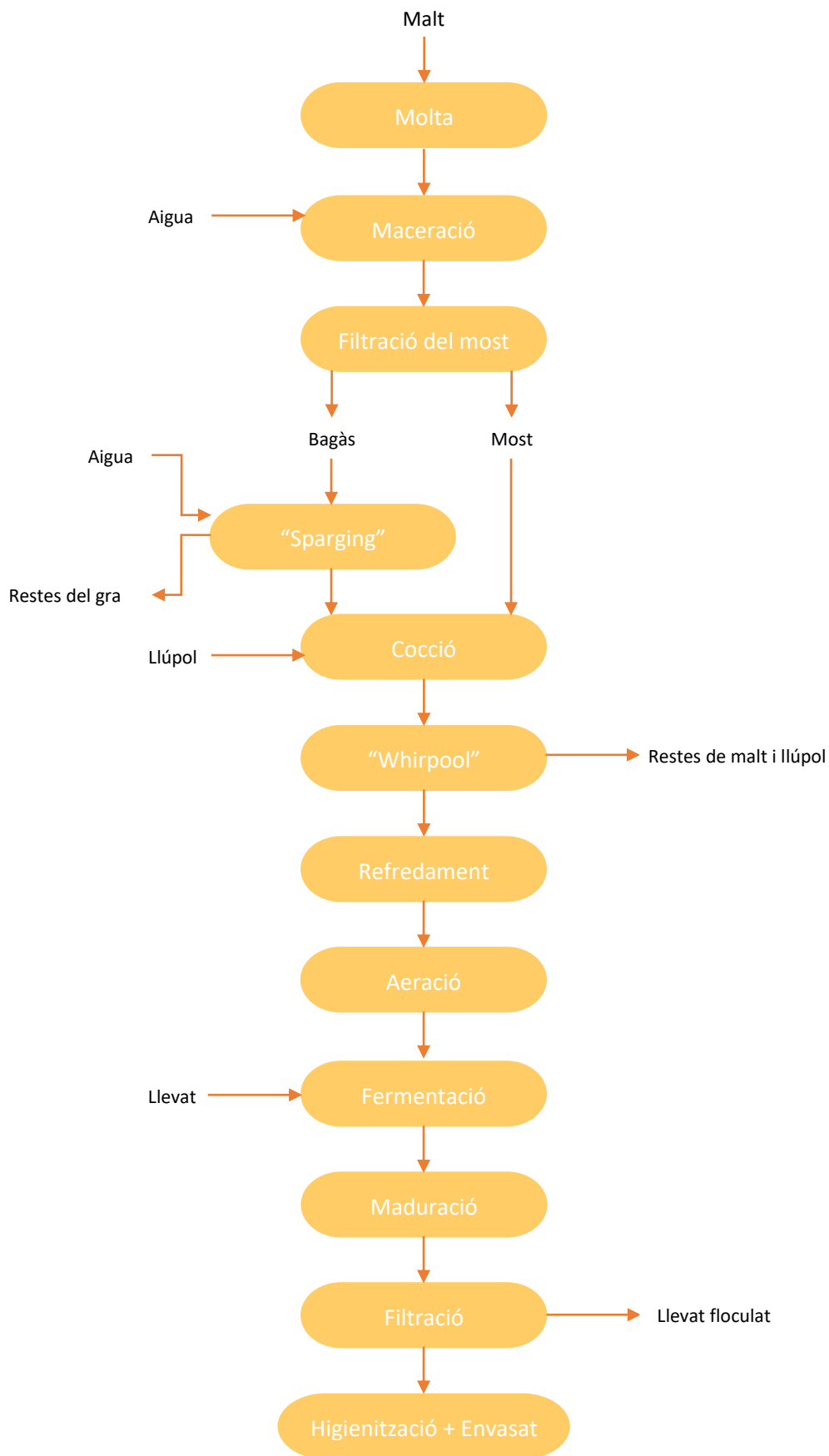
El grau d'atenuació és la capacitat del llevat de canviar la densitat de la cervesa. La densitat ve determinada per la quantitat de sucres dissolts en el most, per tant, a mesura que aquests es van consumint pel llevat aquesta densitat va disminuint. El rang d'atenuació de la majoria de les soques es troba entre el 67% i 77%. Aquest percentatge representa la quantitat de sucres que el llevat pot fermentar. El màxim de sucres fermentables presents en un most és del 80%, ja que el 20% restant seran dextrines que no s'hauran hidrolitzat i, per tant, no es podran fermentar. La raó per la qual el grau màxim d'atenuació del llevat és 77% és perquè, com ja hem dit, el llevat no és capaç de fermentar la totalitat de maltotrioses presents en el most, fent que no pugui ser mai del 80% (Palmer, 2017).

El grau d'atenuació del llevat serà un factor a tenir en compte a l'hora de triar la soca que es vol fer servir en una recepta (Palmer, 2017).

El llevat crea alcohol i diòxid de carboni com a resultat de la fermentació, però també crea altres subproductes com els èsters, els fenols, el diacetil i l'acetaldehid, que poden aportar

característiques positives al producte final, però un mal control de la fermentació pot provocar que es trobin en excés creant aromes no desitjades (Palmer, 2017).

PROCÉS D'ELABORACIÓ - DIAGRAMA DE FLUX



Il·lustració 4: Diagrama de flux de l'elaboració de cervesa. Font: pròpia.

Abans de començar l'elaboració s'ha de tenir establerta la recepta. Es pot seguir una recepta ja existent d'algun estil específic o es pot crear una recepta pròpia.

PREPARACIÓ DEL MALT

El primer pas és pesar la quantitat de malt indicat per la recepta prèviament establerta (Cervesa en català, 2014).

El pes es decidirà en funció de la densitat inicial que es busca obtenir en el most. La densitat ens indicarà la quantitat de sucres fermentables que tindrà el most i ens permetrà fer una estimació del grau alcohòlic de la cervesa final (Cervesa en català, 2014).

Per saber el grau alcohòlic teòric es pot aplicar la fórmula següent (Cervesa en català, 2014):

$$\text{Alcohol en volum} = (\text{Densitat inicial} - \text{Densitat final}) \times 131$$

Per estimar la densitat final s'ha de tenir en compte l'atenuació del llevat que es farà servir, que normalment ve indicada pel fabricant, i aplicarem la fórmula següent (Cervesa en català, 2014):

$$\text{Densitat final} = [(\text{densitat inicial} - 1) \times (1 - \text{atenuació})] + 1$$

Un altre factor que estarà indicat a la recepta escollida serà la barreja de malts que es faran servir. Com ja s'ha dit abans, els malts especials, a causa dels tractaments a altes temperatures perden la capacitat enzimàtica fent que la seva presència hagi d'estar limitada a un percentatge màxim del 25% del total de la recepta. La gran part de malt utilitzat serà malt base, i dins d'aquests també hi trobem diferents nivells de torrat. Evidentment, el procés de torrat en un malt base afectarà el seu poder diastàtic, però el tractament de calor que se'ls hi aplica a aquests malts base més torrats no arribarà a eliminar els enzims que ens permetran hidrolitzar els sucres durant el procés de maceració, i per tant el producte no es veurà afectat negativament, a més l'ús d'aquest tipus de malt base permetrà aconseguir diferents aromes i característiques sensorials (Menjar sa a prop meu, 2022).

Un cop pesats els malts que es faran servir es passa al següent pas, la molta.

MOLTA

La molta és el procés que transforma el gra de malt en una combinació de farina de cereal i pellofes. És el trencament del malt que ens permetrà accedir a l'endosperma del gra. A l'endosperma és on trobarem el midó que haurà quedat alliberat en el procés de maltejat i els enzims que l'han alliberat (Palmer, 2017).

L'accessibilitat al midó i als enzims ens permetrà aconseguir l'objectiu del següent procés, la maceració.

PREPARACIÓ DE L'AIGUA

Abans de dur a terme el procés de maceració es necessitarà preparar l'aigua que es necessitarà.

Quan s'estableix la recepta també es decideix la quantitat de cervesa es vol fabricar (litres finals). Això permet establir la quantitat d'aigua a fer servir durant el procés.

Quan es vol fer la primera mescla (gra mòlt + aigua) no es faran servir la totalitat dels litres finals de la cervesa, ja que posteriorment es faran passos com el "sparging" on s'afegeix aigua per fer una rentada del gra que serveix per acabar d'extreure els sucres que quedin al malt.

També és possible que s'hagin de fer correccions de densitat, perquè la densitat determina el grau alcohòlic i és un factor que s'estableix a la recepta. Els litres també aniran reduïnt al llarg del procés, com per exemple l'aigua que queda retinguda en el gra durant la maceració, l'aigua que s'evaporarà durant l'ebullició, etc. (Cervesa en català, 2014).

Els litres a fer servir per a la maceració s'estableixen segons l'experiència, a prova i error, però normalment està al voltant de 1 kg de malt per 3 litres d'aigua.

La composició de l'aigua per l'elaboració de cervesa és un factor de gran importància pel resultat final del producte. Aquesta composició està lligada al lloc de fabricació, ja que, històricament, es feia servir l'aigua que hi havia disponible en el moment, i per això en dues elaboracions iguals fetes a països diferents es podien obtenir resultats molt variats. D'aquí neixen els diferents estils que, normalment tenen el nom del lloc on es van originar (Palmer, 2017).

Actualment, a les cerveseres, siguin en l'àmbit artesanal o a escala industrial, es disposa d'un sistema que permet tenir aigua osmotitzada a la qual se li modificarà la composició segons la recepta o estil que es vulgui elaborar.

Finalment, l'aigua s'ha d'escalfar fins a la temperatura a la qual es vol fer la maceració.

MACERACIÓ

La maceració és l'acció de posar en aigua el malt que ha estat prèviament mòlt. Aquest procés hidrata el malt, gelatinitza el midó, allibera els enzims continguts a la llavor i transforma el midó en sucres fermentables (Palmer, 2017).

Els midons principals que es troben al cereal són l'amilosa, que és lineal, i l'amilopectina, que és ramificada. La conformació de l'estructura del midó afectarà la manera en què s'hidrolitzarà. Els enzims que permetran hidrolitzar aquests midons són les alfa i beta amilases. Cadascun d'aquests hidrolitzarà, a partir del tall dels enllaços glicosídics, el midó de manera diferent donant com a resultat diferents sucres (Palmer, 2017).

La β -amilasa tallarà el midó per les puntes de la cadena creant maltoses, mentre que l' α -amilasa tallarà la cadena per la meitat, o de manera aleatòria, i crearà glucoses, maltoses, maltotrioses i dextrina. La dextrina tot i no ser fermentable també interessa al cerveser perquè ajudarà amb la retenció d'espuma, el cos de la cervesa i la sensació de textura (Palmer, 2017).

La temperatura a què es fa la maceració és de gran importància, ja que aquesta ens determinarà la manera com s'hidrolitzarà el midó. Quan les temperatures del procés són altes, al voltant de 70 °C, el midó es tallarà creant una gran quantitat de dextrines, perquè l'enzim que actua a aquesta temperatura és l' α -amilasa, i això farà que el most resultant tingui una baixa fermentabilitat a causa del que les dextrines no poden ser transformades pel llevat. En canvi, quan el procés es dona a temperatures més baixes, al voltant dels 62 °C, la quantitat de dextrines és menor, ja que l'enzim activat és la β -amilasa, i per tant augmenta la fermentabilitat del most (Tribu Cervecera, 2019).

Hi ha diferents enzims clau que intervenen en l'alliberació i modificació del midó. Cadascun d'aquests grups té una funció específica en diferents moments del procés (Palmer, 2017).

En el procés de maltatge, els enzims encarregats d'alliberar el midó de la matriu són els del grup de les beta-glucanases i els enzims proteolítics (Palmer, 2017).

Durant el procés de maceració, seran els enzims diastàtics (α -amilasa, β -amilasa i altres) els que modificaran el midó. Perquè es doni aquesta modificació el midó passarà per un procés de gelatinització i un posterior líquat per poder ser apte a ser hidrolitzat. El midó gelatinitzat és molt més accessible pels enzims diastàtics. El rang de temperatura de gelatinització és entre 60 °C i 65 °C, però també es pot donar entre 55 °C i 67 °C. La raó per la qual hi ha un rang de temperatura tan ampli és perquè en la matriu de la llavor, el midó es troba en grànuls. Aquests grànuls són de diferents mides, n'hi ha de grans i de petits. Els grànuls més grossos aconseguiran ser gelatinitzats a temperatures més baixes i els més petits a temperatures més altes. La gelatinització es dona de manera gradual, és a dir que es començarà el procés a la temperatura més baixa i s'anirà augmentant progressivament fins a la més alta, això permetrà gelatinitzar totes les tipologies de grànuls de l'interior de la matriu (Palmer, 2017).

Hi ha factors que poden fer modificar la velocitat a què el midó es gelatinitza. Un d'ells és l'addició de cereals adjunts, alguns dels adjunts que s'utilitzen contenen lípids que es troben associats al midó fent-lo més resistent a la hidratació. En aquest cas, el que es pot fer és cuinar l'adjunt prèviament per tal que els midons ja estiguin gelatinitzats en introduir-lo a la nostra mescla, de no fer-ho el que passarà és que el temps de gelatinització total serà més llarg (Palmer, 2017).

Un cop s'ha fet la gelatinització del midó començarà l'acció de l'alfa-amilasa que trencarà el midó en cadenes de dextrina, a això ho anomenarem líquat, ja que el que aconseguirem serà baixar la viscositat de la mestura (malt + aigua). En aquest punt, els enzims diastàtics (β -amilasa, dextrina límit, alfa-glucosidasa) podran accedir a les dextrines i transformar-les en sucres de cadena curta (Palmer, 2017).

Temps enrere, quan no s'entenia la química de la reacció que es donava durant la maceració, hi havia diferents processos previs a la maceració que ajudaven al fet que aquesta es desenvolupés de manera correcta. Un d'aquests processos era el repòs àcid. En aquest, la mestura (malt + aigua) es deixava reposar a una temperatura entre 30 °C i 52 °C per dues raons. Una d'elles era afavorir el creixement dels bacteris que recobrien els malts base. Aquests bacteris eren lactobacils i el seu creixement creava àcid làctic que aconseguia baixar el pH. La part negativa d'aquest creixement és que no es podia controlar quin era el bacteri que es desenvolupava a la mestura, poden ser el bacteri *Pediococcus*, que forma β -glucans que incrementen la viscositat de la cervesa (Parker Mexico Team, 2018). L'altra raó per la qual es feia aquest repòs, és la creació de fosfats a partir de l'àcid fític del malt. L'àcid fític és la forma primària d'emmagatzematge del fòsfor en el gra de cereal. Aquest reacciona amb el calci i el magnesi de l'aigua creant compostos insolubles del fosfat, i allibera 2 hidrògens en el procés, provocant així una baixada del pH. Actualment, aquest repòs no es fa servir, ja que en les elaboracions actuals es baixa el pH afegint un àcid a la mestura, però es pot fer un repòs a una temperatura d'entre 35 °C a 45 °C per tal millorar el rendiment de la mestura, al que anomenaran *yield*. Aquest repòs és opcional, es creu que pot produir defectes en el producte final, ja que pot causar l'oxidació dels lípids per l'acció de l'enzim lipoxigenasa creant el compost trans-2-nonenal que causa gustos no desitjats (Palmer, 2017).

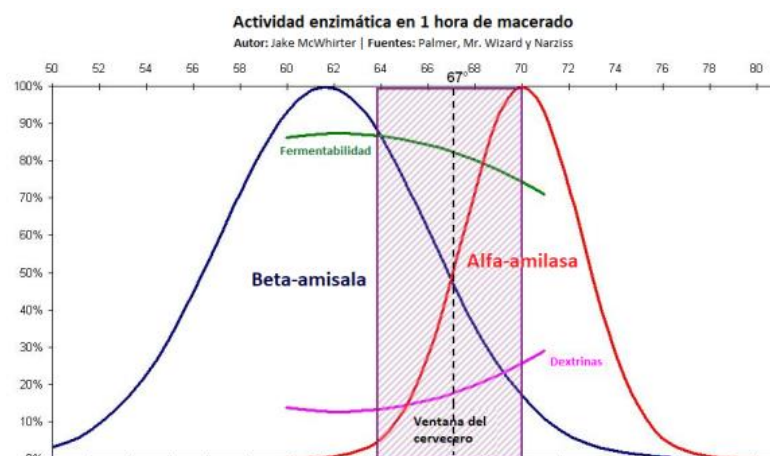
Previ a la maceració, també es fa el repòs de les beta-glucanases. La funció d'aquest procés és ajudar en el procés de rentada o *sparging* posterior a la maceració, i se sol fer quan s'afegeixen més del 20% dels cereals no maltejats en la mestura. Les beta-glucanases i les citases, són els encarregats d'hidrolitzar els beta-glucans, i són actius a baixes temperatures. Els beta-glucans són els responsables la fermesa de la mestura, que pot ser problemàtica en la rentada. Aquest problema se soluciona deixant en repòs la mestura durant 20 minuts a 40-48 °C. El repòs de les

beta-glucanases serà opcional quan el percentatge d'adjunts no maltejats es troba entre el 10 i el 20%. En cereals maltejats els beta-glucans no són un problema perquè es degraden en el procés de maltatge (Palmer, 2017).

Per acabar, també es pot fer el descans proteic. Aquest s'aplica quan es vol trencar les proteïnes amb l'enzim proteasa que actua a una temperatura inferior a la de la maceració per infusió simple. El que s'aconseguirà amb aquest repòs és obtenir una textura més lleugera i sense gaire cos, es sol buscar quan es fan estils com *Lager* o *Pilsen*, que són cerveses suaus tant de gust com de textura (Palmer, 2017).

Com ja s'ha comentat es poden fer diferents tipus de maceració. Principalment, es parla d'una maceració per infusió simple o d'una maceració escalonada (Palmer, 2017).

La infusió simple sol ser a una temperatura al voltant dels 67 °C, ja que és en aquest punt que les dues corbes d'activitat enzimàtica de la α i β -amilasa es



Il·lustració 5: Activitat enzimàtica en 1 hora de maceració. Font: Lupuleros.com

creuen, com es pot observar a la Il·lustració 4. Aquesta maceració és la més utilitzada a les grans cerveseres. És important que la temperatura inicial del procés sigui de 67 °C, perquè del contrari s'activarien altres enzims que no interessin (Palmer, 2017).

En canvi, a la maceració escalonada la temperatura començarà al voltant dels 45°C i anirà augmentant fins alls 76-78 °C fent que en cada moment s'activi un enzim diferent. A la temperatura de 45 °C s'activarà els β -glucanases, es pujarà la temperatura a 52 °C per activar les proteases, seguidament pujarà a 62 °C per fer funcionar les β -amilases, a 72°C per l'acció de les α -amilases, i finalment es pujarà la temperatura fins a 76 °C per inactivar els enzims, acció que s'anomena *Mash Out* i que se sol fer en totes les maceracions (Palmer, 2017).

Existeixen més mètodes de maceració:

- *Partial Mash* o macerat parcial: consisteix a utilitzar extracte de malt i malt especial. L'extracte de malt es farà servir com a substitut del malt base, ja que ja conté tot el midó hidrolitzat en sucres fermentables. L'extracte es barrejarà amb el malt especial durant la maceració per aportar les seves característiques sensorials, però no farà falta degradar el midó perquè a l'extracte ja s'ha fet prèviament (Palmer, 2017).
- *Cold Mash* o macerat fred: El macerat es fa de manera normal, però s'afegeix un pas previ en què es remullarà el malt especial en aigua freda durant 4-6 hores abans d'afegir-lo a la mestura. Això es fa per evitar característiques lligades als malts especials com són l'acidesa, l'extracció de tanins i l'astringència (Palmer, 2017).
- *Decoction Mash* o macerat per decocció: serveix per donar gustos intensos a malt i a caramel·lització mentre s'augmenta el cos de la cervesa. Aquest procés consisteix a retirar part del most durant la maceració i bullir-lo abans de tornar-lo a addicionar. Al minut 30-40 de la maceració és quan el most és més dens, és a dir que hi ha més

dextrines i oligosacàrids. Extraient part del most i bullint-lo el que s'aconsegueix és desnaturalitzar part dels enzims i reduir l'activitat diastàtica per aconseguir una cervesa amb més cos i textura. També es pot afegir sucre durant el bullit per obtenir una cervesa més caramel·litzada. Aquest mètode se sol fer servir per a la creació de cerveses negres com els estils *Porter* i *Stout* (Palmer, 2017).

- *Sour Mash* o maceració àcida: per produir cerveses àcides. Consisteix a macerar el malt d'ordi a 37-38 °C durant 3-6 dies per fer créixer bacteris *Lactobacils* que hi ha al malt, fent que produeixin àcid làctic i baixin el pH. Després d'aquest període de temps es macera amb la tècnica d'infusió simple i es bull eliminant els bacteris però mantenint l'àcida (Palmer, 2017).
- *Cereal Mash* o maceració del cereal: es fa servir quan es fan servir cereals adjunts que no han passat pel procés de maltatge, semblant al repòs de beta-glucanases. Consisteix a coure els cereals adjunts perquè els carbohidrats es trenquin i siguin més digeribles pels enzims. Després s'afegeixen al macerat. Aquests cereals adjunts normalment tenen midons de molt alta cadena que solen ser insolubles en aigua. Amb l'aplicació de temperatura s'aconseguirà reduir la llargada de la cadena fent el midó soluble (Palmer, 2017).

El temps també afecta a els tipus de sucres que s'obtenen. Una maceració molt llarga farà que les dextrines tallades per l' α -amilases es continuïn degradant i es perdi cos. Normalment, la maceració es fa durant 60 minuts en aquest punt se sol fer la prova del iode per saber si la maceració ha acabat. Aquesta prova consisteix a agafar una petita mostra de most, afegir-li un parell de gotes de iode i observar si es dona un canvi de color. La seva finalitat és saber si encara queda midó sense tallar. El midó reacciona amb el iode i provoca un canvi de color de marró a un color lilós, per tant, si en fer aquesta prova s'aconsegueix un color lilós, vol dir que no s'ha hidrolitzat tot el midó i que s'ha de continuar macerant. En canvi, si el color no canvia, vol dir que s'ha assolit la reducció les cadenes de sucres i es pot aturar la maceració i passar al següent pas. Un factor a tenir en compte és que aquesta prova no diu com són els talls del midó, és a dir no ens diu quina és la quantitat de sucres de cadena curta i sucres de cadena llarga.

Aquesta prova se sol fer en diferents moments de la maceració, però sobretot es fa cap el final com a ajuda per saber si es necessita més temps o no.

FILTRACIÓ O "LAUTERING" I RENTADA O "SPARGING"

El procés de *lautering* consisteix a separar el most de les restes de gra. Aquest procés es dona en una maquinària específica que té un fals terra que permet que el most es vagi filtrant i les restes del gra quedin separades per una placa. El procés de *lautering* normalment es divideix en 3 passos que són: recirculació, primeres tirades i *sparging* (Palmer, 2017).

La recirculació és el procés en què el most que ja ha estat separat del gra, es torna a fer passar pel filtre que creen les pel·lofes del gra per aconseguir capturar restes de gra i proteïnes que hagin pogut quedar al most i d'aquesta manera clarificar-lo. És important que l'extracció del most no es doni de manera ràpida, ja que pot fer que les restes de gra, anomenades bagàs, traspassin el fals terra barrejant-se un altre cop amb el most. Una extracció lenta permetrà que el filtre de gra s'assenti uniformement i faci la seva funció correctament (Palmer, 2017).

Les primeres tirades es refereix al most després de la filtració. Aquest most sol ser de densitat alta, ja que la majoria dels sucres extrets de la maceració es troben en aquest most (Palmer, 2017).

Quan es planteja una recepta, el cerveser sol preveure una densitat inicial que vol que tingui el most abans de la fermentació. Normalment, el most inicial després de la primera filtració sol ser de densitat més alta de la que es busca, és per això que es fa el procés de *sparging* (Palmer, 2017).

El procés de *sparging* consisteix a fer una rentada, amb aigua calenta, del bagàs que ha quedat després de filtrar el most per acabar d'extreure sucres que hagin pogut quedar al gra. La densitat del most que s'obtindrà després d'aquesta rentada és molt menor a la del primer most, és la combinació dels dos mostos la que permet ajustar-se a la densitat inicial plantejada per la recepta. És important que durant l'addició d'aigua, el llit de gra es remogui per tal que no es creïn canals pels quals passarà l'aigua afegida directament al most, sense arrossegar els compostos que interessin. La temperatura de l'aigua de la rentada no sol ser més alta de 79°C per evitar l'extracció de tanins de la clova del gra, a més a aquesta temperatura l' α -amilasa pot continuar treballant i convertir el midó restant en sucres de cadena més curta (Palmer, 2017).

COCCIÓ I ADDICIÓ DE LLÚPOL

Després de filtrar el most, aquest s'ha de bullir. El procés d'ebullició permet eliminar els microorganismes que hagin pogut proliferar al most, fent així que sigui segur i eliminant la competència per assegurar que el llevat pugui créixer sense problemes durant la fermentació. Eliminant aquests microorganismes també s'evita l'aparició de defectes provocats per aquests al producte final (Palmer, 2017).

És en aquest moment on s'afegeix el llúpul al most. Els temps d'addició i les quantitats addicionades estaran establerts, o s'hauran d'establir, a la recepta. És habitual fer dues addicions de llúpul, una a l'inici i una al final, però cada recepta és diferent i poden variar els temps i la quantitat d'addicions. També és comú fer servir diferents llúpols a cada addició, ja que cada llúpul té unes característiques sensorials específiques que aportaran diferents aromes. L'addició inicial es farà quan el most està bullint i quan s'hagi aconseguit arribar al que s'anomena Hot Break (Palmer, 2017).

El Hot Break és el fenomen en què l'espuma que es crea durant l'ebullició precipita formant grumolls. L'espuma que passa a grumolls són les proteïnes contingudes al most que, a causa de les altes temperatures de l'ebullició, es desnaturalitzen coagulant-se i precipitant. El procés normalment tarda entre 5 i 20 minuts depenent de la quantitat de proteïnes que hi hagi en el most. Quan s'afegeix el llúpul, l'espuma augmenta, per tant, es recomana que s'addicioni el llúpul després d'haver passat per aquesta fase i començar a comptar l'hora d'ebullició des de la primera addició (Palmer, 2017).

"WHIRPOOL"

Just després de la cocció, quan el most encara no s'ha pogut refredar, es fa la tècnica del Whirpool. Aquesta tècnica es basa a remoure el most fins a crear un remolí que farà que el precipitat que s'ha anat formant durant l'ebullició, és a dir proteïnes coagulades i restes de llúpul, s'acumulin al centre de l'olla d'ebullició. Això permetrà obtenir un most molt més net, refredar el most més ràpid, reduir el sulfur de dimetil (DMS), i, en el cas de fer una tercera addició de llúpul just al final de la cocció, ajudarà a obtenir un millor aroma i sabor a llúpul (Cerveza artesana, 2015).

REFREDAMENT I AERACIÓ

Abans de poder afegir el llevat al most per aconseguir la fermentació, el most s'ha de refredar. La temperatura a què ha d'estar el most ha de ser la temperatura òptima del llevat que s'ha

triat. La temperatura òptima de cada llevat pot variar, per tant, és important saber-la per poder assolir una fermentació correcta (Moritz, 2022).

El refredament s'ha d'aconseguir d'una manera ràpida. Això és per evitar que es donin possibles contaminacions durant l'estona que el most es refreda. Es pot assolir un refredament ràpid introduint al most un serpentí pel qual circuli aigua freda, tot i que s'ha d'assegurar que aquest està net i desinfectat abans d'introduir-lo en el most esterilitzat (Moritz, 2022).

Quan la temperatura del most és la correcta pel llevat que es faci servir es farà una aeració, que es farà injectant oxigen al most. L'aeració és crucial perquè durant la fase de latència, el llevat necessita oxigen per multiplicar-se (Moritz, 2022).

FERMENTACIÓ

Quan es parla de la fermentació en profunditat es parla de tres fases: fase de latència o adaptació, fase de creixement i fase de maduració. Aquestes fases són molt semblants a les fases que passa el mateix llevat un cop és inoculat en el most, però aquest en comptes de passar per una última fase de maduració, arribarà a la fase estacionària (Palmer, 2017).

Fase de latència

La fase de latència comença tan bon punt s'inocula el llevat al most per començar la fermentació (Palmer, 2017).

Abans d'introduir el llevat s'haurà de comprovar la temperatura a què es té el most. Depenent de quin és el resultat final que es vulgui, s'inocularà el most a una temperatura o a una altra. També determinarà el temps que tardarà a acabar la fase de latència i començar la fase de creixement (Palmer, 2017).

Quan el llevat s'inocula quan la temperatura del most és lleugerament menor a la del rang específic del llevat que s'utilitzi, la cervesa resultant serà una cervesa amb un sabor més net, amb menys èsters i s'aconseguirà una fermentació amb menys caràcter. En canvi, si el llevat s'inocula quan la temperatura del most es troba al mig del rang òptim del llevat en qüestió, el caràcter de fermentació incrementarà (Palmer, 2017).

El caràcter de fermentació es refereix a la quantitat de subproductes que es creen en la fase de creixement del llevat. Aquests subproductes resultants del metabolisme del llevat seran reabsorbits durant la fase de maduració modificant el sabor final de la cervesa. Aquesta modificació no té per què ser sempre no desitjada, dependrà del cerveser decidir quin és el resultat que vol obtenir i així decidir la temperatura a la qual vol inocular el llevat (Palmer, 2017).

Immediatament després d'introduir el llevat al most, les cèl·lules comencen a aprofitar els lípids i oxigen dissolt al seu entorn per poder mantenir la integritat i funcionalitat de la membrana, mentre que la fan permeable als sucres i nutrients dissolts en el most. La permeabilitat de la membrana permetrà que les cèl·lules comencin a metabolitzar els sucres i aminoàcids lliures (FAN) del most amb la finalitat de nodrir-se i créixer (Palmer, 2017).

La fase de latència es donarà entre les primeres 12-24 hores de la fermentació (Palmer, 2017).

Fase de creixement

S'identifica l'inici de la fase de creixement quan s'observa que el most sembla remogut i hi ha bombolleig a l'airlock (peça que es posa al fermentador per permetre la sortida de gasos que es desprenen de la fermentació, evitant que entrin contaminants de l'exterior) (Palmer, 2017).

La fase de creixement és la fase en què es dona la transformació de sucres en alcohol, ja que és en la que el llevat s'alimenta per poder créixer i reproduir-se. Normalment, dura entre 1-3 dies per les cerveses ALE (alta fermentació) i 2-5 dies per les cerveses LAGER (baixa fermentació) (Palmer, 2017).

En aquesta fase, també, és on es produeixen la majoria dels compostos que donen sabor a la cervesa. Entre aquests compostos hi trobem els èsters. Per tal de controlar els compostos que es creen, s'ha de controlar el creixement i per controlar el creixement, s'ha de controlar la temperatura (Palmer, 2017).

El procés de fermentació del llevat és exotèrmic, és a dir, el procés despendrà energia en forma de calor, fent així que la temperatura del most augmenti. L'augment de la temperatura és un factor que pot afectar el resultat final de manera negativa. Les altes temperatures poden promoure la creació d'alcohols de fusel que portaran a la creació de sabors semblants a dissolvent al producte final. També poden fer que es produeixin un excés d'èsters i es donin aromes a plàtan (Palmer, 2017). (Els alcohols de fusel són alcohols de més de dos àtoms de carboni que es formen en fermentacions a temperatures altes, pH baixos i activitat limitada del llevat a causa del contingut de nitrogen en el most (Aceite de fusel, s.d.))

Una temperatura molt baixa també pot causar problemes. Quan el llevat es troba en un ambient en què la temperatura és menor al rang de temperatura òptima a la qual treballa, aquest alenteix la fermentació i les cèl·lules comencen a quedar inactives a causa de les baixes temperatures (Palmer, 2017).

La temperatura es pot controlar de dues maneres: controlant la temperatura del most, o controlant la temperatura ambient (Palmer, 2017).

La fase de creixement durarà fins que al llevat se li acabin les reserves d'esterols i lípids. La falta de reserves farà que les cèl·lules no puguin continuar compartint-les i deixarà de reproduir-se (Palmer, 2017).

Fase de maduració

Durant el procés de fermentació que es dona a la fase de creixement es creen molts subproductes com per exemple l'acetaldehid i el diacetil que donen gustos no desitjats a la cervesa final. És en la fase de maduració en què aquests subproductes s'eliminaran (Palmer, 2017).

La manera d'eliminar aquests subproductes és a partir de la reabsorció d'aquests per part del llevat. Un cop en el most no queden sucres a fermentar, el llevat, que continua actiu, ha de recórrer a altres fonts d'alimentació, és en aquest moment que comença a consumir aquests compostos que es consideren no desitjats i els transforma en alcohols, eliminant així els aromes a poma verda, carabassa crua i mantega que poden causar, i que es consideren defectes (Palmer, 2017).

Perquè es doni aquesta reabsorció és important que el llevat, un cop ha acabat la fase de creixement, no s'inactivi i continuï treballant. Després de la fase de creixement les cèl·lules han

disminuït l'activitat i s'han quedat sense substrat. Per evitar que s'inactivin es controlen dos factors: la quantitat de llevat inoculat i la temperatura (Palmer, 2017).

La quantitat de llevat que s'inocula és un factor que s'ha de tenir en compte prèviament, en el moment en què s'inocula el llevat. És important que la quantitat de llevat que s'introdueix al most i els nutrients que té el most estiguin equilibrats. Interessa que quan es comencin a acabar els nutrients del most, el llevat encara no hagi arribat al seu límit de reproducció, és a dir que continuïn relativament "frescos" o joves, i per tant continuïn actius quan no quedin més sucres, fent així que comencin a consumir els subproductes que interessa eliminar (Palmer, 2017).

L'altre factor és la temperatura que com sempre, és crucial. És comú que cap al final de la fase de creixement s'augmenti la temperatura amb l'objectiu d'incrementar l'activitat del llevat i aconseguir que netegi la cervesa més ràpid. A aquesta tècnica se l'anomena repòs de diacetil i se sol fer servir en cerveses LAGER (baixa fermentació) però també es pot aplicar en cerveses ALE (alta fermentació). La temperatura s'augmenta de manera considerable. Normalment, una fermentació LAGER, que és una fermentació a baixa temperatura, se sol mantenir al voltant de 8 – 15 °C durant la fase de creixement, i per fer el repòs de diacetil s'augmentarà aquesta temperatura entre 8 °C i 10 °C. En el cas de la fermentació ALE, que és una fermentació a altes temperatures, es sol mantenir la temperatura al voltant de 15 – 25 °C i al moment de fer el repòs de diacetil s'incrementa la temperatura entre 3 °C i 6 °C (Cibart, 2013).

Si s'aplica la tècnica de l'augment de temperatura, es diu que la fase de maduració hauria de ser igual de llarga que la fase de creixement. En canvi, si la temperatura no s'incrementa, és recomanable que es permeti una fase de maduració el doble de llarga que la fase de creixement, per assegurar que s'han eliminat tots els subproductes (Palmer, 2017).

MADURACIÓ

Un cop la cervesa ha acabat la fermentació, té gran quantitat de sediment en suspensió. Entre el sediment hi ha restes de llevat, i altres compostos que causen un producte tèrbol (Red Nacional de Protección de Alimentos, s.d.).

La cervesa després de la fermentació tampoc està carbonatada. De fet, s'ha deixat que el CO₂ que s'allibera surti per l'airlock (Red Nacional de Protección de Alimentos, s.d.).

I en últim lloc, el sabor de la cervesa no està del tot desenvolupat.

Durant l'etapa de maduració, la cervesa es refredarà a temperatures al voltant de -1 – 4 °C durant un temps aproximat d'entre 3-4 dies i 30 dies com a màxim (Red Nacional de Protección de Alimentos, s.d.).

Amb el refredament de la cervesa s'aconseguiran diversos objectius: la clarificació de la cervesa, la carbonatació i l'afinament del gust i aroma (Red Nacional de Protección de Alimentos, s.d.).

Les baixes temperatures aconseguiran que les molècules en suspensió que causen una cervesa tèrbola, precipitin i la cervesa quedi més transparent (Red Nacional de Protección de Alimentos, s.d.).

La carbonatació es pot assolir d'unes quantes maneres. Una manera seria que el llevat que queda actiu al final de la fermentació, fes una segona fermentació. Per fer que aquest llevat fermenti s'afegirà una petita quantitat de sucre o dextrosa dissolts en aigua per introduir de

nou substrat que el llevat pugui consumir i alliberar CO_2 en el procés. En aquest cas en comptes de deixar que el CO_2 s'escapi per l'airlock, es permetrà que el CO_2 es dissolgui a la cervesa per carbonatar-la (Red Nacional de Protección de Alimentos, s.d.).

Una altra manera de carbonatar la cervesa és a partir de fer una carbonatació forçada mitjançant la injecció gas carbònic en unes condicions de pressió i temperatura determinades. El gas es dissoldrà a la cervesa creant les famoses bombolles (Red Nacional de Protección de Alimentos, s.d.).

Finalment, el procés de maduració permet afinar el gust i aroma, aquest resultat és una conseqüència del procés de maduració que estableix els compostos (Red Nacional de Protección de Alimentos, s.d.).

L'AIGUA DE LA CERVESA

LA COMPOSICIÓ DE L'AIGUA D'ELABORACIÓ

Molts dels estils de cervesa actuals reben el nom del lloc on s'ha creat. Això es deu al fet que cada indret tenia accés a aigües amb diferents composicions que feien que cada cerveser hagués d'adaptar la seva recepta a les característiques de l'aigua que estaven utilitzant, creant estils únics. D'aquesta manera, receptes de cervesa molt semblants donaven productes molt diferents, ja que el perfil de l'aigua canviava el resultat (Palmer i Kaminski, 2013).

L'aigua que s'usa per elaborar una cervesa és de gran importància. Aquesta constitueix del 90 al 95% d'una cervesa, per tant, la seva composició tindrà un paper molt rellevant en el producte final (Palmer i Kaminski, 2013).

Des de l'inici del desenvolupament de cervesa a escala industrial, per la necessitat de que els productes mantinguessin una homogeneïtat al llarg de l'any i que les variacions de l'aigua no modifiquessin el resultat, els cervesers van anar adaptant el perfil de l'aigua amb aquest objectiu i, alhora, millorar la seva qualitat, buscant més complexitat en els seus productes (Palmer i Kaminski, 2013).

En l'àmbit casolà, la composició de l'aigua perd importància per la dificultat de conèixer la composició exacta de l'aigua que es fa servir. Molts elaboradors de cervesa casolana tendeixen a utilitzar aigua embotellada per tal de poder tenir certa informació sobre la composició amb què treballen, però normalment la informació aportada per l'etiqueta no és prou específica per aquest objectiu. En canvi, a més gran escala, com podria ser una cervesera artesana o una indústria, se sol fer ús de l'osmosi inversa per tenir aigua osmotitzada. L'aigua destil·lada i l'aigua osmotitzada permeten als cervesers més experts poder construir el perfil de l'aigua segons l'estil que es vol elaborar, mitjançant l'addició de sals i àcids en les quantitats necessàries per obtenir determinats resultats.

Per tal de poder ajustar l'aigua en funció del resultat desitjat, és important conèixer d'on surt i quin és el seu perfil. Els sis ions que indicaran el perfil són els següents (Palmer i Kaminski, 2013):

- Calci (Ca^{2+})
- Magnesi (Mg^{2+})
- Alcalinitat total (representat en CaCO_3)
- Sulfat (SO_4^{2-})
- Clorur (Cl^-)
- Sodi (Na^+)

Els ions de calci i magnesi indiquen la duresa de l'aigua que se separarà en dos tipus (Palmer, 2017):

- Duresa permanent: que representa els ions de calci i magnesi que formen part de sals molt solubles, com per exemple els sulfats i els clorurs (Palmer, 2017).
- Duresa temporal: que representa els ions de calci i magnesi que formen part de sals carbonatades que precipitaran quan l'aigua s'escalfi o bulli (Palmer, 2017).

Interessa que la duresa temporal s'elimini, ja que aquesta representa l'alcalinitat. Es vol disminuir l'alcalinitat perquè pot causar l'extracció de gustos desagradables de tanins, una amargor penetrant i un pH alt que aporta un gust planer a la cervesa (Palmer, 2017).

Abans de començar a modificar l'aigua d'elaboració és important entendre què aporten cadascun dels ions esmentats anteriorment (Palmer, 2017).

Calci (Ca²⁺)

El nivell de calci en la cervesa és un factor rellevant. Es fa servir per a diferents raons. La primera és que el calci ajuda a baixar el pH de la cervesa interaccionant amb els fosfats del malt. Això permetrà la precipitació d'aquests fosfats ajudant a estabilitzar la cervesa i neutralitzar l'alcalinitat de l'aigua. També té la funció d'estabilitzar les alfa-amilases de la mestura quan es troben a altes temperatures i pH, fet que permet que aquestes puguin continuar hidrolitzant el midó per aconseguir sucres fermentables (Smith, 2022).

El calci té una funció estructural dins la cervesa. Nivells d'aquest sobre els 50-100 ppm permeten obtenir una cervesa amb una bona estructura (Palmer, 2017).

El nivell de calci està molt relacionat amb el del magnesi. És important que aquests estiguin equilibrats, ja que una quantitat molt alta de calci farà que el llevat no pugui accedir al magnesi que necessita per fer la seva funció (Smith, 2022).

Magnesi (Mg²⁺)

La funció principal del magnesi està relacionada amb el llevat. El magnesi és un nutrient vital del llevat, per tant, la seva presència a la mestura és necessària (Palmer, 2017).

La majoria de contingut de magnesi del most és aportat pel malt, però pot ser beneficiós aportar magnesi a l'aigua d'elaboració per tal de contrarestar els efectes del calci (Smith, 2021).

El magnesi pot tenir un petit paper en la baixada de pH, però no és la raó de la seva importància (Palmer, 2017).

Alcalinitat total (CaCO₃)

Quan es vol elaborar una cervesa pàl·lida, és a dir cerveses clares com una *Lager*, una *Pale Ale*, etc., una alcalinitat alta pot afectar negativament al resultat aportant, com ja hem explicat, gustos desagradables i una falta d'estructura. Quan es parla de cerveses fosques, però una alcalinitat lleugerament més alta en l'aigua, pot ser beneficiós. Això és perquè les cerveses fosques tenen un gran percentatge de malts especials, que com a resultat de la reacció de Maillard, han creat melanoïdines i àcids orgànics que baixaran l'acidesa de la mestura. D'aquesta manera, utilitzar una aigua lleugerament més alcalina aconseguirà que el pH no disminueixi en excés i que un pH massa baix modifiqui les característiques sensorials d'aquests estils (Palmer i Kaminski, 2013).

A l'aigua s'hi troben tres formes de carbonat: ions de carbonat (CO_3^{2-}), ions de bicarbonat (HCO_3^-) (els més presents) i àcid carbònic (H_2CO_3) (no tant present). La proporció en què aquests es troben en l'aigua depèn del pH. La majoria d'aigües potables es troben a pH entre 8,0 i 8,5, aquest pH indica que el 98% dels ions són de bicarbonat (Palmer, 2016).

L'alcalinitat de l'aigua, doncs, té un efecte tampó que no sol interessar en l'elaboració de cervesa, ja que normalment el pH òptim per l'elaboració de cervesa és entre 5,2 i 5,6 (Palmer i Kaminski, 2013).

Es considera un baix nivell d'alcalinitat quan el valor d'aquesta és aproximadament 50 ppm de CaCO_3 , així i tot en estils que fan servir gran proporció de malts especials uns valors d'alcalinitat alts, entre 100 i 150 ppm CaCO_3 , seran beneficiosos pel seu efecte tampó (Palmer i Kaminski, 2013).

Sulfat (SO_4^{2-})

El sulfat té un efecte en el gust de la cervesa. Accentua l'amargor i les característiques del llúpul fent la cervesa més seca (Palmer, 2017).

Aquest, juntament amb el clorur, crea el concepte de la proporció sulfat-clorur que és el factor que els cervesers han de tenir en compte per construir el gust de la cervesa (Palmer, 2017).

Els valors més habituals de sulfat per cerveses com la *Pale Ale* o la *IPA* és ≥ 150 ppm, en canvi, per cerveses com *German helles* i *Kölsch* és més baix, entre 50 i 75 ppm, i ajuda a prevenir que l'amargor domini (Palmer, 2017).

El sulfat no té cap efecte en el pH (Palmer, 2017).

Clorur (Cl^-)

El clorur, com ja hem comentat al punt anterior, té un efecte en el gust de la cervesa. A diferència del sulfat, el clorur accentua les característiques sensorials del malt, fent la cervesa més rica i més dolça (Palmer, 2017).

Ambdós compostos ajuden a determinar la percepció llúpul-malt a la cervesa final (Palmer, 2017).

Un excés de clorur pot portar a defectes en el gust de la cervesa, per això és important tenir un bon control d'aquests compostos. Quan la concentració de clorur és més alta de 100 ppm la cervesa pot quedar embafadora, i quan és més alt de 300 ppm es poden donar problemes amb l'estabilitat del sabor i la claredat, així com causar corrosió a l'equip (Palmer, 2017).

El clorur, igual que el sulfat, no té cap efecte en el pH (Palmer, 2017).

Sodi (Na^+)

El sodi ajuda a accentuar el caràcter del malt, però és possible afegir-ne massa i que, en combinació amb el calci, magnesi, bicarbonat i fosfat, acabi creant gustos metàl·lics o a mineral (Palmer, 2017).

Per evitar els defectes associats a un excés de sodi, la seva concentració s'haurà de mantenir per sota de 100 ppm (Palmer, 2017).

El sodi no té cap efecte en el pH (Palmer, 2017).

pH de l'aigua

El pH dels primers processos de l'elaboració determinarà el desenvolupament dels gustos de la cervesa final, és important, ja que el que indica és l'equilibri entre la duresa i l'alcalinitat de l'aigua. El que interessa del pH és la seva capacitat de reduir l'alcalinitat de l'aigua d'elaboració, és per això que es busca un pH baix, perquè com més baix, menys alcalinitat i, com menys alcalinitat, menys aromes desagradables associats a aquesta (Palmer i Kaminski, 2013).

S'ha de tenir en compte la concentració d'alcalinitat de l'aigua amb què es treballa i l'estil que es vol crear. En regions on l'aigua accessible té una alcalinitat alta s'haurà de modificar la recepta afegint àcids o malts especials per tal de fer baixar el pH de la mestura, en canvi, en regions en què l'aigua té una alcalinitat més baixa aquestes addicions poden no ser necessàries (Palmer i Kaminski, 2013).

El pH també té importància envers l'activitat enzimàtica del most, que determinarà la concentració de sucres fermentables presents i, per tant, la seva densitat. S'ha estudiat que el pH òptim de treball dels enzims implicats en la hidròlisi del midó és menor a 5,8. El valor 5,8 és el pH que es troba en una mescla d'aigua destil·lada i malt, sense addició d'àcid. Com que aquest valor és massa alt per l'activitat enzimàtica es busca la reducció del pH per afavorir aquesta reacció (Palmer, 2017).

La manera com el malt redueix el pH i l'alcalinitat de l'aigua quan es combinen és mitjançant el fosfat. El malt conté un 1% de fosfat que es troba en format d'àcid fític. L'àcid fític serà hidrolitzat per l'enzim fitasa i d'aquesta reacció en sortiran diversos ions de fosfat que reaccionaran amb el calci. La reacció entre els ions de fosfat i el calci crearan fosfat de calci que precipitarà, i d'aquesta reacció en sortiran protons d'hidrogen que reaccionaran amb el carbonat dissolt en l'aigua, creant CO_2 en format gas que farà reduir no només el pH, sinó també l'alcalinitat gràcies a l'eliminació de carbonat (Palmer, 2017).

L'ALCALINITAT RESIDUAL DE L'AIGUA

L'alcalinitat total de l'aigua es defineix com la quantitat d'àcid (en mEq/L) necessària per reduir el pH a 4,3 on, teòricament, tot el bicarbonat i carbonat s'han convertit a àcid carbònic i ja no és alcalí (Palmer, 2017).

Els minerals dissolts en l'aigua creen un sistema de tampó que previndrà la baixada de pH de l'aigua. Aquests minerals conformen l'alcalinitat i es troben en forma d'àcid carbònic, bicarbonat i carbonat. La interacció d'aquestes formes amb el calci i el magnesi determinarà la dificultat de provocar una reducció de l'alcalinitat a la mestura (Tampón químico, s.d.).

L'alcalinitat residual (RA) és la interacció entre la duresa i l'alcalinitat de l'aigua, i és el punt clau per entendre la composició de l'aigua i com ajustar-la. És l'efecte que té en el pH la combinació de la solubilitat del carbonat, l'alcalinitat i la duresa de l'aigua (Palmer i Kaminski, 2013).

El llibre "Water: A Comprehensive Guide for Brewers" escrit per J. Palmer i C. Kaminski explica l'experimentació feta per Paul Kolbach per establir una equació amb l'objectiu de poder calcular l'alcalinitat residual. Amb la seva experimentació va concloure que 3,5 equivalents (Eq) de calci reaccionen amb el fosfat del malt per "neutralitzar" 1 equivalent d'alcalinitat. També va descobrir que amb el magnesi passava una cosa semblant, establint que són necessaris 7 equivalents de magnesi per "neutralitzar" 1 equivalent d'alcalinitat. L'alcalinitat que quedarà a l'aigua després d'aquestes reaccions és la que s'estableix com a alcalinitat residual (RA).

D'aquesta experimentació en surt la següent equació per determinar l'alcalinitat residual (Palmer i Kaminski, 2013):

$$\begin{aligned} & \text{Alcalinitat residual (RA)} \\ & = \text{Alcalinitat total} \left(\frac{mEq}{L} \right) - \left[\frac{\frac{mEq}{L} \text{ de } Ca^{2+}}{3,5} + \frac{\frac{mEq}{L} \text{ de } Mg^{2+}}{7} \right] \end{aligned}$$

Si el resultat de l'operació és positiu vol dir que el pH és més alt del que seria si s'utilitzés aigua destil·lada. En canvi, si és negatiu vol dir que serà menor (Palmer i Kaminski, 2013).

Aquesta experimentació també va demostrar que els cervesers poden manipular el pH del most fins a arribar a un pH igual o menor del pH d'un most elaborat amb aigua destil·lada (que és el que es considera normal) amb l'addició de sals de calci i magnesi (Palmer i Kaminski, 2013).

Hi ha altres maneres de reduir l'alcalinitat residual a part de l'addició de sals de calci i magnesi, l'addició d'àcid o la modificació de la recepta fent servir malts especials més foscos, que normalment són més àcids, són opcions que el cerveser també pot contemplar (Palmer i Kaminski, 2013).

REDUCCIÓ DE L'ALCALINITAT DE L'AIGUA

El pH diana de la cervesa, en general, és d'entre 5,2 i 5,6. Quan es treballa amb una aigua d'elaboració molt alcalina es dificulta aconseguir la baixada de pH només amb l'addició de malt, que baixarà el pH quan es combina amb l'aigua. Com ja hem dit els malts especials són més àcids que els malts base, a causa dels tractaments a altes temperatures que provoquen la reacció de Maillard, però així i tot poden no ser suficients per contrarestar l'alcalinitat en determinades ocasions, és per això que cal aplicar diferents tècniques per poder arribar al pH desitjat (Palmer i Kaminski, 2013).

Hi ha diferents mètodes per reduir l'alcalinitat: diluir l'aigua amb aigua osmotitzada (no alcalina), bullir per eliminar l'alcalinitat per decantació i afegint un àcid (Palmer i Kaminski, 2013).

En aquest treball estudiarem amb més profunditat l'efecte de l'addició d'àcid en la mestura, ja que el nostre objectiu es determinar si el seu ús canvia les característiques sensorials de la cervesa.

ADDICIÓ D'UN ÀCID

L'àcid baixa el pH de l'aigua amb l'objectiu de reduir l'alcalinitat i d'arribar al pH òptim d'activitat dels enzims involucrats en la hidròlisi del midó (Palmer, 2017)

La manera com l'àcid redueix l'alcalinitat és aportant ions d'hidrogen al medi per convertir els compostos implicats en l'alcalinitat (carbonat i bicarbonat) en àcid carbònic que més tard es convertirà en diòxid de carboni en format gas. El diòxid de carboni s'haurà d'eliminar de l'aigua. En produccions petites, el CO₂ sortirà de l'aigua quan aquesta s'escalfa i es remena, però en produccions més grans s'haurà d'agitar per provocar l'alliberació i evitar problemes que es puguin donar en el futur (Palmer i Kaminski, 2013).

La primera pregunta que un cerveser es pot fer és quina quantitat d'àcid és la necessària per aconseguir una reducció adient de l'alcalinitat. Al llibre "Water: A Comprehensive Guide for

Brewers” de J. Palmer i C. Kaminski, descriuen el següent procediment (Palmer i Kaminski, 2013):

Per tal de poder fer un càlcul de l'alcalinitat residual que s'obtéindrà a l'afegir l'àcid, primer s'ha de conèixer la concentració de CaCO_3 present en l'aigua d'elaboració. La concentració estarà expressada en parts per milió i el primer pas serà convertir-ho a mil·liequivalents per litre (mEq/L). Per fer aquest pas s'ha de dividir el valor en ppm entre el pes equivalent del CaCO_3 que és 50 (Palmer i Kaminski, 2013).

Si a l'aigua hi ha 125 ppm de CaCO_3 i afegim 1 mEq/L d'àcid, farem els següents càlculs (Palmer i Kaminski, 2013).

$$125 \text{ ppm de } \text{CaCO}_3 \div 50 = 2,5 \frac{\text{mEq}}{\text{L}} \text{ de } \text{CaCO}_3$$

$$\text{Alcalinitat Residual} \left(\frac{\text{mEq}}{\text{L}} \text{ de } \text{CaCO}_3 \right) = 2,5 \frac{\text{mEq}}{\text{L}} \text{CaCO}_3 - 1 \frac{\text{mEq}}{\text{L}} \text{d'àcid}$$

$$\text{Alcalinitat residual (ppm } \text{CaCO}_3) = 1,5 \frac{\text{mEq}}{\text{L}} * 50 = 75 \text{ ppm } \text{CaCO}_3$$

Si es té una alcalinitat residual diana i el valor de l'alcalinitat total present a l'aigua, es podria calcular els mil·liequivalents d'àcid necessaris per arribar al valor desitjat. En una dissolució 1 Normal (N) de l'àcid en qüestió 1 mEq/L d'àcid seria equivalent a 1 mL de la dissolució (Palmer i Kaminski, 2013).

S'ha de tenir en compte que cada àcid té unes característiques diferents i la quantitat que es necessiti de cadascun pot ser diferent (Palmer i Kaminski, 2013).

A continuació es presentarà un llistat dels àcids que s'utilitzen normalment per reduir el pH en l'elaboració de cervesa.

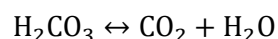
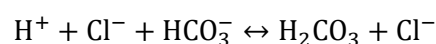
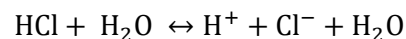
ÀCIDS INORGÀNICS

Àcid clorhídric

A part de la reducció d'alcalinitat, l'àcid clorhídric permet augmentar els ions de clorur a l'aigua d'elaboració (Palmer i Kaminski, 2013).

Com ja hem explicat anteriorment, la proporció sulfat-clorur és important per desenvolupar els gustos de la cervesa final. L'ús de l'àcid clorhídric pot ser beneficiós per aquest objectiu.

L'àcid clorhídric és un àcid fort monoprotic, dona un àtom d'hidrogen per molècula (Helmenstine, s.d.). La reacció que es dona quan s'introdueix a l'aigua és la següent (Palmer i Kaminski, 2013):

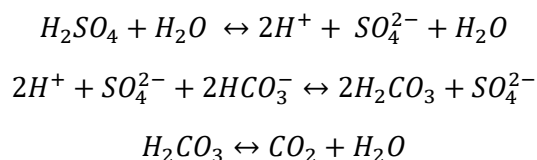


Com es pot veure a la reacció, l'ió d'hidrogen reacciona amb el bicarbonat creant àcid carbònic, alliberant clorur en el procés, que es convertirà en diòxid de carboni i aigua, eliminant així l'alcalinitat.

L'àcid clorhídric aporta 35,4 mg/L de ions de clorur per mEq d'àcid quan s'afegeix a l'aigua (Palmer i Kaminski, 2013). 5 mL/hL d'aquest àcid al 30% redueix l'alcalinitat 23,6 ppm i augmenta el clorur 16,5 ppm (Murphy&Son, 2021).

Àcid sulfúric

Com l'àcid clorhídric, l'àcid sulfúric no només ajuda a reduir l'alcalinitat i el pH de l'aigua sinó que aporta sulfat que ajuda a desenvolupar els gustos de la cervesa. Aquest és un àcid fort i dipròtic, és a dir que dona dos àtoms d'hidrogen per molècula. La reacció que es dona en contacte amb l'aigua és la següent (Palmer i Kaminski, 2013):



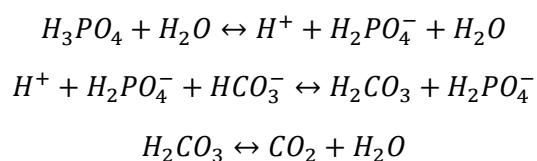
Molt semblant a l'àcid anterior, dos ions d'hidrogen reaccionen amb dues molècules de bicarbonat i es transforma en dues molècules d'àcid carbònic, alhora que s'allibera un ió sulfat. L'àcid carbònic es transformarà en aigua i diòxid de carboni que s'haurà d'eliminar de l'aigua per agitació.

L'àcid sulfúric aporta 48 mg/L de ió sulfat per mEq d'àcid quan entra en contacte amb l'aigua (Palmer i Kaminski, 2013). 10 mL/hL d'àcid sulfúric al 25% redueix l'alcalinitat 29 ppm i augmenta el nivell de sulfat 29 ppm (Murphy&Son, 2020).

Àcid fosfòric

L'àcid fosfòric és un àcid feble i polipròtic, però això canvia quan entra en contacte amb la mestura. En aquesta, actua com un àcid fort i monopròtic aportant un ió d'hidrogen per molècula (1 equivalent per mol). Aquest canvi depèn del pH de l'aigua al que s'afegeix, normalment en aigües de pH entre 4 – 7 aporta entre 1 i 1,3 equivalents per mol. En el cas de l'elaboració de cervesa es trobarà normalment en aquest rang (Palmer i Kaminski, 2013).

La reacció que es dona quan s'introdueix en aigua és la següent (Palmer i Kaminski, 2013):



Com en els altres casos, l'ió d'hidrogen reacciona amb el bicarbonat i s'allibera àcid carbònic i àcid fosfòric desprotonat. Finalment, l'àcid carbònic passarà a diòxid de carboni i aigua. Aquesta reacció es pot tornar a donar i desprotonar més l'àcid fosfòric restant, però la segona desprotonació es dona en menys freqüència i, com ja hem dit abans, depèn del pH de l'aigua (Desprotonació, s.d.).

L'àcid fosfòric a part de la reducció de l'alcalinitat aporta fosfats. El fosfat és un ió present, també, en el malt. Aquest reacciona amb el calci de l'aigua i de la seva interacció en surten ions d'hidrogen que participaran en la baixada de pH de la mestura (Palmer i Kaminski, 2013).

L'àcid fosfòric és el més utilitzat per acidificar la cervesa perquè és més fàcil de manipular que l'àcid clorhídric o l'àcid sulfúric. A més, es diu que com que aporta fosfats, que ja són presents al malt de manera natural, el seu efecte sensorial és mínim (Palmer i Kaminski, 2013).

Un excés d'àcid fosfòric pot causar defectes per la interacció entre el fosfat i el calci. La seva interacció pot crear el compost apatita, que és un grup de minerals indicat amb la nomenclatura $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ i que precipita el calci evitant que aquest es pugui fer servir en els diferents processos posteriors de l'elaboració (Apatita, s.d.).

L'àcid fosfòric aporta 96 ppm de H_2PO_4^- per mEq d'àcid quan entra en contacte amb l'aigua (Palmer i Kaminski, 2013).

L'àcid fosfòric també s'empra per eliminar bacteris contaminants del llevat. Aquesta neteja es fa just abans d'introduir el llevat al most, per tant, el most ha d'estar a temperatura ambient. Per fer-la s'ha de fer ús d'una dissolució 1/10 de l'àcid al 75% i el pH de la dissolució ha d'estar entre 2,0 i 2,2 (Murphy&Son, 2023).

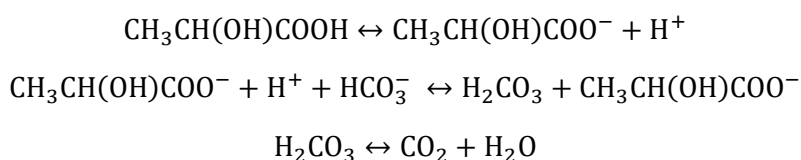
ÀCIDS ORGÀNICS

Àcid làctic

L'àcid làctic ha estat utilitzat durant molts anys en l'elaboració de cervesa, fins al punt que fa d'element diferenciador en diversos estils de cervesa. Durant molt de temps es va fer servir perquè les lleis que definien el procés d'elaboració prohibien l'addició d'àcids inorgànics, o no creats de manera natural, a la cervesa. La raó pel seu ús és que aquest es crea de manera natural en el most i una addició d'aquest pot no ser necessària si s'aplica la tècnica del repòs àcid (Kraus-Weyermann, s.d.).

L'àcid làctic es pot introduir a la mestura en diferents formes. Una d'elles és el malt àcid, que consisteix permetre una fermentació làctica, després del fornejat, mitjançant els bacteris d'àcid làctic presents de manera natural en la superfície del gra. Una altra forma és a partir del repòs àcid, en què el creixement de lactobacils en la mestura crearà l'àcid. I finalment, es pot afegir directament l'àcid a l'aigua (Palmer i Kaminski, 2013).

La reacció que es dona quan s'introdueix en l'aigua és la següent (Palmer i Kaminski, 2013):



La interacció és igual a les explicades anteriorment, en què la reacció entre el protó d'hidrogen i el bicarbonat crea àcid carbònic que es transforma a diòxid de carboni i aigua.

Tot i la seva presència de forma natural en el most, l'àcid làctic té un gust àcid característic que pot ser detectat sensorialment quan hi ha una concentració de 400 ppm a la cervesa. El gust àcid pot ser buscat quan es desenvolupen determinats estils com en l'estil *Sour Beer*, però quan no es busca desenvolupar un d'aquests estils, pot modificar sensorialment l'estil en qüestió (Palmer i Kaminski, 2013).

Una concentració menor a 400 ppm pot no ser possible, ja que de manera natural les cerveses ja contenen una concentració entre 50 i 300 ppm a causa de subproductes resultat de la fermentació. És doncs, l'ús d'aquest àcid està més indicat per determinats estils de cervesa (Palmer i Kaminski, 2013).

L'àcid làctic aporta 89 ppm de lactat per mEq d'àcid. El lactat és el que desenvoluparà el gust àcid característic i que per sobre d'aproximadament 400 ppm modificarà la cervesa (Palmer i Kaminski, 2013).

Àcid acètic

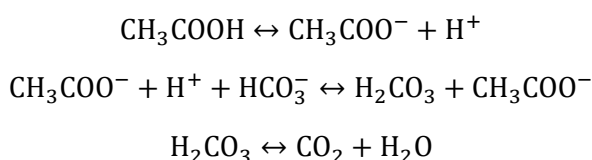
L'àcid acètic és un producte de la fermentació de bacteris d'àcid làctic i la seva presència sol considerar-se un defecte a la cervesa (Palmer i Kaminski, 2013).

El defecte relacionat amb l'àcid acètic sol donar-se quan aquest està en altes concentracions. Hi solen estar associats bacteris com l'*Acetobacter* i l'*Acetomonas* que oxiden l'etanol i creen una pel·lícula fina i blanquinosa a la superfície de la cervesa (Cervesa en català, 2014).

La fermentació del fong *Brettanomyces* també allibera àcid acètic, però en aquest cas la presència d'àcid acètic no s'associa a un defecte sinó a un estil de cervesa amb fermentació espontània, o una cervesa salvatge. Actualment, la fermentació espontània no forma part del nou estil de cervesa creat anomenat *Brett*, que descriu una fermentació de la cervesa feta per aquest fong o una barreja amb aquest. Es poden trobar diverses soques d'aquest en el mercat (Cerveza artesana, 2013).

L'àcid acètic és un àcid monopròtic (1 equivalent per mol) que és moderadament fort. Aporta 59 ppm d'acetat per mEq d'àcid quan s'afegeix a l'aigua (Palmer i Kaminski, 2013).

La reacció és la següent (Palmer i Kaminski, 2013):



Com en les altres reaccions, la interacció del bicarbonat i l'hidrogen alliberà àcid carbònic, i acetat. L'àcid carbònic es dissociarà en diòxid de carboni i aigua.

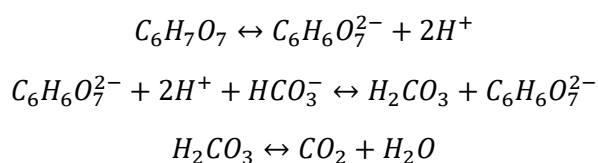
L'acetat és el compost que pot produir defectes a la cervesa (Palmer i Kaminski, 2013).

Àcid cítric

L'àcid cítric és un àcid polipròtic fort que contribueix entre 2 i 3 equivalents per mol i aporta 96 ppm de citrat per mEq d'àcid quan s'afegeix a l'aigua. El citrat aporta un gust àcid cítric característic (Palmer i Kaminski, 2013).

El gust aportat pel citrat pot ser beneficiós en determinats estils de cervesa que busquin una acidesa més afruitada, però es pot considerar negatiu en altres. Es diu que l'efecte sensorial del citrat es comença a fer present quan la concentració d'aquest a la cervesa és de 150 ppm, però, com en el cas de l'àcid làctic, la cervesa pot contenir de manera natural una concentració d'entre 50 i 250 ppm de citrat perquè és un subproducte de la fermentació (Palmer i Kaminski, 2013).

La seva reacció quan entra en contacte amb l'aigua és la següent (Palmer i Kaminski, 2013):



Com en les altres explicacions, la reacció entre els protons d'hidrogen i el bicarbonat alliberen àcid carbònic, i citrat, que es transformarà en diòxid de carboni i aigua.

DEGUSTACIÓ DE LA CERVESA¹

La degustació és una tècnica de caracterització sensorial que s'utilitza en gran varietat de productes com el vi, el cafè, l'aigua, la cervesa i molts més.

És una anàlisi descriptiva de l'aspecte, els aromes i les sensacions en boca del producte, que serveix per definir-lo de la manera més objectiva possible, fent ús d'un vocabulari unificat, precís, simple i eficaç, que busca ser estandarditzat a partir de la relació d'aquest amb experiències sensorials personals ben definides.

El llenguatge busca que qualsevol persona que llegeixi la descripció sensorial del producte pugui entendre com és aquest producte.

La manera l'anàlisi descriptiva es duu a terme també és important i hi ha tres condicions bàsiques que s'han de complir per tal de desenvolupar-lo correctament.

- En primer lloc, cal que les condicions de la recollida d'informació siguin les mateixes. Es parla del mateix lot de cervesa, a la mateixa temperatura, amb la mateixa estructura, etc.
- En segon lloc, els criteris d'avaluació que s'estudien han de ser els mateixos. És important que quan diverses persones estudien un mateix producte aquestes prestin atenció als mateixos aspectes. Es recomana que no es facin tastos a soles per evitar fer una descripció subjectiva del producte.
- Finalment, és important que es tingui present el llistat d'ítems que es volen descriure i acordar el criteri que es farà servir per fer-ho.

ASPECTE

L'anàlisi de la cervesa comença per observar el producte presentat. En aquest moment es fa una primera inspecció visual i es determina la seva transparència, la presència de pòsits o solatges, es descriuen incidències que es puguin trobar i s'analitza la informació presentada a l'etiqueta.

Posteriorment, s'obre l'ampolla i es fa una segona inspecció visual en què s'observarà l'escuma i la pròpia cervesa. De cada una d'aquestes s'observaran diferents coses:

ESCUMA

De l'escuma se'n pot dir molt i se'n pot saber molt. En molts casos l'escuma ajuda a definir un estil. En cerveses fosques estil *Porter*, l'escuma busca ser densa i fins i tot cremosa que ajuda a crear una estructura a una cervesa que amb els seus aromes torrats, semblants a la xocolata i el cafè, busca una consistència semblant a la d'un cafè amb llet. A diferència d'aquesta, una cervesa *Lager* més fresca, buscarà una escuma més lleugera i de bombolla més grossa.

De l'escuma es poden determinar els següents factors:

- Quantitat: es descriurà la facilitat de la cervesa de crear espuma quan s'aboca. Es determinarà si és fàcil de fer o difícil d'aconseguir.
- Color: es descriurà la tonalitat de l'escuma i la seva intensitat. Aquesta pot anar de blanc a colrat i es poden acompanyar de les paraules molt, poc, intens i profund per descriure més específicament el que s'observa.

¹ Extret de Barrachina, 2023.

- Densitat: depèn de la mida de les bombolles, aquestes poden ser més grosses o més fines (o cremoses), s'ha de tenir en compte que l'espuma pot ser no homogènia i s'haurà de definir-ne les diferències en l'estructura.
- Consistència: determina el manteniment o no de la forma del got quan l'espuma en sobrepassa la vora. Hi ha escumes compactes que mantenen la forma i d'altres que la perden i es desfan.
- Persistència: és el temps que tarda l'escuma a desaparèixer després d'abocar-se. Pot ser poc persistent, normal o mitjana, o persistent, depenen de la baixada d'aquesta al cap d'un minut d'haver-la creat.
- Adherències: es dona per la combinació de la densitat i la persistència, i és el residu de l'escuma que queda adherit a les parets del got a mesura que es consumeix la cervesa. Es definirà amb les paraules gens, cap, moltes o poques.
- "Gushing": és el fenomen que es dona quan, a l'obrir l'ampolla de cervesa, aquesta surt expulsada. Pot ser que el que s'expulsi sigui espuma o una barreja d'espuma i cervesa. Això es pot donar per problemes amb els ingredients (ús de malt en mal estat) o per un mal envasament.

CERVESA

L'anàlisi visual al que se sotmet a la cervesa en si, no és tan extens com el de l'escuma. En aquest cas se'n miraran només dos:

- Color: per determinar el color de la cervesa es fa ús d'una taula estandarditzada. Aquesta taula es pot tenir en format targeta per poder fer una comparació directa dels colors a partir de posar 1 cm de cervesa en un got i posant el got sobre la targeta. Aquest estudi del color per comparació és important que es faci sempre en les mateixes condicions, mateixa quantitat de cervesa, mateix recipient, mateixa llum i mateixa inclinació de la llum.
- Transparència: és la facultat d'una cervesa de permetre veure a través d'ella. Se sol parla de cerveses més o menys tènues, o més o menys transparents. En el cas de cerveses que pel seu color fosc no es pot distingir la seva transparència s'indicarà com a "no es pot avaluar".

		SRM	EBC	
Palla	Palla clar	2	4	
	Palla	3	6	
Groc	Groc	4	8	
Daurat	Daurat clar	5	10	
	Daurat	6	12	
	Daurat fort	8	16	
Ambre	Ambre	9	18	
	Ambre mitjà	10	20	
	Ambre fosc	15	30	
Coure	Coure	16	32	
	Coure fosc/Marró	18	36	
Marró	Marró	20	40	
	Marró fosc	30	60	
	Marró molt fosc	35	70	
Negre	Negre	30+	60+	
	Negre opac	40+	80+	

Il·lustració 6: Taula descriptiva del color de la cervesa. Font: Taula proporcionada per l'expert, Albert Barrachina.

OLFACCIÓ

En l'avaluació dels aromes de la cervesa cal ser el més detallat possible, ja que les olors de la cervesa permeten crear una imatge de com és el producte i com s'expressa.

Ser el més detallat possible en aquesta part de l'avaluació inclou la descripció dels aromes des del moment que es destapa l'ampolla fins que està servida.

En destapar l'ampolla s'avaluarà les primeres olors que en surten. Aquestes poden pronunciar aspectes aromàtics que passat un temps es perden. Molts compostos altament volàtils es perdran en els primers moments, per tant, és interessant estar-hi atent per tal de poder descriure'ls. D'aquesta manera es poden trobar aromes com per exemple la de l'acetaldehid que queda atrapat al coll de l'ampolla i que quan s'aboca es perd quan està molt a prop del llindar de percepció.

Per avaluar els aromes de la cervesa es necessita entendre com fer-ho.

- S'haurà de tenir en compte la intensitat en què s'olora la cervesa, aquesta ha de ser moderada i amb tranquil·litat.
- La rapidesa o recuperació. Quan s'ensuma la cervesa el que fa el nas és detectar un canvi, això és el que permet a la persona identificar l'olor. La recuperació és el factor que determinarà el temps de descans que es necessita entre canvi i canvi per continuar l'avaluació.
- Per poder diferenciar els diferents compostos volàtils que s'expressen en una cervesa és necessari tenir en compte la distància. Si s'ensuma la cervesa de ben a prop, es poden detectar compostos diferents dels quals es poden detectar ensumant la cervesa a una certa distància. Això és degut al pes i el volum dels compostos que s'hi poden trobar.
- Per fer una bona descripció és necessari un entrenament previ que permeti tenir una sèrie de referències mentals sobre els aromes que es poden anar trobant en el producte. S'ha d'establir una relació entre la imatge mental i la paraula amb què es descriu.
- Els aromes se separen per capes. En la primera capa es troben els aromes fàcils d'identificar, que predominen en el producte. En la segona capa la percepció dels aromes no ha de ser necessàriament difícil, però la seva identificació costarà més. I finalment a la tercera capa s'estudien els aromes més difícils de percebre i identificar, la seva intensitat és més baixa i queden amagats pels aromes de les capes anteriors.
- La cervesa en un primer moment no és necessari que es remeni perquè el seu consum natural no implica aquest moviment. Amb aquest moviment és possible que s'expressin compostos que poden considerar-se defectes, com els compostos del sofre que aporten aromes desagradables i són extremadament volàtils. Per tant, es buscarà fer una primera descripció sense remenar la cervesa i posteriorment, es pot remenar la cervesa per fer expressar altres compostos volàtils d'aquesta manera.

A continuació hi ha un seguit de taules que descriuen els aromes que es poden detectar amb l'anàlisi descrita anteriorment.

Perfil del gra i el malt

Família	Descriptors
Fonneria crua	Farina, dolç/aroma, massa crua, pa/molla, pasta de sopa, farinetes infantils
Fonneria dolça	Pa de pessic, magdalenes, ensaimada, galetes, berlines
Torrats	Crosta de pa, pa torrat, mel, melassa, caramels, toffee, fruits secs torrats (nou, ametlla, avellana, cacauet)
Torrefactes	Cafè, cacau/xocolata, cremat, cendres, salsa de soja
Aromàtic	Herbes aromàtiques (camamil·la, til·la, sàlvia), especiat (pebre, canyella, anís, anís estrellat, nou moscada, vainilla), floral (rosa, gerani, llessamí, magnòlia)
Afruitats	Afruitats frescs (préssec, poma, pera, albercoc, plàtan, fruites roges), afruitats secs (panses, orellanes, prunes seques), afruitats melmelada/confitats (albercoc, préssecs, poma, pera, meló), fruits secs crus (nou, ametlla, avellana, cacauet)
Fresc	Fresc/herba (herba fresca, herba tallada), fresc balsàmic (càmfora, menta, eucaliptus, resina, pi, avet o xiprer), fresc regalèssia
Altres	Palla/segó, llegums (mongeta seca, pèsol, fava, llentia), florit, xampinyó/bolets, celler, fusta/terra, fumat, tabac, fenols (goma, plàstic, goma cremada, desinfectants, hospital)

Taula 2: Possibles aromes aportades pel malt. Font: Taula proporcionada per l'expert, Albert Barrachina.

Perfil del llúpol

Família	Descriptors
Plantes aromàtiques	Camamil·la, citronella, coriandre fulla, espígol, estragó, ginebró, julivert, llorer, marihuana, marialluïsa, melissa/tarongina, orenga/marduix, ortiga, regalèssia bastó, romaní, sàlvia, saponària, til·la, timó
Verdures	Agrella, all, api/cerfull, bledes, espinacs, carxofa, ceba, col, espàrrec, fonoll, mongeta/estirabec, pebre verd, pebrot verd, porro/porradell
Herba/Te	Àloe/planta, grassa/cogombre, herba tallada, fenc sec/palla, fulla verda, fulla seca, gramínia, saba, te blanc, te verd, te negre
Balsàmic	Eucaliptus, menta, pi, resina/càmfora, xiprer
Especiats	Anís, canyella, coriandre, clau d'espècia, nou moscada, pebre verd, pebre blanc, pebre negre, vainilla
Floral	Perfumat indefinit, flor blanca/ravenissa, flor taronger, gerani, llessamí, rosa, violeta
Cítric	Llima, llimona, mandarina, taronja, taronja roja, bergamota, aranja
Afruitat	Albercoc, cassis, castanya, fruites comporta, grosella, guaiaba, litxi, maduixa, mango, maracujà, meló, mora, nabiu, papaia, pinya, plàtan, pera, poma, préssec, prunes, raïm
Altres	Cacau, cendres, cera, desinfectant, dissolvent, florit, formatge, forneria dolça, fruits secs, fusta, goma/plàstic, herba ensitjada, mantega, marisc, mel, metàl·lic, oli, peix, pols, sofre, quitrà,/fenol, sabó, suat, suc de carn, tabac, terra, vi blanc, xocolata, vi blanc

Taula 3: Possibles aromes aportades pel llúpol. Font: Taula proporcionada per l'expert, Albert Barrachina.

Perfil aromàtic de la fermentació

Família	Descriptors
Èsters	Dissolvent, llaminadura, plàtan, albercoc, préssec, poma (roja), pera, pinya, meló
Alcohol	Afruitat, dissolvent
Alcohols de fusel	Especiats (pebres, moscada), rosa, clau d'espècia, herba fresca, vi, plàtan, dissolvent, terra
Fenols aromàtics	Vainilla, càmfora, clau d'espècia, medicinal, desinfectant, goma, goma cremada, fum
Diacetil	Mantega
H ₂ S	Drap brut, ous podrits, depuradora, podridura
Acetaldehid	Dissolvent, pela de poma, poma immadura
Autòlisi	Brou de carn, paté, fang, carn
Àcids grassos	Vinagre, fecal, sabó, cera, pútrid, vòmit, ranci, suor, formatge, cabra

Taula 4: Possibles aromes aportades per la fermentació. Font: Taula proporcionada per l'expert, Albert Barrachina.

Perfil aromàtic lligat a la maduració

Família	Causa	Descriptor
Nonenals	Oxidació d'àcids grassos insaturats.	Cartró i/o papers molls o pols
Alcohols	Condicions adverses (llum, calor). Alcohols "alts" o alcohols de fusel degraden èsters o aldehids.	Terra, tocs metàl·lics, notes de palla, èter, vi blanc, whisky, torrat, ceba, afruitat, punyent, conyac, plàtan i melassa.
Compostos heterocíclics	Oxidació.	Dolç, fusta, ametlla, pa torrat, caramel, fenols, greix, mantega, cera, especiat, xarop d'erable, cafè, balsàmic, cacau, nou, làctic, florit, coco, cumarina, pa, alcohol, químic
Pirazines	Presentes al malt.	Dolç, núvol de sucre, caramel, crispetes, nou, crosta de pa, xocolata, avellana, cafè
Èsters	Aportat pel llúpul i la fermentació.	Afruitat, baies, tropical, aspre, rom, maduixa, poma, dolç, poma al forn, ylang, cremós, pinya, caramel bastant torrat, floral, mel, rosa, balsàmic, xocolata negra, cacau, anís, regalèssia, llaminadura negra de regalèssia, èter, verd, alcohol, conyac, especiat, canyella, pols
Compostos del sofre	Envelliment de la cervesa augmenta la concentració.	Sulfurós, all, bullit, umami, carn, fresc, verd, ceba, nabiu, foral, llimona, aranja
Àcids amargs	Degradació dels àcids amargs durant l'envelliment.	Dissolvent, èter, poma, pera, fresc, herba, verd, maltós, afruitat, espècies, terra, oli, àcid, agre, formatge,

		productes làctics, mantega, ranci, punyent, pudent, gras, madur.
Polifenols	Concentració minva amb l'oxidació, però tanoids es poden transformar en tanins que poden generar terbolesa.	Astringents/aspre
Formació de (E)-beta-damascenona	Sembla que el seu origen està relacionat amb la família dels sucres i un pH baix.	Fusta, dolç, afruitat, terra, notes florals verdes
Reaccions de Maillard	Actuen sobre compostos que tenen relació amb el color de la cervesa.	Cafè torrefacte, mostassa, sofrat, èsters, químic, florit, dolç, marró, caramel, pa

Taula 5: Possibles aromes aportades per la maduració. Font: Taula proporcionada per l'expert, Albert Barrachina.

SENSACIONS EN BOCA

Quan es parla de sensacions en boca es parla de quatre ítems, els aromes, els gustos, el tacte o còrpora i matisos generals.

AROMES

Pel que fa a les aromes en boca són molt menys intenses de les que arriben pel nas. Normalment, es consideren comparant amb les aromes que arriben pel nas, mirant si la composició és diferent.

GUSTOS

Hi ha 5 grans grups que defineixen el gust de la cervesa. Aquest són el gust dolç, l'amarg, el salat, l'àcid i l'umami. La combinació d'ells construeix el que es considera el gust de la cervesa.

- GUST DOLÇ: a l'hora de descriure el gust dolç el vocabulari que es fa servir és si la cervesa està ben atenuada o no. La raó per la qual s'utilitza aquest vocabulari és perquè la cervesa no ha de ser dolça, ja que els sucres presents en el most s'han de fermentar i convertir en alcohol, una cervesa ben atenuada és una cervesa en què aquest procés s'ha donat correctament. Un excés de dolçor pot portar a una sensació embafadora que no es considera agradable en aquesta tipologia de producte.
- GUST AMARG: la percepció de l'amargor és un factor que és variable d'una persona a l'altre i la seva estandardització és molt complicada. Existeixen diferents sistemes que permeten posar-li un valor numèric, però com ja s'ha dit, és diferent per cada persona. Per tal de poder-la avaluar de manera objectiva és útil separar els diferents factors que influenciaran a la percepció de l'amargor:
 - o Persistència de l'amargor. Es descriurà com a poc, mitjanament o molt persistent.
 - o Rapidesa d'aparició. Es descriurà com a amargor ràpida (aparició immediata) i amargor lenta o molt lenta.
 - o Evolució de l'amargor en el temps. Es descriu com s'expressa l'amargor de cada cervesa.
 - o Qualitats particulars de l'amargor poden ser: punyent (quan l'amargor s'expressa en un lloc concret de la boca i no s'escampa), metàl·lic (semblant a tenir una peça metàl·lica a la boca, positiva quan és moderada), balsàmic (efecte refrescant buscat per compensar els aspectes càlids del malt, perfil

- sensorial lligat a la menta, eucaliptus, resines i fustes) i secant (relacionat a una cervesa ben atenuada, no dolça, que asseca la boca un cop s'empassa)
- GUST SALAT: hi ha dues formes de salat:
 - La primera és un salat que recorda a la sal de cuina perquè aporta sensacions càlides.
 - La segona és un salat alcalí que es dona quan l'alcalinitat de l'aigua és massa elevada. Es descriu com a galeta, amarg, càustic, guix, aspre o bicarbonat, i recorda a prendre un got amb bicarbonat. Impedeix l'expressió d'altres aromes i gustos de la cervesa.
- GUST ÀCID: es descriuen tres tipus d'acidesa, la intrínseca (l'acidesa que queda a la boca quan s'hi manté la cervesa durant una estona, se'n descriu el moment d'aparició), l'acidesa làctica (lligada a la presència d'àcid làctic, s'escampa uniformement per la boca i fa sensació de "rodonesa", sensació semblant a l'acidesa cítrica) i l'acidesa acètica o agra (lligada a una fermentació espontània, sensació punyent normalment considerada desagradable)
- GUST UMAMI: aquest gust està lligat al glutamat mono sòdic, que no està present a la cervesa de manera natural. No és un gust que s'expressi en la cervesa.

TACTE O CÒRPORA

El concepte còrpora és una paraula italiana que descriu totes les sensacions tàctils en boca.

En l'anàlisi del tacte de la cervesa s'estudiarà el cos, la textura, l'efervescència, l'astringència i l'alcohol.

- COS: la percepció del cos està relacionada amb la presència de sucres no fermentables (dextrines) i a les proteïnes en suspensió a la cervesa. Les dextrines fan sensació de rodonesa, pes i volum. Les expressions utilitzades per descriure-ho són "amb molt de cos", "de cos ple", "rodó" o "aigualides" o "amb poc cos".
- TEXTURA: descriu la manera com la cervesa passa per la llengua, la boca i la gola, i es descriurà amb expressions com "sedosa", "vellutada", "cremosa", "rugosa" o "aspra".
- ASTRINGÈNCIA: es pot confondre tant amb l'acidesa com amb l'amargor. Normalment, es presenta com a acidesa residual, que és el resultat de mantenir la cervesa a la boca durant una estona. Habitualment és poc significativa, però una sensació d'astringència elevada es considera un defecte. L'astringència causa la sensació de contracció de la mucosa.
- EFERVESCÈNCIA: l'efervescència és el contingut de gas carbònic dissolt a la cervesa. Aquest factor pot estar relacionat amb com és l'escuma. La qualitat de la carbonatació es pot descriure com "grossa", "agressiva", "dura", "fina", "elegant", "vivaç", "fluixa" o "insuficient"
- ALCOHOL: se'n pot valorar la intensitat i la qualitat. Es descriurà la intensitat amb els descriptors "molt", "poc" o "gens". L'alcohol no s'hauria de notar si la cervesa té una graduació inferior a 6% vol. Quan es parla de qualitat de l'alcohol es parla de la presència d'alcohols a part de l'alcohol etílic, aquest aporten sensacions "ardents" amb aromes de terra i dissolvent.

MATISOS GENERALS

En aquesta part de l'anàlisi sensorial, que es fa un cop ja s'ha pres nota de la informació extreta de nas i boca, l'avaluador es farà preguntes més generals per acabar de completar l'estudi.

- BEVIBILITAT: descriu la facilitat com la cervesa s'empassa.

- DIGESTIBILITAT: descriu com es digereix la cervesa, si queda o no a l'estómac després de prendre-la.
- PASSA-LA-SET: descriu la capacitat de la cervesa de FER una sensació hidratant a la persona que la beu.
- INTENSITAT GENERAL: descriu l'impacte sensorial del conjunt. Es fan servir paraules com "forta", "contudent", "potent", "discreta", "modesta" o "tímida".
- PERSISTÈNCIA GENERAL: descriu la persistència de la cervesa en boca, en nas i a la ment.
- EVOLUCIONS: descriu els canvis pels quals pot passar, o no, una cervesa a mesura que canvia la temperatura, l'efervescència i l'oxidació.
- COMPLEXITAT: descriu la quantitat de característiques aromàtiques descriptibles que s'han trobat durant l'anàlisi de la cervesa.
- EQUILIBRIS: descriu les característiques que ostenten la mateixa intensitat. En una cervesa equilibrada, totes les seves característiques s'expressen amb la mateixa intensitat.
- RETROGUST (*aftertaste*): descriu la sensació que deixa la cervesa després de tastar-la. Es descriu el temps que tarda a desaparèixer la persistència, la intensitat i la seva naturalesa.
- RETORN: descriu l'aparició d'aromes o amargor de la cervesa passada una estona després del seu consum.
- HARMONIA, COMPENSACIÓ, COMPOSICIÓ: recull els coneixements extrets de l'anàlisi que s'ha fet prèviament per determinar com està composta la cervesa. Determina si la cervesa està ben o mal composta, és a dir si és compacta, homogènia i amb sentit, o no.

És habitual deixar un apartat perquè l'avaluador doni la seva opinió sobre la cervesa, si a l'avaluador li agrada o no.

També es pot afegir un apartat on es parli de l'adequació de la cervesa a l'estil descrit a l'etiqueta.

OBJECTIU

L'objectiu d'aquest treball és dur a terme un estudi sobre els efectes sensorials de l'addició de diferents àcids a la cervesa.

Per assolir-lo s'han escollit tres àcids i s'han elaborat una sèrie de cerveses en què l'únic factor modificat ha estat el tipus d'àcid.

Com a objectiu específic es vol determinar quin dels àcids estudiats és el més adient per l'elaboració de la cervesa, considerant aspectes químics i organolèptics. Per fer-ho s'ha dut a terme una caracterització química de diferents paràmetres de les cerveses relacionats amb l'acidesa, així com una anàlisi descriptiva sensorial que ens permetrà determinar les variacions organolèptiques entre elles.

MATERIALS I MÈTODES

DISSENY EXPERIMENTAL

La part experimental d'aquest treball consta de dues parts. En la primera part, es farà l'elaboració d'un seguit de cerveses, a les quals a cadascuna s'afegirà un àcid diferent a estudiar. Els àcids escollits per ser estudiats són tres, l'àcid fosfòric, que és l'àcid que s'utilitza més sovint en l'elaboració de cervesa, l'àcid làctic, que és un àcid que ha estat utilitzat històricament i amb el qual es recobreix el malt per crear malt àcid, i finalment, l'àcid cítric, un àcid comú en les indústries i, per tant, de fàcil accés.

Ens interessa poder comprovar si l'estil de cervesa té alguna influència en la possible presència de l'àcid, sensorialment, és per això que per cada un dels àcids estudiats s'elaboraran dues cerveses, una cervesa maltosa i una de llúpola. La cervesa maltosa és aquella en què el llúpola només aporta amargor, normalment tenen baixes quantitats d'aquest i més quantitats de malts especials que són els que donen aromes interessants a la cervesa. En canvi, a la cervesa llúpola es busca que els aromes del llúpola predominin i els malts solen ser malts base.

La segona part serà el tast. Per determinar quin dels àcids estudiats té un efecte sensorial menor a la cervesa final, es farà ús d'un panell de tast expert en cervesa per fer una degustació dels productes fabricats en aquest experiment per tal que determinin, amb la seva experiència, quin dels àcids es considera el més "neutre" organolèpticament.

Durant la degustació, els participants hauran d'anar omplint una fitxa d'avaluació de cervesa, que s'haurà creat per aquest experiment, en el que hi haurà una sèrie de categories que els participants hauran d'anar valorant. Serà d'aquesta manera com es determinarà quin dels àcids estudiats és el més indicat, organolèpticament, per l'elaboració de cervesa.

Per tal de poder caracteritzar objectivament la cervesa es faran una sèrie de proves durant l'elaboració i també a la cervesa acabada. En aquestes proves s'estudiaran les variacions de pH i d'acidesa total durant les diferents fases del procés. També es comprovarà la densitat de cada producte abans i després de la fermentació per tal d'assegurar-nos que són iguals entre el mateix estil i que no és una variable que pugui modificar el resultat de la fase del tast.

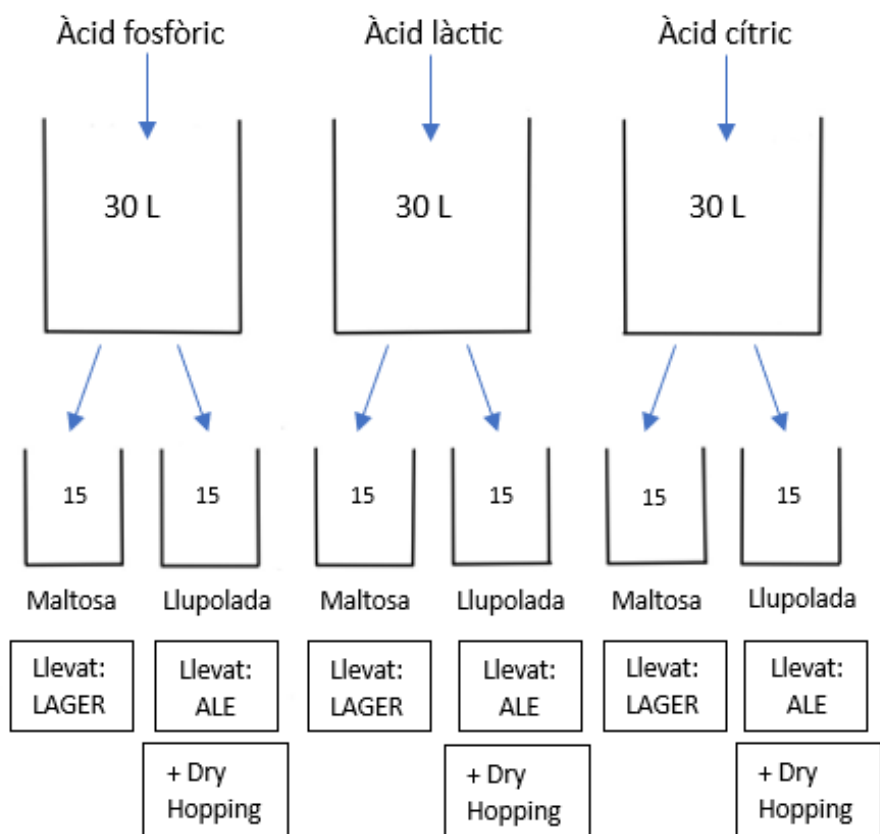
LA RECEPTA

Per controlar la variabilitat dels factors que poden influir en el resultat final procedirem de la següent manera:

S'elaboraran tres lots d'una cervesa base en què l'únic que es modificarà serà l'àcid que s'afegirà. En el lot 1 es farà servir àcid fosfòric, en el lot 2 s'afegirà àcid làctic i per últim en el lot 3 es farà servir àcid cítric.

De cada un d'aquests lots sortiran els dos estils de cervesa diferents. Aquests tindran la mateixa base, per tal d'assegurar que la quantitat d'àcid afegit i la densitat prèvia a la fermentació són exactament els mateixos. Just abans de posar a fermentar es variaran els primers factors per distingir els dos estils. Se separarà el lot en dos fermentadors en què s'hi introduiran aproximadament 15 litres del most base, en un se li afegirà un llevat LAGER o de baixa fermentació i es posarà a fermentar a un espai a temperatura ambient de 7 °C i a l'altre se li afegirà un llevat ALE o d'alta fermentació i es posarà a fermentar en un ambient a una temperatura ambient de 14 °C. A aquest últim, també, se li farà un "dry hopping", que consisteix a afegir una quantitat de llúpola concreta mentre s'està donant la fermentació, per tal que porti els aromes del llúpola sense alterar l'amargor en el producte.

Finalment, s'obtingran 6 cerveses d'aproximadament 15 litres, on tres d'elles seran maltoses i les altres tres seran llupolades.



Il·lustració 7: Esquema d'elaboració. Font: Font pròpia

La recepta base que serà la següent:

- 7 Kg de malt base PALE ALE, per 25 L d'aigua osmotitzada
- 30 g de llúpul CENTENNIAL a introduir a l'inici de l'ebullició
- 11 g de llevat
 - o Llevat ALE BRY-97
 - o Llevat LAGER DIAMOND
- 25 L d'aigua osmotitzada a afegir durant el "sparging"
- 18 g de llúpul CENTENNIAL a afegir durant el "dry hopping"

La quantitat de malt per litre s'ha establert en base a la proporció estàndard per l'elaboració de cervesa i a l'experiència del cerveser consultat, la quantitat de llúpul s'ha establert a partir del càlcul de l'amargor diana de 20 IBUs, i la quantitat de llevat és el pes d'un paquet de llevat per elaboracions casolanes.

Les quantitats d'àcid que s'afegiran dependran del pH. S'afegirà la quantitat d'àcid necessària per arribar a un pH al voltant de 4,94, fent les correccions necessàries afegint aigua osmotitzada, si s'escau, fins a arribar al resultat desitjat.

En el cas de les elaboracions fetes en aquest treball s'han afegit les següents quantitats per aconseguir el pH diana:

- 3 mL d'àcid fosfòric per 25 L d'aigua en el lot 1
- 3,5 mL d'àcid làctic per 25 L d'aigua en el lot 2
- 2,5 g d'àcid cítric per 25 L d'aigua en el lot 3

Aquestes quantitats poden variar depenent de la naturalesa del malt que es faci servir o depenent de la quantitat i tipologies de malts especials que s'introdueixin a la mescla.

DESCRIPCIÓ DE L'EQUIPAMENT PER L'ELABORACIÓ

Per tal de dur a terme aquest procés es farà ús d'un equipament de Beer Home Brewing perquè les quantitats que es produiran seran d'aproximadament 30 L per lot.

Aquest equipament consta de tres olles d'acer inoxidable que seran el macerador i l'olla de cocció del most i, la tercera, que servirà per escalfar l'aigua osmotitzada. Totes elles tenen un sistema d'extracció que consisteix en una boca al fons de l'olla amb un sistema de tancament que permetrà traspasar el líquid del seu interior a una altra olla, mitjançant una mànega que hi estarà connectada, quan sigui necessari. També, cadascuna d'elles tindrà una base amb un fogó de butà per tal d'escalfar el seu contingut i un sensor de temperatura interior per poder controlar-la.

El macerador i l'olla de cocció del most, a més, tindran un sistema de filtració per tal de poder separar les restes de gra i/o sediments de la cocció, del most. El macerador també tindrà una tapa amb un sistema de pales i un motor que permetrà remenar el contingut de l'olla durant la maceració per homogeneïtzar la temperatura.

Per tal de fer el "sparging" es canviarà la tapa del macerador per una tapa amb forats (semblant a un colador) que permetrà que l'aigua que entri a l'olla ho faci de manera homogènia per tota la superfície de l'olla.

En aquest equipament també hi haurà una bomba per tal de transportar el most que surt de la cocció a un intercanviador de calor de plaques que introduirà el most refredat directament al fermentador.

Com a fermentador es farà servir un barril Cornelius de capacitat de 19 L, que ens permetrà introduir el most al barril de manera estèril. En aquest cas no farem servir airlock, ja que aquest sistema de fermentació no ens ho permet, però sí que ens permet connectar un tub que anirà a una garrafa amb una barreja d'aigua i àcid peracètic per tal que els gasos creats durant la fermentació puguin sortir i, alhora, evitar l'entrada de contaminació ambiental.



Il·lustració 9: Equipament Beer Home Brewing, olla de cocció, olla de maceració, olla d'aigua calenta. Font: polsinelli.it.



Il·lustració 8: Bomba de recirculació. Font: polsinelli.it.



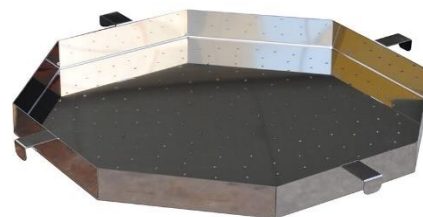
Il·lustració 10: Intercanviador d'aigua. Font: polsinelli.it.



Il·lustració 11: Tapa de barril Cornelius.
Font: Lacabañadelcervecero.com



Il·lustració 12: Barril Cornelius. Font:
latiendadelcervezero.com



Il·lustració 13: Filtre "fly esparge".
Font: polsinelli.it



Il·lustració 14: Rotor de pales
automàtiques pel macerador. Font:
polsinelli.it



Il·lustració 15: Rotor de pales automàtiques pel macerador. Font: polsinelli.it

Com a material addicional per l'elaboració serà necessari el següent:

- Balança (per tal de pesar les quantitats de cada ingredient)
- Trituradora (per moldre el gra de malt)
- Termòmetre (per comprovar que la lectura de la temperatura del sensor és correcta)
- Pipeta i pera (per afegir l'àcid)
- 6 ampolles d'aigua a temperatura ambient (per rehidratar el llevat)

MATERIAL ADDICIONAL

Per tal de fer les proves de caracterització de la cervesa necessitarem el material següent:

- Material per la mesura de densitat

Material	Reactius
- Densímetre o refractòmetre	
- Proveta graduada de 500ml	

Taula 6: Material per la mesura de la densitat. Font: pròpia.

- Material per la mesura de l'acidesa total

Material	Reactius
<ul style="list-style-type: none"> - Bureta graduada 25mL - Suport per la bureta - Erlenmeyers 50mL - Pipeta de 10ml de doble enràs - Pera - Vas de vidre 	<ul style="list-style-type: none"> - Solució de NaOH 0,1N - Blau de bromotimol (BBT) - 10 ml de mostra

Taula 7: Material per la mesura de l'acidesa total. Font: Contingut de l'assignatura Enologia de 4t de GINSA de la Universitat de Girona

- Material per la mesura del pH

Material	Reactius
<ul style="list-style-type: none"> - pH-metre - Vas de vidre 	

Taula 8: Material per la mesura del pH. Font: pròpia.

PROTOCOL DE LES PROVES DE CARACTERITZACIÓ

Procediment de mesura de pH

1. Prendre una mostra del most i mesurar-ne la temperatura. (Esperar fins que estigui a 20 °C)
2. Mesurar el pH amb el pH-metre.

Procediment de mesura de densitat amb un densímetre

1. Agafar 500 ml de mostra i introduir-ho en una proveta graduada de 500 ml de capacitat. La mostra ha d'estar a una temperatura de 20 °C.
2. Introduir-hi el densímetre i mirar el valor.

Procediment de mesura de densitat amb un refractòmetre

1. Agafar amb una pipeta unes gotes de mostra i posar-les al refractòmetre. Assegurar-se que no hi ha bombolles d'aire.
2. Observar la densitat indicada.

Procediment de mesura de l'acidesa total²

1. Es mesura 10 ml del most i s'introdueixen a l'erlenmeyer.
2. S'afegeixen 5 gotes de BBT.
3. Valoració amb la solució de NaOH 0.1N fins a viratge de color a blau-verd.
4. Comprovació del pH final (pH=7)

Càlculs

Els mil·lilitres afegits de NaOH seran **n**. Per tal de saber l'acidesa total (AT) expressada en àcid sulfúric s'aplicarà la següent equació:

$$AT = n * 0.49 = \frac{g}{L} H_2SO_4$$

² El procediment seguit per determinar l'acidesa total ha sigut extret del protocol de pràctiques de laboratori de l'assignatura de 4t curs: Enologia i indústries derivades, del grau d'Innovació i Seguretat alimentària.

On es multiplicarà el valor dels mil·lilitres afegits pel pes equivalent de l'àcid sulfúric que és 49.

DESCRIPCIÓ DEL PROCÉS D'ELABORACIÓ

El procediment següent és comú en totes les elaboracions, tenint com a única diferència l'àcid que s'introduirà per baixar el pH.

El procés d'elaboració començarà amb la preparació de l'aigua i el malt. En aquest cas començarem escalfant 25 L d'aigua osmotitzada fins a uns 70 °C. Mentre l'aigua s'està escalfant es procedirà a moldre el malt, amb aquest procés obtindrem una barreja de farina i pellofes del gra que seran el que ens permetrà crear el most.

Un cop l'aigua osmotitzada s'ha escalfat i el malt s'ha mòlt procedirem a mesclar-los a l'olla de maceració i accionarem el sistema de pales rotatòries que ens permetran incorporar el malt a l'aigua.

Seguidament, un cop l'aigua i el malt estan incorporats, procedirem a afegir l'àcid en qüestió. En el cas del primer lot, afegirem 3 ml d'àcid fosfòric a la mescla, en el cas del lot 2 afegirem 3,5 ml d'àcid làctic i en el cas del lot 3 afegirem 2,5 g d'àcid cítric en pols. Posteriorment, un cop l'àcid s'ha incorporat prendrem una mostra per tal de verificar el pH i calcular l'acidesa total.

També haurem de comprovar la temperatura amb un termòmetre, la temperatura de maceració s'haurà de trobar entre els 62 °C i 65 °C, en cas que sigui massa baixa s'encendrà el fogó per tal d'augmentar-la i, un cop es trobi dins d'aquest rang, s'apagarà el fogó i es deixarà fermentar a aquesta temperatura comprovant que es mantingui al llarg del procés. La mestura es deixarà macerar durant aproximadament 1 hora. Quan hagin passat 30 minuts de maceració s'apagaran les pales i es deixarà, la mestura, macerar sense moviment. Alhora, es posarà a escalfar a una altra olla 25 L d'aigua osmotitzada per poder fer el *sparging* quan la maceració hagi acabat.

Un cop ha passat 1 hora de maceració es procedirà a retirar la tapa amb el motor de pales del macerador, i s'intercanviarà per la tapa foradada per fer el *sparging*. Alhora, es connectarà una mànega a la boca de sortida del macerador que portarà a l'olla de cocció on bullirem el most.

Es deixarà caure l'aigua osmotitzada dins el macerador, a través de la tapa foradada, alhora que el most surt cap a l'olla de cocció, és important que l'aigua que entra al macerador i el most que en surt ho facin de manera coordinada, és a dir que el que la quantitat que entri i la que en surti siguin les mateixes, per tal d'evitar que la cervesa quedi molt seca. S'aturarà l'entrada del most a l'olla de cocció quan la quantitat que hi hagi estigui al voltant dels 40-45L. En aquest moment prendrem una mostra per fer el control de pH i d'acidesa total.

Un cop s'ha traspasat tot el most, engegarem el fogó. Quan es comenci a veure el bombolleig de l'ebullició, és a dir quan tinguem una temperatura al voltant dels 100 °C, afegirem els 30 g de llúpul, que haurem pesat prèviament. Un cop afegits es començarà a comptar una hora, que serà el temps que el most ha d'estar bullint. És possible que, abans d'introduir el llúpul, s'hagi d'extreure l'espuma que s'haurà creat a la superfície del most. Aquesta espuma està creada per proteïnes que s'han anat desnaturalitzant per les altes temperatures. No tindran un efecte negatiu a la cervesa final, ja que quan es traspassi el most al fermentador aquesta espuma no hi entrarà, però és decisió del cerveser extreure l'excés durant la cocció.

Durant la cocció, es posarà la tapa de l'olla entreoberta per permetre que els compostos que es creen a causa de les altes temperatures i que poden provocar un defecte sensorial a la cervesa final, com el DMS, puguin sortir a l'ambient i no es tornin a dissoldre en el most.

Mentre el most bull serà procedent fer la higienització dels fermentadors. S'hauran d'higienitzar dos fermentadors per lot. En aquests se'ls hi afegirà al seu interior una barreja d'aigua i àcid peracètic que es deixarà actuar durant el temps de cocció.

Just abans que hagi passat l'hora de cocció es continuarà amb la higienització dels fermentadors. Es remenarà la mescla de l'interior d'aquests, es buidarà i es tancarà hermèticament per evitar que hi pugui entrar contaminació ambiental.

Posteriorment, s'aturarà el fogó de l'olla de cocció i es procedirà a connectar una mànega a la boca d'extracció. Aquesta mànega es connectarà a la bomba que estarà connectada a l'intercanviador de calor.

L'intercanviador de calor té dues entrades i dues sortides. Per una d'aquestes entrades hi entrarà el most calent, i per l'altra hi entrarà aigua freda. Igualment, per una de les sortides hi sortirà el most refrigerat i per l'altre l'aigua que haurà augmentat la seva temperatura. La mànega de sortida del most refrigerat es connectarà directament a la boca OUT del barril Cornelius, que té un tub interior que introdueix el most al final del barril. D'aquesta manera assegurarem que el most no està en contacte amb l'ambient i evitarem la contaminació d'aquest. En el nostre cas, l'aeració de la cervesa es dona amb el pas del most per la bomba, per tant, no hauré d'aplicar una altra tècnica d'aeració posterior.

Com ja hem explicat, per cada lot sortiran dues cerveses de dos estils diferents. En aquest punt, és on se separaran els dos estils. Hauré preparat dos fermentadors als quals introduirem 15 L a cadascun. La manera de saber quants litres hi estem afegint serà omplint els fermentadors sobre una balança. Un cop la balança marqui 15 kg, es canviarà el fermentador i s'omplirà el següent.

Quan els dos fermentadors estiguin plens els deixarem reposar una estona més abans d'introduir el llevat per assegurar que la temperatura del most ha baixat al voltant del 20 °C. Agafarem una mostra del most sobrant que hi ha a l'olla per comprovar el pH, l'acidesa total i la densitat inicial de les cerveses.

Durant aquest temps es rehidratarà el llevat. Per rehidratar ell llevat se seguiran les instruccions indicades en el paquet:

- Introduir el llevat en aigua (farem servir una ampolla de 50 cL amb uns 35 cL d'aigua, per paquet de llevat).
- Deixar reposar, SENSE REMENAR, durant 15 minuts.
- Remenar.
- Deixar reposar 5 minuts.

Es faran servir llevats diferents per cada fermentador. En un li afegirem un llevat LAGER i a l'altre li afegirem un llevat ALE.

Un cop el llevat està rehidratat ja es pot afegir al fermentador. Per fer-ho, s'haurà d'obrir la tapa, fet que ens pot contaminar la cervesa, és per això que abans d'obrir la tapa s'haurà de desinfectar, amb alcohol al 70%, totes les superfícies, com poden ser la mateixa tapa del fermentador, el tap de l'ampolla i l'ampolla, etc.

Un cop cada llevat s'ha introduït al fermentador corresponent, s'etiquetaran els fermentadors per saber quin llevat porta cadascun i els posarem a una cambra refrigerada a 7 °C pels fermentadors amb llevat LAGER i en una cambra a 14 °C pels fermentadors amb llevat ALE.

Abans de donar-ho per acabat, muntarem un sistema de sortida de gasos del fermentador que ens farà d'airlock. Aquest sistema consistirà a connectar un tub a la boca *IN* del fermentador, que anirà a una garrafa on hi haurà una mescla d'aigua i àcid peracètic. Amb aquest sistema aconseguirem que els gasos creats durant la fermentació puguin sortir del fermentador sense que la cervesa es contami, ja que la mescla de la garrafa n'evitarà l'entrada.

Passats 4 dies des de l'inici de la fermentació procedirem a fer el *dry hopping* de les cerveses amb el llevat ALE. Igual que amb l'addició del llevat, per afegir els 18 g de llúpul del *dry hopping* haurem d'obrir la tapa del fermentador, i per tant haurem de desinfectar les superfícies amb alcohol al 70%. Un cop desinfectat obrirem la tapa, afegirem el llúpul i la tancarem ràpidament per evitar contaminacions. Deixarem que la cervesa fermenti durant 16 dies més.

En el cas de les cerveses amb llevat LAGER les deixarem fermentar durant els 20 dies sense afegir res més.

Un cop ha passat el període de fermentació, es purgaran els barrils, que en el nostre cas són els fermentadors. El procés de purga és l'extracció del llevat inactiu que ha sedimentat al fons del barril, per tal d'extreure'l s'ha de pressuritzar el barril. La pressurització farà que el sediment surti per la boca *OUT* del barril i ens quedi una cervesa sense sediment.

Finalment, ha arribat el moment d'envasar les cerveses. Per fer-ho farem ús d'una envasadora isobàrica manual que envasa 4 ampolles alhora.

Primer, s'ha de començar per esterilitzar la màquina. Per fer-ho es farà circular una mescla d'aigua i àcid peracètic per tot l'interior de l'equipament que entrarà en contacte amb la cervesa. També s'hauran de preparar les xapes que utilitzarem per tancar l'ampolla. Per fer-ho es posaran en un recipient de plàstic i es ruixaran amb alcohol al 70%. Un cop fet això es pot començar a envasar.



Il·lustració 16: Envasadora isobàrica manual.
Font: boadatecnologia.com

En el nostre cas, un estil es carbonatarà per refermentació i a l'altre se li farà una carbonatació forçada.

L'estil a què li farem refermentació serà el que té el llevat ALE, és a dir, la cervesa llupolada. Per fer aquesta carbonatació s'haurà d'afegir, a cada ampolla, 5 ml d'una dissolució de 10 g de dextrosa en 400 ml d'aigua osmotitzada calenta.

Un cop hem afegit els 5 ml de dissolució, ja es poden omplir i xapar les ampolles de cervesa.

Resumidament, el procés serà el següent:

- Afegir 5 ml de la dissolució a l'ampolla.
- Omplir ampolla.
- Tancar ampolla.

Il·lustració 17: Tapadora de columna manual. Font: cervzartesana.es



No es poden deixar les ampolles plenes sense tancar, per tant, un cop

l'ampolla s'omple, seguidament, s'ha de tancar.

En el cas de la cervesa fermentada amb llevat LAGER, és a dir, la cervesa maltosa, el procés serà una mica diferent. Farem una carbonatació forçada.

Per fer-la, s'haurà de refredar la cervesa fins que estigui a una temperatura aproximadament de 2 °C. Un cop hem arribat a aquesta temperatura, per la boca OUT del barril Cornelius, hi injectarem gas carbònic. La idea és que aquest es dissoldrà en la cervesa, carbonatant-la. Per saber si la carbonatació és correcte es pot anar traient mostres per anar tastant el nivell de carbonatació que es té, fins a arribar al punt desitjat.

Per envasar-la esperarem una hora, en què tindrem els barrils en fred, per acabar de permetre la dissolució del gas. Mentrestant, s'anirà fent la higienització de l'envasadora, seguint el mateix procediment que s'ha seguit per l'envasat anterior. Per envasar la cervesa quan ja està carbonatada haurem de fer un envasament amb pressió per tal d'evitar que entri oxigen a la cervesa. L'envasament a pressió implica connectar una bombona de CO₂ a l'envasadora per aconseguir augmentar la pressió al seu interior.

Un cop la màquina està preparada i les xapes desinfectades es pot connectar el barril i començar a envasar les cerveses. En aquest cas, no farà falta afegir res a les ampolles abans d'omplir-les i el procés consistirà a omplir l'ampolla i tancar-la.

Després de l'envasat posarem les ampolles en caixes i marcarem quina és quina.

Les cerveses llopolades es marcaran de la següent manera:

- Àcid fosfòric ALE + DH
- Àcid làctic ALE + DH
- Àcid cítric ALE + DH

Les cerveses maltoses es marcaran de la següent manera:

- Àcid fosfòric LAGER
- Àcid làctic LAGER
- Àcid cítric LAGER

Les cerveses llupolades a les que se li ha fet refermentació, hauran de passar aproximadament 15 dies a un espai fosc a uns 18 °C abans de ser consumides, per permetre al llevat restant que generi el CO₂ que carbonatarà la cervesa.



Il·lustració 18: Cerveses Estil ALE+DH



Il·lustració 19: Cerveses Estil LAGER

TAST

El procediment d'avaluació descriptiva de la cervesa ha estat comentat prèviament a l'apartat de Degustació de la cervesa d'aquest treball.

En aquesta part ens centrarem a comentar l'elaboració i funcionament de la fitxa d'avaluació i el procediment que s'ha seguit per fer el tast de les cerveses en qüestió.

Fitxa d'avaluació

La fitxa d'avaluació és un document que els tastadors han d'anar completant a mesura que es du a terme el tast. En aquest document hi ha expressats els ítems que es vol avaluar del producte a tastar.

En el nostre cas, es vol fer una avaluació general de la cervesa. Això vol dir que es volen mirar tots els factors que creen la cervesa (l'aspecte, l'olor i la sensació en boca) per tal de determinar si l'àcid afegit ha provocat alguna variació.

En aquesta fitxa també trobem diversos apartats perquè el tastador faci comentaris que cregui rellevants sobre els aromes que va trobant. Aquests també són d'importància perquè ens pot ajudar a crear una millor imatge de les diferències entre les cerveses.

Aquesta fitxa està creada per obtenir una comparació entre les cerveses del mateix estil però d'àcid diferent.

Hi estudiarem:

- Les possibles diferències visuals de color que puguin ser causades per la modificació de l'àcid.
- Les possibles diferències en la persistència i densitat de l'escuma.
- Les possibles diferències en l'aroma del malt i el llúpul en relació amb els diferents àcids.
- Les possibles diferències entre cerveses envers l'efervescència, el cos, la textura, l'astringència i l'alcohol.
- Les possibles diferències envers la percepció dels gustos àcids, salats, dolços i amargs.
- Els factors lligats a l'opinió personal general de les cerveses, establint quina és la que prefereix el tastador.

A continuació hi ha la fitxa d'avaluació creada per aquesta anàlisi:

FITXA D'AVALUACIÓ

ASPECTE		+			-
Color					
Escuma	Persistència				
	Densitat				
ORTONASAL		+			-
Perfil del malt					
Perfil del llúpol					
Descripció del perfil de llúpol:					
EN BOCA		+			-
Efervescència					
Cos					
Textura					
Astringència					
Alcohol					
RETRONASAL		+			-
Perfil del malt					
Perfil del llúpol					
GUSTOS		+			-
Àcid	S'escampa				
	Perdura				
	Força				
Salat					
Dolç					
Amarg					
CRITÈRIS GENERALS		+			-
Bevible					
Passa la set					
Complexitat subjectiva					
Intensitat					
Equilibris					
OPINIÓ PERSONAL					

Taula 9: Fitxa d'avaluació del tast. Font: pròpia

Procediment del tast

En el tast hi ha participat un total de 5 tastadors amb experiència en aquest camp.

S'han fet dues anàlisis. A la primera s'ha comparat les cerveses fetes amb el llevat LAGER, i a la segona les cerveses fetes amb el llevat ALE i *dry hopping*. Els dos estils no s'han comparat entre si.

El funcionament és el següent: a cada tastador se li posen tres gots enumerats de l'1 al 3. Cada número representa un àcid diferent. La cervesa 1 és la cervesa elaborada amb àcid cítric, la 2 amb àcid fosfòric, i la 3 amb àcid làctic.

Els participants tasten a cegues. L'única informació que tenen és que a cada cervesa se li ha modificat un element, a totes el mateix, però no poden saber quin element és, ni la diferència entre elles, per tal d'evitar una resposta condicionada pels seus coneixements.

Amb cada estil, els tastadors han de completar una fitxa d'avaluació comparant les cerveses 1, 2 i 3, que aniran tastant a mesura que la completen. En aquesta han d'ordenar les cerveses de més a menys intensitat, per exemple, si el tastador determina que la cervesa 3 és més equilibrada que les altres, en l'apartat d'equilibris escriurà un 3 a la casella de l'esquerra i ordenarà la resta segons el seu criteri.

Si els tastadors determinen que no hi troben diferències també ho hauran d'indicar deixant la categoria en blanc o posant-hi un senyal indicant-ho.

Seguidament, cada tastador farà un comentari de cada cervesa indicant observacions que no hagin pogut reflectir en altres apartats i, si ho volen, establir quina ha sigut la cervesa que els hi ha agradat més en general.

Finalment, un cop s'han omplert les fitxes i acabat el tast es posarà en comú i es farà un petit comentari de les coses que es podrien millorar.

RESULTATS

CARACTERITZACIÓ FÍSICOQUÍMICA

Per caracteritzar les cerveses durant el procés s'han dut a terme mesures de pH i acidesa total abans de la maceració (en barrejar aigua i malt), després de la maceració (passada una hora des de la barreja de l'aigua i el malt), després de la cocció i després de la fermentació, és a dir un cop la cervesa ja està acabada i envasada. També s'ha pres una mesura del pH de l'aigua osmotitzada que es va fer servir per elaborar les cerveses. El pH de l'aigua és de 6,31.

Les unitats de les mesures d'acidesa total és g/L d' H_2SO_4 .

La mesura de la densitat es va fer després de la cocció (densitat inicial) i a la cervesa acabada (densitat final). Aquestes mesures ens serviran per fer el càlcul del percentatge d'alcohol de la cervesa que hem elaborat mitjançant la fórmula descrita a l'apartat de *Preparació del malt* del marc teòric. La fórmula utilitzada és la següent:

$$\text{Alcohol en volum} = (\text{densitat inicial} - \text{densitat final}) * 131$$

A continuació trobarem les taules i gràfics desenvolupats a partir de les dades preses:

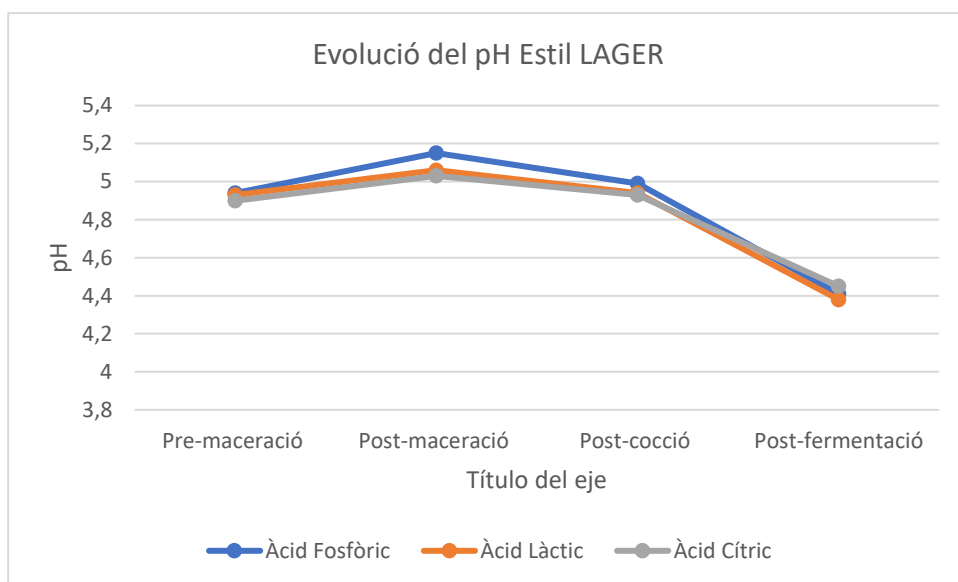
Les cerveses elaborades amb llevat LAGER les hem anomenat Estil LAGER, i les cerveses elaborades amb llevat ALE i els hi hem fet *dry hopping* les hem anomenat Estil ALE+DH.

pH Estil LAGER	Àcid Fosfòric	Àcid Làctic	Àcid Cítric
Pre-maceració	4,94	4,93	4,9
Post-maceració	5,15	5,06	5,03
Post-cocció	4,99	4,94	4,93
Post-fermentació	4,41	4,38	4,45

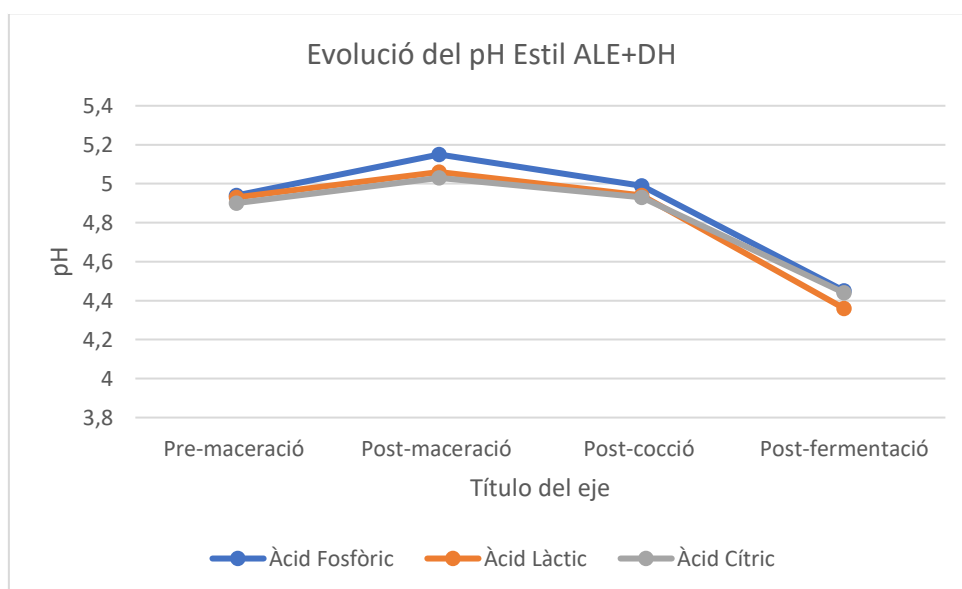
Taula 10: Mesures de l'evolució de pH de l'estil LAGER.

pH Estil ALE+DH	Àcid Fosfòric	Àcid Làctic	Àcid Cítric
Pre-maceració	4,94	4,93	4,9
Post-maceració	5,15	5,06	5,03
Post-cocció	4,99	4,94	4,93
Post-fermentació	4,45	4,36	4,44

Taula 11: Mesures de l'evolució de pH de l'estil ALE+DH.



Il·lustració 20: Gràfic de l'evolució del pH de l'estil LAGER.



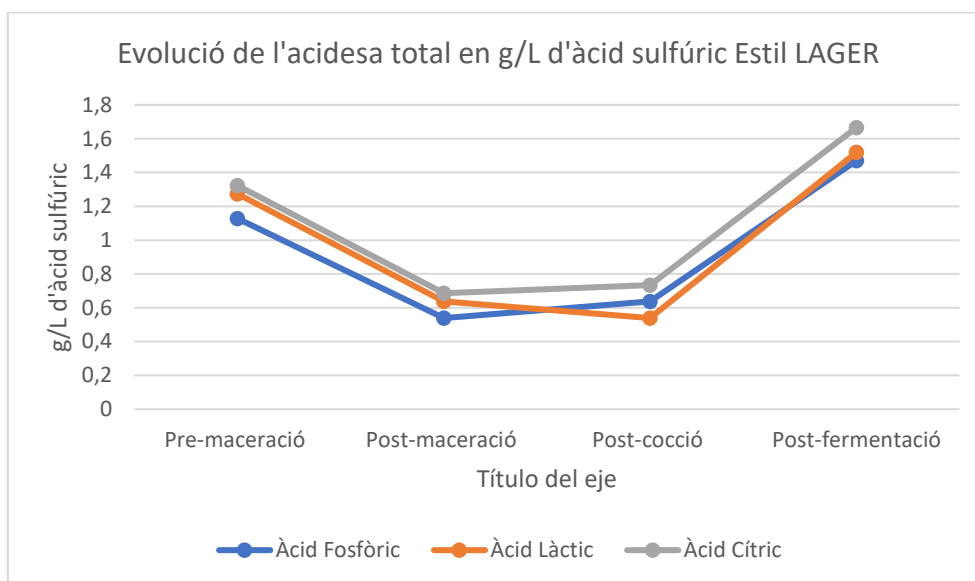
Il·lustració 21: Gràfic de l'evolució de pH de l'estil ALE+DH.

Acidesa total Estil LAGER	Àcid Fosfòric	Àcid Làctic	Àcid Cítric	Unitats
Pre-maceració	1,127	1,274	1,323	g/L
Post-maceració	0,539	0,637	0,686	g/L
Post-cocció	0,637	0,539	0,735	g/L
Post-fermentació	1,47	1,519	1,666	g/L

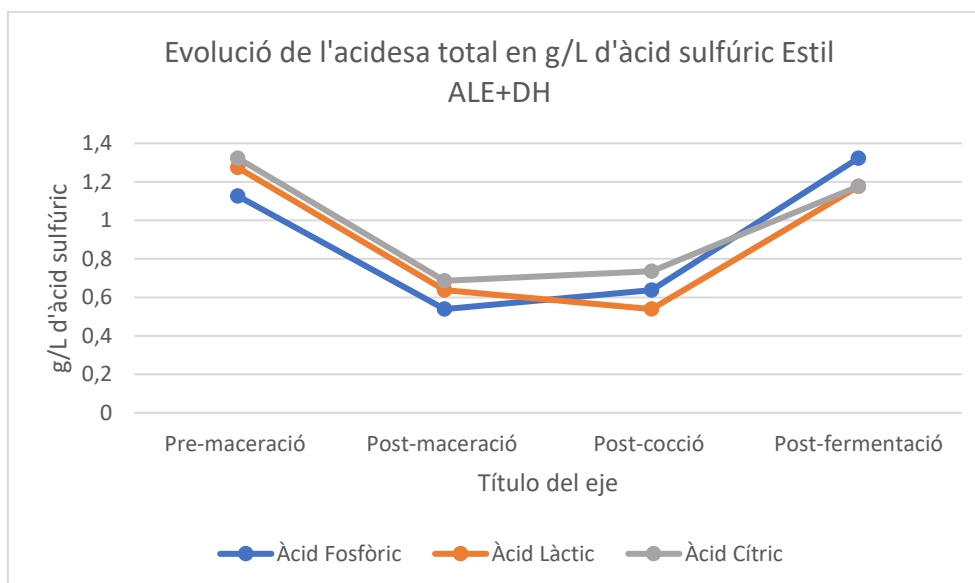
Taula 12: Mesures de l'evolució de l'acidesa total de l'estil LAGER.

Acidesa total Estil ALE+DH	Àcid Fosfòric	Àcid Làctic	Àcid Cítric	Unitats
Pre-maceració	1,127	1,274	1,323	g/L
Post-maceració	0,539	0,637	0,686	g/L
Post-cocció	0,637	0,539	0,735	g/L
Post-fermentació	1,323	1,176	1,176	g/L

Taula 13: Mesures de l'evolució de l'acidesa total de l'estil ALE+DH.



Il·lustració 22: Gràfic de l'evolució d'acidesa total de l'estil LAGER.



Il·lustració 23: Gràfic de l'evolució d'acidesa total de l'estil ALE+DH.

Estil LAGER	Àcid Fosfòric	Àcid Làctic	Àcid Cítric	Unitats
Densitat inicial	1,030	1,030	1,030	g/L
Densitat final	1,015	1,018	1,018	g/L
Alcohol en volum	1,97	1,57	1,57	%

Taula 14: Mesures de densitat i càlcul del percentatge d'alcohol de l'estil LAGER.

Estil ALE+DH	Àcid Fosfòric	Àcid Làctic	Àcid Cítric	Unitats
Densitat inicial	1,030	1,030	1,030	g/L
Densitat final	1,015	1,016	1,015	g/L
Alcohol en volum	1,97	1,83	1,97	%

Taula 15: Mesures de densitat i càlcul del percentatge d'alcohol de l'estil ALE+DH.

DEGUSTACIÓ I AVALUACIÓ

La fitxa d'avaluació que han omplert els tastadors ordena les tres cerveses estudiades de més a menys intensa. Per tal de poder tabular la informació extreta d'aquestes fitxes hem d'assignar un valor a cada casella, de forma que la casella que representa més intensitat li assignarem el valor tres, a la casella del mig el valor dos i a la casella que representa menys intensitat el valor u.

FITXA D'AVAUACIÓ

ASPECTE	+	3	2	1	-
Color					
Escuma	Persistència				
	Densitat				
ORTONASAL	+				-
Perfil del malt					
Perfil del llúinol					

Il·lustració 24: Esquema explicatiu de l'assignació de valors per casella. Font: pròpia.

D'aquesta manera aconseguim posar un valor concret a la informació aportada per cada tastador i l'introduïrem a la taula.

Als factors els quals els tastadors no trobaven cap diferència entre les cerveses, i, per tant, els havien identificat com a iguals o idèntics, assignarem el valor 2, per representar la mitjana entre les opcions a escollir. I pels factors que els tastadors no han pogut detectar, li assignarem el valor 0 per representar-ne l'absència.

Un cop hem valorat tota la informació farem la mitjana dels cinc valors de cada apartat, per tal d'obtenir un resultat unificat que ens representi tots els números obtinguts de les valoracions dels tastadors.

Un cop hem valorat les dues fitxes obtindrem les taules següents:

En la primera taula trobem els valors de la cervesa maltosa o cervesa elaborada amb llevat LAGER, la qual hem representat amb el nom: estil LAGER. A la segona taula trobem els valors de la cervesa llupolada o cervesa elaborada amb llevat ALE, la qual hem representat amb el nom: estil ALE+DH.

RESULTATS ESTIL LAGER	Cervesa 1: Àcid Cítric					Mitjana Àcid Cítric	Cervesa 2: Àcid Fosfòric					Mitjana Àcid Fosfòric	Cervesa 3: Àcid Làctic					Mitjana Àcid Làctic
	2	2	2	1	2	1,8	3	2	2	2	2	2,2	2	2	2	3	2	2,2
Color	2	2	2	1	2	1,8	3	2	2	2	2	2,2	2	2	2	3	2	2,2
Persistència (escuma)	2	1	3	2	3	2,2	1	3	2	1	2	1,8	3	2	1	3	1	2
Densitat (escuma)	2	1	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2,2	2	3	2	2	1	2
Perfil malt (Ortonasal)	3	2	2	3	1	2,2	2	3	2	2	2	2,2	1	1	2	2	3	1,8
Perfil llúpol (Ortonasal)	2	1	3	3	3	2,4	3	2	2	2	2	2,2	1	3	1	1	1	1,4
Efervescència	2	2	2	1	1	1,6	2	1	2	3	3	2,2	0	3	2	2	2	1,8
Cos	2	3	2	1	1	1,8	3	2	2	2	2	2,2	0	1	2	3	3	1,8
Textura	2	2	3	2	1	2	3	2	2	2	2	2,2	0	2	1	2	3	1,6
Astringència	3	2	2	3	1	2,2	2	3	2	1	2	2	0	1	2	2	3	1,6
Alcohol	0	1	2	2	2	1,4	0	3	2	2	2	1,8	0	2	2	2	2	1,6
Perfil malt (Retronasal)	3	3	2	2	1	2,2	2	1	2	2	2	1,8	0	2	2	2	3	1,8
Perfil llúpol (Retronasal)	2	2	2	2	3	2,2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	1	1,4
S'escampa (Àcid)	2	2	2	2	3	2,2	2	3	2	2	2	2,2	0	1	2	2	1	1,2
Perdura (Àcid)	2	2	2	2	1	1,8	3	2	2	2	2	2,2	0	2	2	2	3	1,8
Força (Àcid)	2	2	2	2	1	1,8	3	2	2	2	2	2,2	0	2	2	2	3	1,8
Salat	0	2	2	3	1	1,6	0	2	2	2	2	1,6	0	2	3	1	3	1,8
Dolç	0	2	2	1	3	1,6	0	2	2	2	2	1,6	0	2	2	3	1	1,6
Amarg	2	3	2	1	1	1,8	3	2	2	2	2	2,2	0	1	2	3	3	1,8
Bevible	3	1	2	2	1	1,8	2	3	2	3	3	2,6	0	2	2	1	2	1,4
Passa la set	2	1	2	2	1	1,6	2	3	2	3	2	2,4	0	2	2	1	3	1,6
Complexitat subjectiva	2	3	2	1	1	1,8	3	1	2	2	2	2	0	2	2	3	3	2
Intenstitat	2	3	2	1	1	1,8	3	2	2	2	2	2,2	0	1	2	3	3	1,8
Equilibris	2	1	2	1	1	1,4	2	3	2	3	3	2,6	0	2	2	2	2	1,6

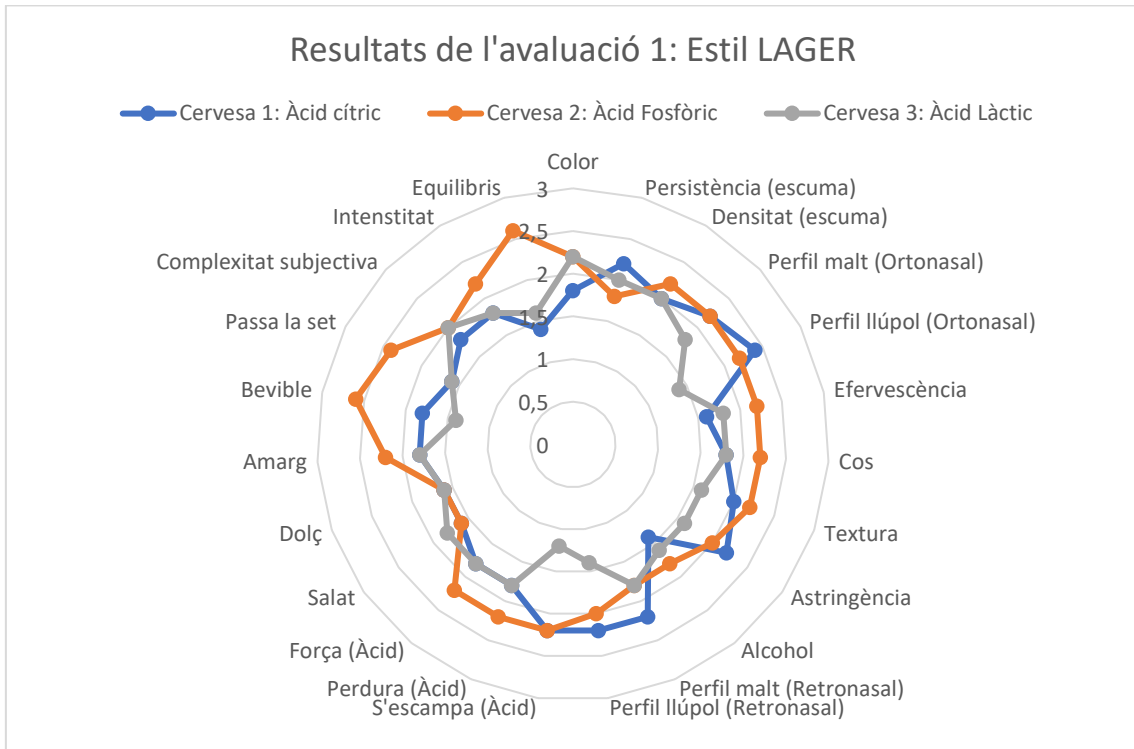
Taula 16: Resultats de l'avaluació 1 (cervesa LAGER).

RESULTATS ESTIL ALE+DH	Cervesa 1: Àcid Cítric					Mitjana Àcid Cítric	Cervesa 2: Àcid Fosfòric					Mitjana Àcid Fosfòric	Cervesa 3: Àcid Làctic					Mitjana Àcid Làctic
	1	2	2	2	1		3	3	2	2	2		2	1	2	2	3	
Color	1	2	2	2	1	1,6	3	3	2	2	2	2,4	2	1	2	2	3	2
Persistència (escuma)	2	1	1	1	1	1,2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
Densitat (escuma)	2	1	1	1	1	1,2	2	2	3	2	2	2,2	3	3	2	3	3	2,8
Perfil malt (Ortonasal)	3	2	3	0	3	2,2	2	2	2	0	2	1,6	1	2	1	0	1	1
Perfil llúpul (Ortonasal)	1	3	3	0	1	1,6	3	2	2	0	2	1,8	2	1	1	0	3	1,4
Efervescència	3	1	2	2	1	1,8	2	3	2	2	2	2,2	1	2	2	2	3	2
Cos	2	2	2	1	1	1,6	2	1	2	2	2	1,8	2	3	2	3	3	2,6
Textura	1	3	2	1	1	1,6	2	2	2	2	2	2	3	1	2	3	3	2,4
Astringència	1	3	2	1	1	1,6	2	1	2	2	2	1,8	3	2	2	3	3	2,6
Alcohol	0	2	2	2	2	1,6	0	2	2	2	2	1,6	0	2	2	2	2	1,6
Perfil malt (Retronasal)	2	2	3	0	3	2	3	2	2	0	2	1,8	1	2	1	0	1	1
Perfil llúpul (Retronasal)	3	2	3	0	1	1,8	2	2	2	0	2	1,6	1	2	1	0	3	1,4
S'escampa (Àcid)	2	2	2	1	1	1,6	1	2	2	2	2	1,8	3	2	2	3	3	2,6
Perdura (Àcid)	2	2	3	1	1	1,8	3	2	2	2	2	2,2	1	2	2	3	3	2,2
Força (Àcid)	2	2	3	2	1	2	3	2	2	2	2	2,2	1	2	2	2	3	2
Salat	0	3	3	1	3	2	0	2	2	3	2	1,8	0	1	2	2	1	1,2
Dolç	0	3	2	3	1	1,8	0	1	2	1	2	1,2	0	2	2	2	3	1,8
Amarg	2	1	2	0	2	1,4	3	2	3	0	2	2	1	2	2	0	2	1,4
Bevible	3	3	2	3	1	2,4	3	1	2	2	2	2	1	2	1	1	3	1,6
Passa la set	2	2	2	1	1	1,6	2	1	2	3	2	2	2	3	2	2	3	2,4
Complexitat subjectiva	2	2	2	3	3	2,4	2	3	2	1	2	2	3	1	2	2	1	1,8
Intenstitat	1	2	2	1	3	1,8	2	2	2	2	2	2	3	2	1	3	1	2
Equilibris	2	1	2	2	1	1,6	2	3	2	3	3	2,6	1	2	1	1	2	1,4

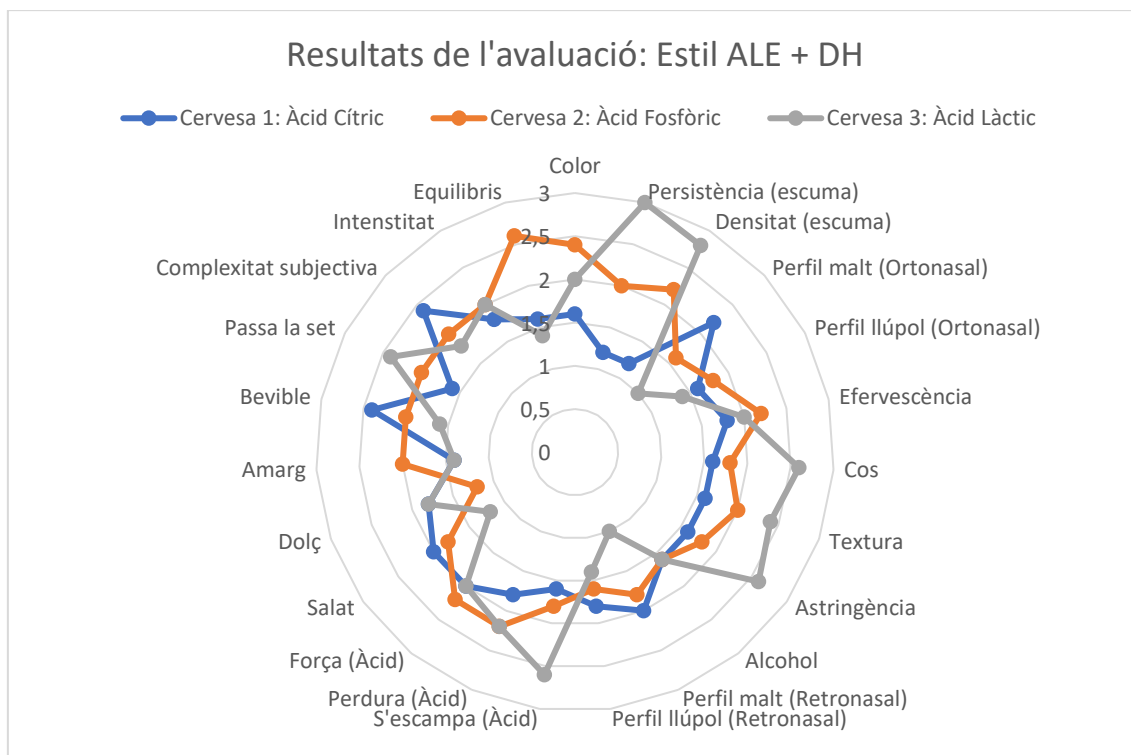
Taula 17: Resultats de l'avaluació 2 (cervesa ALE + DH).

Un cop tenim tabulada tota la informació podrem elaborar els gràfics per tenir els valors representats de forma visual.

Per aquesta representació visual hem escollit desenvolupar un gràfic radial, per cada avaluació, en el que hi trobarem les tres cerveses de cada estil comparades en cada factor estudiat.



Il·lustració 25: Gràfic Radial de l'avaluació 1 (cervesa LAGER).



Il·lustració 26: Gràfic Radial de l'avaluació 2 (cervesa ALE + DH).

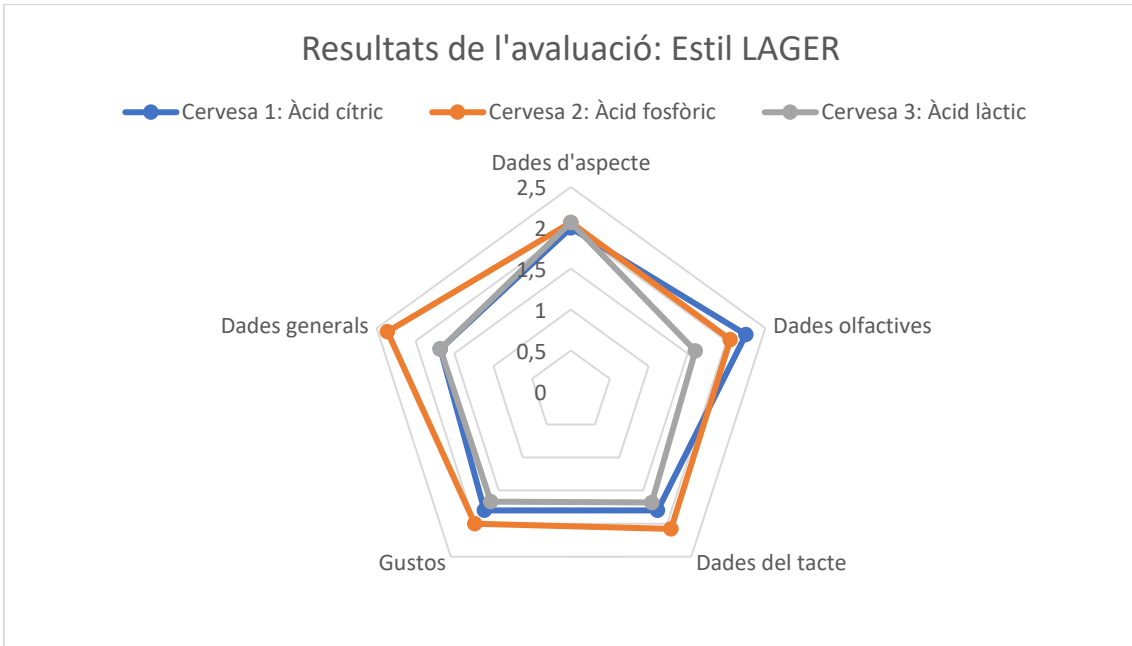
De les taules anteriors, també elaborarem unes taules on les categories quedaran agrupades en: **dades d'aspecte** (color, persistència i densitat de l'escuma), **dades olfactives** (perfil del malt i del llúpul ortonasal i retronasal), **dades del tacte** (efervescència, cos, textura, astringència, alcohol), **gustos** (gust àcid s'escampa, perdura i força, gust salat, gust dolç i gust amarg) i **dades generals** (bevable, passa la set, complexitat subjectiva, intensitat, equilibris), amb l'objectiu de poder crear una gràfica radial més simplificada per poder estudiar les cerveses de manera general. Per fer-ho farem la mitjana dels valors de cada categoria de dins de l'apartat en qüestió i seguidament elaborarem el gràfic radial dels valors obtinguts.

Cervesa LAGER	Cervesa 1: Àcid cítric	Cervesa 2: Àcid fosfòric	Cervesa 3: Àcid làctic
Dades d'aspecte	2	2,1	2,1
Dades olfactives	2,3	2,1	1,6
Dades del tacte	1,8	2,1	1,7
Gustos	1,8	2	1,7
Dades generals	1,7	2,4	1,7

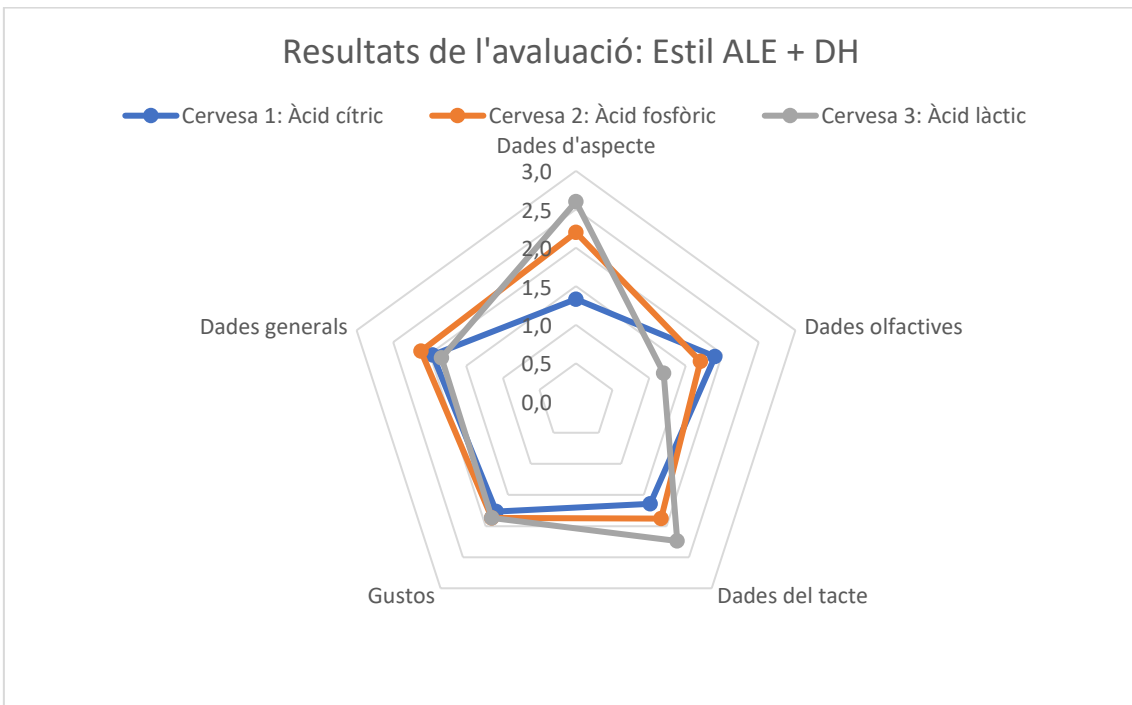
Taula 18: Taula resum de les categories estudiades en la cervesa LAGER.

Cervesa ALE+DH	Cervesa 1: Àcid cítric	Cervesa 2: Àcid fosfòric	Cervesa 3: Àcid làctic
Dades d'aspecte	1,3	2,2	2,6
Dades olfactives	1,9	1,7	1,2
Dades del tacte	1,6	1,9	2,2
Gustos	1,8	1,9	1,9
Dades generals	2,0	2,1	1,8

Taula 19: Taula resum de les categories estudiades en la cervesa ALE+DH.



Il·lustració 27: Gràfic radial de la mitjana de les categories agrupades de l'estil LAGER.



Il·lustració 28: Gràfic radial de la mitjana de les categories agrupades de l'estil ALE+DH.

A cada fitxa, també hi ha dos apartats on cada tastador ha pogut explicar els aromes del llúpul que ha identificat i comentar informació que ha considerat rellevant a mesura que feia el tast.

Tota aquesta informació l'hem representat a les taules següents.

Observacions anotades pels tastadors:

Avaluació 1: Cervesa LAGER	Observacions dels tastadors
Descripció perfil del llúpul	<ul style="list-style-type: none"> - Molt discret, res a descriure, amagat darrere del malt (altre cop: el malt domina massa). - (Cervesa) 1: No li trobo, inapreciable. - (Cervesa) 2: Herba, fresc. - (Cervesa) 3: Floral, herba. - (Cervesa) 1: Afruitat, pera. - (Cervesa) 2: Afruitat, cítric, llimona. - (Cervesa) 3: Herbal, Flor de saüc.
Opinió personal	<ul style="list-style-type: none"> - Crec que la tercera cervesa esta feta malbé. No és en absolut la mateixa cervesa. Especialment aromàticament, no té res a veure. - (Cervesa) 1: No m'ha agradat l'he trobat rara i amb res definit. - (Cervesa) 2: La que més m'ha agradat, més equilibrada. - (Cervesa) 3: Un altre espècimen raro, però fa bona olor. - Per mi les 3 són tant similars. Jo no sé trobar diferències importants. Sobretot en les dues primeres. - Notes oxidatives i DMS en les 3 cerveses. Compraria la 2. Més equilibrada, fa passar la set i no és agressiva en boca.

Taula 20: Comentaris dels tastadors a la fitxa d'avaluació 1 (cervesa LAGER).

Avaluació 2: Cervesa ALE +DH	Observacions dels tastadors
Descripció perfil del llúpul	<ul style="list-style-type: none"> - (Cervesa) 1: Afruitat. - (Cervesa) 2: Pla. - (Cervesa) 3: Herbal, flor de saüc.
Opinió personal	<ul style="list-style-type: none"> - L'aspecte sensorial de la (cervesa) 2 és molt millor - La 3 té el mateix defecte que en la (cervesa) LAGER (olor de pèsol i de col). Crec que això és molt important. - (Cervesa) 1: Passable. - (Cervesa) 2: Molt amarga imbevable. - (Cervesa) 3: Al punt d'amarga. - La (cervesa) 3 la trobo pel meu gust poc agradable. - Notes oxidatives en la (cervesa) 2. Astringència en la (cervesa) 3. Cos molt lleuger en la (cervesa) 1.

Taula 21: Comentaris dels tastadors a la fitxa d'avaluació 2 (cervesa ALE + DH).

DISCUSSIÓ

ANÀLISI DELS RESULTATS

CARACTERITZACIÓ FÍSICOQUÍMICA

La presa de mesures durant l'elaboració de les cerveses ens permet veure'n l'evolució en cadascuna de les proves realitzades.

Hem separat els estils LAGER i ALE+DH en dos gràfics diferents, en què l'únic valor que canvia és el valor Post-fermentació, ja que va ser l'únic procés que els diferenciava.

Es va fer que totes les cerveses comencessin amb un pH semblant, al voltant del 4,94. Com es pot observar les cerveses es troben al voltant d'aquest pH a l'inici de la maceració, que va ser el moment en què hi vam afegir els àcids.

En el segon punt que mostren les gràfiques d'evolució de pH d'ambdós estils mostra una pujada, en què les cerveses arriben a valors de pH entre 5,15 i 5,03. Aquesta pujada es dona a causa del procés de *sparging* en què s'addiciona aigua osmotitzada, que està a un pH de 6,31, fent pujar el pH general del most.

A causa de l'evaporació de l'aigua, després de la cocció trobem que els valors de pH d'ambdós estils baixen. Aquests valors baixaran més després de la fermentació. La baixada del pH de la cervesa està lligada a l'acció del llevat. Entre els subproductes, resultants de la fermentació, s'hi troben diversos àcids, com poden ser l'àcid acètic i l'àcid butíric, que són àcids volàtils, i l'àcid làctic i l'àcid succínic, que són àcids no volàtils. Aquests àcids seran els que causen la baixada de pH a la cervesa final (Micet, 2021).

Podem dir que l'evolució de pH que mostren les cerveses elaborades per aquest treball no mostren diferències significatives amb l'addició de diferents àcids.

Pel que fa a l'acidesa total, la corba que s'observa és convexa. Els valors d'aquesta a l'inici de la maceració, en ambdós estils, són entre 1,13 i 1,32 g/L H_2SO_4 . El valor més baix és el que correspon a la mestura amb àcid fosfòric, ja que aquest àcid és un àcid inorgànic, i la mesura de l'acidesa determina la concentració dels àcids orgànics. Després de la maceració s'observa una baixada d'aquests valors que es manté més o menys estable fins després de la cocció. Això és causa de l'addició d'aigua durant el procés de *sparging*, en què l'aigua que s'addiciona no té àcid i, per tant, s'aconsegueix un most més diluït al de la maceració. Els valors d'acidesa total del most amb àcid cítric són més alts que els altres.

En últim lloc, quan la cervesa ha acabat de fermentar podem veure una pujada dels valors, això és per la creació de subproductes com l'àcid làctic, l'àcid acètic, l'àcid succínic, que com hem dit abans, es creen durant la fermentació, i també són els responsables de la baixada del pH.

La funció primària de la mesura de la densitat és poder-nos fer una idea de la quantitat de sucres de cadena llarga que s'han transformat a sucres fermentables, en el cas de la densitat inicial, i la quantitat de sucres que s'han transformat a alcohol, en el cas de la densitat final. La diferència entre ambdues multiplicades pel factor 131 ens donarà el volum d'alcohol aconseguit en el producte final.

En el cas de les cerveses elaborades per aquest treball el contingut alcohòlic és molt baix, lluny del que es considera normal que és entre 4 i 6 graus. La densitat inicial de les cerveses ens pot indicar que l'extracció de sucres durant la maceració és baixa, ja que els valors s'haurien de trobar entre 1,035 i 1,060 g/L, que són els valors considerats normals (Maltosaa, 2019). Això

pot ser causa d'un pH massa baix durant la maceració. El pH s'hauria de trobar entre 5,2 i 5,6, en el nostre cas, però, el pH era de 4,94 aproximadament fet que podria haver provocat un mal funcionament dels enzims encarregats d'hidrolitzar les cadenes de sucres.

Pel que fa al contingut d'alcohol aconseguit a cada cervesa, es pot observar que a les cerveses LAGER elaborades amb àcid cítric i àcid làctic el contingut d'alcohol és menor a dels mateixos àcids però a l'estil ALE+DH. En canvi la cervesa elaborada amb àcid fosfòric manté els valors en ambdós estils.

AVALUACIÓ SENSORIAL

Per analitzar els resultats obtinguts en l'avaluació sensorial farem una anàlisi dels gràfics obtinguts, tant els que descriuen cada categoria, com els que ens ensenyen una visió agrupada de cada aspecte analitzat de la cervesa. Finalment, compararem els estils per tal d'establir les diferències que presenten entre ells.

Els resultats obtinguts a les diferents categories ens representaran diferents coses. No busquem valors alts en totes les categories, n'hi ha que buscarem que tinguin valors moderats. Per exemple una astringència massa alta pot ser un factor que els consumidors determinin com a negatiu. També es pot considerar negatius valors alts del gust salat, ja que la cervesa no hauria de ser-ho i en altres situacions, en què es fes ús de sodi, representaria un excés en l'addició d'aquesta sal. Tampoc s'espera un gust dolç, perquè la fermentació hauria de consumir els sucres fermentables del most reduint la dolçor. Una dolçor alta podria indicar que la fermentació no s'ha dut a terme correctament.

En canvi, hi ha categories que s'espera que siguin altes. Aquest és el cas de les categories lligades a l'opinió subjectiva del tastador: bebibilitat, passa la set, complexitat subjectiva, intensitat i equilibris. Un valor alt en aquestes representa la disposició del consumidor a comprar el producte, com més alt el valor en aquestes, més disposat estaria el consumidor a comprar el producte. També es busca un valor elevat en categories com el perfil del malt i del llúpul, ja que són aromes que determinen el caràcter de la cervesa i, en aquesta experimentació, ens podrà indicar que l'àcid en qüestió podria ser interessant a estudiar amb més profunditat.

Estil LAGER

L'anàlisi de l'aspecte de la cervesa estudia el color i, la persistència i densitat de l'escuma. En els resultats obtinguts de l'avaluació sensorial, no s'observen diferències de color en les cerveses elaborades amb àcid fosfòric i àcid làctic, però si s'observa una disminució de la intensitat de color en la cervesa elaborada amb àcid cítric.

Pel que fa a la persistència de l'escuma no trobem gran variació entre els resultats de les tres cerveses. La cervesa amb escuma més persistent, elaborada amb àcid cítric, i la cervesa amb escuma menys persistent elaborada amb àcid fosfòric, només tenen una diferència de 0,4 punts entre elles. Amb la densitat de l'escuma veiem un efecte semblant, en què els valors obtinguts envers aquest factor no són significativament diferents.

La mitjana general de cada cervesa de les categories que defineixen les dades d'aspecte, no mostren una gran variació en aquest àmbit, obtenim valors de 2 per la cervesa amb àcid cítric i 2,1 per les cerveses amb àcid làctic i àcid fosfòric.

En nas s'estudien el perfil del malt i del llúpul que s'expressen en olorar la cervesa. Als resultats obtinguts s'observa que la cervesa elaborada amb àcid làctic disminueix la percepció d'aquests

en comparació a les cerveses elaborades amb àcid cítric i àcid fosfòric, que presenten valors semblants.

El perfil del malt i del llúpul també s'estudien quan bevem la cervesa, d'aquesta manera som capaços de confirmar els aromes prèviament olorats amb l'aroma retronasal. En comparació amb els valors analitzats anteriorment, provinents de l'olfacte, trobem diverses diferències. Pel que fa al perfil del malt, trobem que a les cerveses elaborades amb àcid cítric i àcid làctic es mantenen els valors (2,2 i 1,8 respectivament) i la cervesa elaborada amb àcid fosfòric redueix la seva intensitat fins a 1,8, coincidint amb l'àcid làctic. En canvi, el perfil del llúpul en la cervesa elaborada amb àcid fosfòric es pronuncia en comparació a la del malt amb un valor de 2 punts, mentre que el valor de la cervesa d'àcid làctic baixa la intensitat fins a un valor d'1,4, i la cervesa amb àcid cítric es manté igual al valor del perfil del malt.

Al gràfic en què es comparen les mitjanes de cada categoria, veiem que la cervesa en què es pronuncia més la percepció dels perfils de malt i llúpul és la cervesa amb àcid cítric (2,3), seguida de què té àcid fosfòric (2,1) i, finalment, la que conté àcid làctic (1,6) que obté una puntuació significativament menor a la de les altres.

El tacte o còrpora de la cervesa és representat pels factors d'efervescència, cos, textura, astringència i percepció d'alcohol.

La construcció de l'efervescència presentada per la cervesa elaborada amb àcid fosfòric és més intensa que la de les cerveses elaborades amb àcid làctic i cítric, que són significativament menors. Observem el mateix fenomen quan es parla del cos de la cervesa. La cervesa elaborada amb àcid fosfòric té més cos que les altres dues.

Pel que fa a la textura de la cervesa, trobem valors semblants entre la cervesa amb àcid fosfòric (2,2) i la cervesa amb àcid cítric (2), en canvi, trobem un valor més baix en aquest factor a la cervesa elaborada amb àcid làctic (1,6). Igual que amb la textura, els valors d'astringència de les cerveses amb àcid cítric (2,2) i àcid fosfòric (2) són semblants, mentre que la cervesa amb àcid làctic és significativament menor (1,6).

Finalment, la percepció de l'alcohol en les tres cerveses és baixa, els valors són d'1,8, per l'àcid fosfòric, 1,6 per l'àcid làctic i 1,4 per l'àcid cítric. Això es deu al baix contingut d'alcohol aconseguit a la cervesa final, on les cerveses amb àcid làctic i amb àcid cítric tenien un volum d'alcohol més baix al de la cervesa amb àcid fosfòric.

Les dades del tacte del gràfic que estudia la mitjana de totes les categories en destaca l'àcid fosfòric, seguit de l'àcid cítric i de l'àcid làctic.

L'estudi del gust àcid es divideix en tres parts per tal de poder entendre com els àcids es reflecteixen a la cervesa. Primer es mira si l'àcid s'escampa per la boca. En aquest cas tenim que l'àcid fosfòric i l'àcid cítric obtenen el mateix valor de 2,2, mentre que l'àcid làctic té un valor molt menor d'1,2. El següent factor a estudiar és el temps que perdura el gust àcid en boca. En aquest cas veiem que el que perdura més és l'àcid fosfòric, amb un valor de 2,2, i l'àcid cítric i l'àcid làctic coincideixen en el valor 1,8. Finalment, la força amb què s'expressa l'àcid de la cervesa. Veiem com la cervesa amb àcid fosfòric manté el valor de 2,2 i les cerveses d'àcid cítric i àcid làctic també el mantenen a 1,8.

La determinació dels altres gustos que es poden trobar a la cervesa inclou el gust salat, el dolç i l'amarg. En aquests trobem que les cerveses tenen valors de gustos salat i dolç molt baixos sent poc perceptibles en les cerveses en general. Pel que fa al gust amarg, veiem que la cervesa

elaborada amb àcid fosfòric presenta un valor més pronunciat que als gustos anteriors, amb un valor de 2,2 en comparació al valor anterior d'1,6 pel gust dolç i el gust salat. Les cerveses amb àcid làctic i àcid cítric també augmenten, de l'1,6 (gust dolç) a l'1,8 (gust amarg), coincidint en ambdós factors.

Pel que fa a l'agrupació d'aquestes categories, com en la categoria anterior, la cervesa elaborada amb àcid fosfòric és la que té la valoració més alta, seguida de la cervesa amb àcid cítric i la cervesa amb àcid làctic.

Finalment, trobem una sèrie de factors lligats a l'opinió subjectiva de cada tastador, entre ells s'estudia la bebibilitat, la percepció de passar la set, la complexitat subjectiva, la intensitat i els equilibris. En elles la cervesa elaborada amb àcid fosfòric té més puntuació que les altres en quatre dels cinc factors estudiats, essent el quinqué, la complexitat subjectiva en què totes les cerveses tenen valors semblants entre el 2 i l'1,8. Pel que fa a la cervesa elaborada amb àcid làctic, l'opinió dels tastadors és que és la menys bebibible, amb una puntuació d'1,4. Al factor passa la set, té un valor igual al de la cervesa elaborada amb àcid cítric, amb un 1,6; a la complexitat subjectiva obté el mateix valor que la cervesa elaborada amb àcid fosfòric, amb un 2; a la intensitat queda per sota de la cervesa amb àcid fosfòric, amb un 1,8, que coincidirà amb el valor de l'àcid cítric; i presentarà un valor d'equilibris d'1,6, superior a l'1,4 de l'àcid cítric, però inferior al 2,6 de l'àcid fosfòric. La cervesa elaborada amb àcid cítric presenta una bebibilitat superior a la de l'àcid làctic, però inferior a la de l'àcid fosfòric, amb un 1,8; a la complexitat subjectiva quedarà per sota de les altres cerveses amb un 1,8; i el valor 1,4 en l'últim factor ens indicarà que no és una cervesa ben equilibrada des del punt de vista dels tastadors.

Les dades generals que agrupen aquestes categories defineixen la cervesa amb àcid fosfòric amb un valor de 2,4, superior al de les altres cerveses estudiades que és d'1,7 per les dues.

En general, la cervesa LAGER elaborada amb àcid fosfòric presenta més estabilitat a les categories estudiades.

Estil ALE+DH

A l'aspecte en relació amb el color de les cerveses estudiades veiem que la cervesa elaborada amb àcid fosfòric presenta un color més intens (2,4) que les cerveses elaborades amb àcid làctic (2) i àcid cítric (1,6). En canvi, quan parlem de la persistència de l'escuma el valor de la cervesa elaborada amb àcid làctic es dispara arribant al valor 3, mentre que les altres obtenen valors de 2, per la cervesa amb àcid fosfòric, i 1,2, per la cervesa amb àcid cítric. Pel que fa a la densitat de l'escuma els valors observats són molt semblants als de l'apartat anterior mantenint una gran distància entre els valors de les cerveses.

Al gràfic que estudia les dades de manera conjunta, la cervesa amb àcid làctic aconsegueix el valor més alt (2,6) i la cervesa amb àcid cítric té el valor més baix (1,3).

Al perfil del malt a nivell olfactiv la cervesa amb àcid cítric destaca, obtenint un valor de 2,2, seguida de la cervesa amb àcid fosfòric, que obté un valor d'1,6, i finalment la cervesa amb àcid làctic que obté un valor molt baix en aquesta categoria (1). Pel que fa al perfil del llúpul els valors entre cerveses són molt semblants, essent l'àcid fosfòric el que aconsegueix una valoració més alta(1,8), seguit de l'àcid cítric (1,6) i finalment, l'àcid làctic (1,4).

L'aroma retronasal del malt i del llúpul segueix un patró semblant al perfil orthonasal, sent la cervesa elaborada amb àcid làctic la que obté valors més baixos, d'1 en el perfil del malt i 1,4

en el perfil del llúpul. Pel que fa a les altres cerveses, l'elaborada amb àcid cítric continua tenint una valoració més alta en el perfil del malt, amb un valor de 2, seguida de l'elaborada amb àcid fosfòric amb un valor d'1,8, i un valor en el perfil del llúpul d'1,8, seguida de l'elaborada amb àcid fosfòric amb un valor d'1,6.

Les dades estudiades conjuntament segueixen el mateix patró, on la cervesa amb àcid cítric té la valoració més alta (1,9), seguida de la cervesa amb àcid fosfòric (1,7). La cervesa amb àcid làctic obté una valoració molt baixa en aquesta categoria (1,2).

Entre els factors que determinen el tacte de la cervesa en boca, trobem que els valors d'efervescència entre les cerveses no presenta grans diferències. En el cos, la textura i l'astringència, en canvi, la cervesa elaborada amb àcid làctic ha obtingut puntuacions altes, entre 2,4 i 2,6, mentre que la cervesa elaborada amb àcid fosfòric s'ha mantingut entre l'1,8 i el 2, i la cervesa elaborada amb àcid cítric ha obtingut un valor d'1,6 en les tres categories.

Pel que fa a la percepció d'alcohol les tres cerveses coincideixen amb un valor d'1,6. Un altre cop, les cerveses tenen un volum d'alcohol baix que el fa pràcticament imperceptible pels tastadors.

La cervesa elaborada amb àcid làctic destaca en les dades de tacte agrupades, seguida de la cervesa amb àcid fosfòric i la cervesa amb àcid cítric.

Les valoracions obtingudes en l'avaluació de l'expressió del gust àcid destaca el valor obtingut a la cervesa elaborada amb àcid làctic en la categoria "s'escampa", amb un valor de 2,6, seguida de la cervesa elaborada amb àcid fosfòric, que té un valor d'1,8, i la cervesa elaborada amb àcid cítric amb un valor d'1,6. Pel que fa al temps que dura el gust àcid en boca, la cervesa elaborada amb àcid làctic i la cervesa elaborada amb àcid fosfòric coincideixen amb un valor de 2,2, mentre que la cervesa elaborada amb àcid cítric té un valor d'1,8. Per acabar, la força amb què s'expressa el gust àcid en boca obté valors semblants en totes les cerveses, sobresortint amb 0,2 punts la cervesa elaborada amb àcid fosfòric.

Pel que fa al gust salat trobem resultats bastant diferents dels obtinguts a la cervesa LAGER, amb valors més alts a les cerveses amb àcid cítric i fosfòric que tenen valors de 2 i 1,8, respectivament, i un valor d'1,2 per la cervesa amb àcid làctic. Al gust dolç, els valors augmenten per les cerveses elaborades amb àcid cítric i àcid làctic, que coincideixen amb un valor d'1,8, i la cervesa amb àcid fosfòric té un valor baix d'1,2.

El gust amarg s'expressa diferent de l'apartat anterior, essent l'àcid fosfòric el que sobresurt, amb un valor de 2, i les cerveses amb àcid cítric i àcid làctic coincidint, un altre cop, amb un valor d'1,4.

Els valors mitjans de la categoria "Gustos" no mostren gran diferència entre les cerveses estudiades.

Pel que fa als factors lligats a l'opinió del tastador, trobem una imatge molt diferent de la de l'anterior estil. En termes de bevibilitat, la cervesa elaborada amb àcid cítric és la millor valorada, amb un 2,4, seguida de l'elaborada amb àcid fosfòric (2) i l'elaborada amb àcid làctic (1,6). A la categoria "passa la set" observem que és la cervesa elaborada amb àcid làctic la que té la millor valoració (2,4), seguida de la d'àcid fosfòric (2) i la d'àcid cítric (1,6).

Els tastadors han determinat que la cervesa que presenta més complexitat en aquesta avaluació és la cervesa elaborada amb àcid cítric (2,4), seguida de l'elaborada amb àcid fosfòric

(2) i l'elaborada amb àcid làctic (1,8). Pel que fa a la intensitat consideren que totes les cerveses tenen intensitats similars. Finalment, determinen que la cervesa que està més equilibrada és la cervesa elaborada amb àcid fosfòric (2,6), seguida de la cervesa elaborada amb àcid cítric (1,6) i la cervesa elaborada amb àcid làctic (1,4).

Quan es valora la mitjana d'aquestes categories, però, veiem que la cervesa amb àcid fosfòric és la que obté una valoració més alta.

Els resultats obtinguts no destaquen cap cervesa en específic, ja que els valors entre totes elles estan bastant equilibrats.

Cal destacar que la cervesa que els tastadors han determinat com la més bevable és la cervesa elaborada amb àcid cítric, que també és la que han considerat més complexa, però han determinat que la més equilibrada és la cervesa elaborada amb àcid fosfòric, que es manté amb un valor de 2 a totes les categories lligades a la preferència dels tastadors.

Comparació entre estils

És interessant observar la variació de la percepció de la cervesa quan es canvia l'estil. En aquesta experimentació es pot observar que per cada estil els tastadors han preferit cerveses elaborades amb àcids diferents. A l'estil LAGER els tastadors van determinar que la cervesa elaborada amb àcid fosfòric era la preferida, mentre que a l'estil ALE+DH la cervesa elaborada amb àcid cítric era la que presentava més bebibilitat i complexitat, tot i que la cervesa amb àcid fosfòric continuava sent la que es considerava més equilibrada.

Pel que fa als altres factors, la cervesa elaborada amb àcid fosfòric, en el cas de l'estil LAGER, presenta molta estabilitat en els valors, essent valors moderats en els factors positius, però més baixos en categories com astringència, gust salat i gust dolç. Tot i això, la categoria de perfil del malt retronasal és notablement baixa.

La mateixa cervesa a l'estil ALE+DH, presenta resultats més inestables en les categories que determinen l'aspecte, l'aroma i les sensacions en boca de la cervesa, tenint valors baixos en categories com el perfil del malt i del llúpul, tant en orthonasal com en retronasal, i en el cos de la cervesa. Trobem un valor alt en el gust salat, però aquest valor no destaca en comparació amb les altres cerveses.

Els comentaris dels tastadors envers la cervesa elaborada amb àcid fosfòric (cervesa 2), són majoritàriament positius en ambdós estils establint-la com la cervesa que molts d'ells comprarien. Només existeix un comentari que d'un tastador que la determina com a imbevable, i comentaris de notes oxidatives i DMS que estan presents a totes les cerveses.

La cervesa LAGER elaborada amb àcid cítric destaca pel valor baix en l'efervescència, que pot estar lligat la carbonatació forçada. Les cerveses LAGER presentaven *gushing* (fenomen que es dona quan, en obrir l'ampolla de cervesa, aquesta comença a borbollejar expulsant espuma i cervesa (Valdez, 2020) que pot haver provocat una baixada de la carbonatació de la cervesa. També presenta un valor baix en la percepció de l'alcohol i a la categoria d'equilibris. Als valors que determinen la disposició del consumidor a comprar el producte no obté uns resultats destacables, són moderadament baixos.

Pel que fa a l'estil ALE+DH, s'ha de destacar els valors baixos en les qualitats de l'escuma, però el perfil del malt es veu afavorit tant en orthonasal com en retronasal. Els valors de les altres categories, en general, no es diferencien gaire amb els de la cervesa amb àcid fosfòric, a

excepció del gust dolç. En aquest estil determinen que la cervesa amb àcid cítric és la més bevable i la més complexa, però no la troben gaire equilibrada.

Els comentaris que ha rebut la cervesa 1 presenta diferències entre estils. En el primer (LAGER), un tastador la descriu com a estranya, mentre que en el segon estil (ALE+DH) la cervesa es descriu com a passable.

Finalment, la cervesa elaborada amb àcid làctic. Es va trobar que en ambdós estils aquesta presentava un defecte que li aportava aromes a pèsol, col, herba i flor de saüc. Cap dels tastadors ho va determinar com a positiu, inclús va ser descrita com a poc agradable per un d'ells. No podem saber si el defecte que presenta la cervesa és causat per l'addició d'àcid làctic, només podem determinar que a causa d'aquest defecte no podem valorar l'adequació d'aquest àcid per l'elaboració de cervesa.

Pel que fa a l'estudi agrupat de les categories estudiades, podem veure com la cervesa amb àcid fosfòric presenta valoracions més positives a la majoria de les categories en ambdós estils de cervesa. Seguint-la, la cervesa amb àcid cítric presenta valoracions a nivell visual i de tacte en el cas de l'estil ALE+DH, però és la que obté millors valoracions a nivell aromàtic en ambdós estils.

La cervesa amb àcid làctic no es pot valorar per culpa del defecte que presentava quan es va realitzar el tast.

PROPOSTA DE MILLORES DEL DISSENY EXPERIMENTAL

En el desenvolupament de la part experimental d'aquest treball hi ha diversos factors, que un cop acabada l'experimentació, s'ha vist que hagués sigut interessant haver fet de manera diferent.

Des del punt de vista de l'elaboració de cervesa, la manera de carbonatar les cerveses pot afectar a com es percep a nivell sensorial, per tant, seria interessant que, en futures avaluacions que segueixin aquest protocol, es fes servir un tipus de carbonatació, refermentació o carbonatació forçada, igual en els dos estils. Personalment, recomano la carbonatació a partir de la refermentació si es fabriquen quantitats de cervesa baixes (15 L), ja que en aquesta experimentació la carbonatació forçada va causar el fenomen *gushing* o gueiserització, que també va dificultar-ne l'envasament.

A les mesures preses per caracteritzar la cervesa, trobo que seria interessant mesurar l'alcalinitat total durant l'elaboració, sobretot si la cervesa s'elabora amb aigua de xarxa o aigua embotellada, d'aquesta manera se'n podria observar la disminució, gràcies a l'addició d'àcid, i poder fer-nos una idea de la capacitat de cadascun dels àcids estudiats, de baixar-la. En el nostre cas, la cervesa es va elaborar amb aigua osmotitzada que tenia una alcalinitat baixa.

Pel que fa a l'anàlisi descriptiva de les cerveses, els tastadors van comentar que la fitxa d'avaluació, tot i ser molt completa, també era massa específica i moltes de les categories eren difícils de valorar. Van comentar que s'hauria de reduir els factors a estudiar.

També van comentar que l'anàlisi comparativa hagués estat millor fer-lo comparant només dues cerveses, ja que amb tres era molt complicat d'ordenar.

Finalment, el tast d'aquest treball l'han fet un total de 5 tastadors. Trobo que seria interessant que aquest l'haguessin fet un total de mínim 10 tastadors per poder tenir valors més contrastats.

APLICABILITAT

L'aplicació d'aquest treball és establir quin dels àcids usats normalment en la indústria alimentària, és el més adequat per dur a terme l'elaboració de cervesa.

Es busca l'àcid que tingui un efecte sensorial menor en el resultat final, és a dir, l'àcid que no modifiqui les característiques sensorials de la cervesa sinó que desenvolupi només la funció de reducció del pH i de l'alcalinitat de l'aigua.

En aquest cas, s'han estudiat tres àcids que estan lligats a l'elaboració, sigui pel seu ús històric o per la facilitat dels cervesers per accedir-ne.

Busquem ajudar a determinar si els àcids estudiats són igual d'aptes per l'elaboració, o un d'ells presenta unes millors característiques en el producte final, per establir el millor àcid per l'elaboració de cervesa.

L'objectiu d'aquesta experimentació és poder aplicar els resultats obtinguts en aquesta experimentació a la fabricació de cervesa.

CONCLUSIONS

Després de la realització de la part experimental d'aquest treball s'ha trobat que l'evolució de pH de les cerveses d'ambdós estils LAGER i ALE+DH no mostren diferències significatives envers a l'addició de diferents àcids.

Pel que fa a l'evolució de l'acidesa total, els estils elaborats segueixen el mateix patró i els valors obtinguts per les cerveses elaborades amb àcid fosfòric, àcid cítric i àcid làctic no mostren diferències destacables en cap d'ells.

La densitat final de les cerveses estil LAGER elaborades amb àcid cítric i àcid làctic mostren valors alts, i un volum d'alcohol baix en comparació a la cervesa elaborada amb àcid fosfòric que té un volum d'alcohol més elevat.

A l'anàlisi descriptiva, les cerveses que han presentat característiques sensorials valorades més positivament han sigut les que es van elaborar amb àcid fosfòric.

L'àcid cítric s'ha mostrat com a una alternativa possible a l'ús d'àcid fosfòric per reduir l'alcalinitat i el pH de l'aigua d'elaboració, tot i que les valoracions de l'anàlisi descriptiva d'aquestes cerveses no han estat tan positives a les de l'altre àcid estudiat.

Malauradament, no es pot determinar l'adequació de l'àcid làctic per l'elaboració de cervesa, ja que els productes han mostrat un defecte sensorial causat per algun problema que s'ha pogut donar durant el procés d'elaboració del most, i per tant, l'avaluació sensorial no aporta resultats conclouents.

Per concloure, es podria confirmar que l'ús d'àcid fosfòric per reduir el pH i alcalinitat de l'aigua d'elaboració seria el més adequat, ja que sensorialment és el que ha mostrat millors característiques. Els tastadors han determinat que les cerveses elaborades amb àcid fosfòric eren les més equilibrades, i també han comentat que la cervesa LAGER elaborada amb àcid fosfòric seria la que comprarien.

BIBLIOGRAFIA

- Aceite de fusel (s.d.) A *Wikipedia*. Recuperat el 10 de març de 2023 de https://es.wikipedia.org/wiki/Aceite_de_fusel
- Apatita (s.d.) A *Wikipedia*. Recuperat el 2 de maig de 2023 de <https://es.wikipedia.org/wiki/Apatita>
- Barrachina, A. (2023). *L'anàlisi descriptiva de la cervesa*. [PDF]
- Cerveza (s.d.). A *Wikipedia*. Recuperat el 16 de febrer de 2023 de <https://es.wikipedia.org/wiki/Cerveza>
- Cervecistas. (2021, juliol 31). *El legado de la ley de pureza alemana*. <https://www.loscervecistas.es/cultura-cervecista/legado-la-ley-pureza-alemana/>
- Cervesa en català. (2009, octubre 16). *Història: Egipte*. https://cervesaencatala.blogspot.com/2009/10/cervesaencatala-la-pagina-mes-cervesera_8812.html
- Cervesa en català. (2009, octubre 16). *Elaboració: el Llúpol*. <https://cervesaencatala.blogspot.com/2009/10/elaboracio-el-llupol.html>
- Cervesa en català. (2009, novembre 17). *Els noms de la cervesa*. <https://cervesaencatala.blogspot.com/2009/11/els-noms-de-la-cervesa.html>
- Cervesa en català (2014, setembre 6). *Elaboració – Defectes i descriptors -20- Acidesa*. <https://cervesaencatala.blogspot.com/2014/09/elaboracio-defectes-i-descriptors-20.html>
- Cervesa en català. (2014, novembre 17). *Elaboració: Formulació d'una recepta*. <https://cervesaencatala.blogspot.com/2014/11/elaboracio-formulacio-duna-recepta.html>
- Cerveza artesana (2013, setembre 6). *Brett: un nuevo estilo de Cerveza*. <https://cervezartesana.es/blog/post/brett-un-nuevo-estilo-de-cerveza.html>
- Cerveza artesana. (2015, gener 21). *Whirpool: la técnica que marca la diferencia en la elaboracion de Cerveza*. <https://cervezartesana.es/blog/post/whirpool-la-tecnica-que-marca-la-diferencia-en-la-elaboracion-de-cerveza.html>
- Cibart (2013, març 19). *Cerveza Ale o Lager ¿Cuál es la diferencia?* <https://cibart.com.ar/novedades/cerveza-ale-o-lager-cual-es-la-diferencia/>
- Deinzer, M. L. (s.d.). Chemistry of Hop Polyphenols. *Hop Research Council*. <https://www.hopresearchcouncil.org/page/Chemistry-of-Hop-Polyphenols>
- Desprotonació (s.d.) A *Wikipedia*. Recuperat el 2 de maig de 2023 de <https://ca.wikipedia.org/wiki/Desprotonaci%C3%B3>
- Hahn, C., Lafontaine, S., Shellhammer, T. (2016). *A holistic examination of beer bitternes*. <https://www.mbaa.com/meetings/archive/2016/Proceedings/Pages/065.aspx>
- Helmenstine, A. M. (s.d). Definició d'àcid monopròtic. *EFerrit*. <https://ca.eferrit.com/definicio-dacid-monoprotic/>

- Humulus Lupulus (s.d.) A *Wikipedia*. Recuperat el 5 de març de 2023 de https://es.wikipedia.org/wiki/Humulus_lupulus
- Isomerització (s.d.) A *Wikipedia*. Recuperat el 5 de març de 2023 de <https://ca.wikipedia.org/wiki/Isomeritzaci%C3%B3>
- Kraus-Weyermann, T. (s.d.) The Oxford Companion to Beer definition of acidulated malt. *Beer&Brewing*. <https://beerandbrewing.com/dictionary/A01b9mKR1M/>
- Maltatge (s.d.) A *Wikipedia*. Recuperat l'1 de març de 2023 de <https://ca.wikipedia.org/wiki/Maltatge>
- Maltosaa (2019, novembre 20). *Cómo usar un densímetro para elaboración de Cerveza*. <https://maltosaa.com.mx/densimetro-para-elaboracion-de-cerveza/>
- Menjar sa a prop meu. (2022, febrer 3). *Com triar la malta de cervesa adequada*. <https://ca.healthy-food-near-me.com/how-to-choose-the-right-beer-malt/>
- Micet (2021, setembre 28). *Àcido en la Cerveza*. <https://www.micetcraft.com/es/acido-en-cerveza/>
- Ministerio de Cultura Argentina. (2019, juliol 22). *Historia de la cerveza*. https://www.cultura.gob.ar/cronologia-de-la-cerveza_7973/
- Moritz (s.d.) *Llevat, l'ingredient viu de la cervesa*. <https://moritz.com/ca/llevat>
- Mortiz. (2022). *Presentació tècnica*. Moritz University.
- Murphy&Son. (2020). *Technical information sheet: sulphuric acid 25%*. [PDF]. <https://www.murphyandson.co.uk/wp-content/uploads/2020/07/Sulphuric-Acid-Rev-3.pdf>
- Murphy&Son. (2021). *Technical information sheet: hydrochloric acid 30%*. [PDF]. <https://www.murphyandson.co.uk/wp-content/uploads/2021/02/Hydrochloric-Acid-30-Rev1-1.pdf>
- Murphy&Son. (2023). *Technical information sheet: phosphoric acid 75%*. [PDF]. <https://www.murphyandson.co.uk/wp-content/uploads/2018/09/Phosphoric-Acid-75-Rev-5.pdf>
- Palmer, J. (2016, gener 29). *Brewing Water. Water adjustment can make the difference between a good Beer and a great Beer if it is done right*. *Beer&Brewing*. <https://beerandbrewing.com/brewing-water/>
- Palmer, J. J. (2017). *How to brew: Everything You Need to Know to Brew Great Beer Every Time*. Brewers Publications.
- Palmer, J. J. i Kaminski, C. (2013). *Water: A Comprehensive Guide for Brewing*. Brewers Publications.
- Parker Mexico Team. (2018, maig 21). *Control Bacterial, ¿Qué está estropeando mi Cerveza?* *Parker*. <https://blog.parker.com/site/MX/details-home-page/control-bacterial-%C2%BFqu%C3%A9-est%C3%A1-estropeando-mi-cerveza-mx>

Red Nacional de Protección de Alimentos (s.d.) #Más Capacitación: Cerveza. Maduración.
<https://mascapacitacionencerveza.wordpress.com/maduracion/>

Saccharomyces cerevisiae (s.d.) A *Wikipedia*. Recuperat el 7 de març de 2023 de
https://ca.wikipedia.org/wiki/Saccharomyces_cerevisiae

Smith , B. (2022, desembre 1). Calcium and Beer Structure in Beer Brewing. *BeerSmith Home Brewing Blog*. <https://beersmith.com/blog/2022/12/01/calcium-and-beer-structure-in-beer-brewing/>

Smith, B. (2021, agost 6). The Big Six Water Ions and Water Chemistry in Beer Brewing. *BeerSmith Home Brewing Blog*. <https://beersmith.com/blog/2021/08/06/the-big-six-water-ions-and-water-chemistry-in-beer-brewing/>

Tampón químico (s.d.) A *Wikipedia*. Recuperat el 7 d'abril del 2023 de
https://es.wikipedia.org/wiki/Tamp%C3%B3n_qu%C3%ADmico

Tribu Cervecera (2019, gener 26) *Masterclass sobre Maceración en la Elaboración de Cerveza*. [Video]. https://www.youtube.com/watch?v=tptEfQw50YY&ab_channel=TribuCervecera

Valdez, L. H. (2020, juny 12). Gushing: ¡Cerveza Explosiva! Sólo es cerveza.
<https://soloescerveza.com/blog/2020/6/10/gushing>