

Anna Cubo Bayó

# ESTUDI DE L'IMPACTE SENSORIAL DELS VOLÀTILS DEL SURO EN CERVESA

Treball Final de Màster

dirigit per Pablo Martín



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Màster en Begudes Fermentades  
Facultat d'Enologia

Tarragona, Novembre del 2020



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

## TAULA DE CONTINGUTS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>RESUM</b> .....                                   | <b>3</b>  |
| <b>INTRODUCCIÓ</b> .....                             | <b>5</b>  |
| Característiques del suro:.....                      | 5         |
| Ús del suro:.....                                    | 6         |
| <b>ANTECEDENTS</b> .....                             | <b>7</b>  |
| Tancament ampolla de cervesa: .....                  | 7         |
| Cerveses amb suro a l'actualitat: .....              | 9         |
| Posició de les ampolles durant la maduració: .....   | 10        |
| <b>OBJECTIUS</b> .....                               | <b>11</b> |
| <b>MATERIALS I MÈTODES:</b> .....                    | <b>12</b> |
| <b>CARACTERITZACIÓ DEL PROCÉS D'ELABORACIÓ</b> ..... | <b>12</b> |
| <b>MOSTRES ANALITZADES:</b> .....                    | <b>13</b> |
| <b>ANÀLISI DELS COMPONENTS VOLÀTILS</b> .....        | <b>15</b> |
| Tècniques utilitzades i metodologia:.....            | 15        |
| <b>ANÀLISI SENSORIAL</b> .....                       | <b>17</b> |
| Disseny de l'avaluació sensorial:.....               | 18        |
| <b>RESULTATS I DISCUSSIÓ</b> .....                   | <b>19</b> |
| <b>ANÀLISI DELS COMPONENTS VOLÀTILS:</b> .....       | <b>19</b> |
| <b>ANÀLISI SENSORIAL:</b> .....                      | <b>22</b> |
| <b>CONCLUSIONS I PERSPECTIVES</b> .....              | <b>25</b> |
| <b>BIBLIOGRAFIA</b> .....                            | <b>27</b> |

## RESUM

### ESTUDI DE L'IMPACTE SENSORIAL DELS VOLÀTILS DEL SURO EN CERVESA.

L'objectiu d'aquest estudi és determinar la variació en els perfils volàtils i sensorials de dues cerveses segons el tipus de taponament en ampolla i posició d'aquesta durant la maduració. Es tracta de cerveses d'estils diferents: Ambrée és de estil Bière de Garde tradicional fermentada amb el llevat de cultiu propi de Cyclic Beer Farm S.L. i Digresión és d'un estil més funky, un blend de 4 Saisons diferents.

Partint del mateix lot per a cada cervesa, es varen embotellar en ampolles de cava utilitzant dos tipus de taponament: amb xapa directament i amb tap de suro de vi, d'inserció total, i xapa per segellar. Es van deixar madurar en idèntiques condicions però en posicions discordants: unes horitzontals i altres verticals.

Es van analitzar primerament els volàtils, fent un screening a través de Headspace (HS) de microextracció en fase sòlida (SPME) acoblada a Cromatògraf de gasos - espectrofotòmetre de masses (GCMS) per determinar quins eren els compostos volàtils presents a cada cervesa. A través de l'anàlisi quimiomètric dels resultats es va esbrinar si aquests compostos variaven segons el tipus de taponament i/o les posicions de les ampolles durant la maduració. D'altra banda, es va realitzar un tast comparatiu de les dues cerveses per separat per buscar diferències a nivell organolèptic entre el tipus de posició i/o entre el tipus de taponament. Aquesta degustació va constar de dues sessions amb 9 participants en total, tots relacionats amb el món de la cervesa artesana. Finalment es van confrontar resultats cromatogràfics i sensorials.

## ABSTRACT

### STUDY OF THE SENSORY IMPACT OF CORK VOLATILES IN BEER.

The aim of this study is to determine the variation in the volatile and sensory profiles of two beers according to the type of closure and position during maturation. These are beers of different styles: Ambrée is a traditional Bière de Garde style fermented with the yeast grown by Cyclic Beer Farm S.L. and Digresión is a more funky style, a Blend of 4 different saisons.

Starting from the same batch for each beer, they were bottled in cava bottles using two types of closures: with crown cap and with wine cork stopper, and a cap for sealing. They were left to mature in identical conditions but in discordant positions: some horizontally and others vertically.

Volatiles were first analyzed, by screening through Headspace (HS) Solid-phase microextraction, (SPME) coupled to Gas Chromatograph - Mass Spectrophotometer (GCMS) to determine which volatile compounds were present in each beer. Through the chemometric analysis of the results, it was found out whether these compounds varied according to the type of plug and/or the positions of the bottles during maturation. On the other hand, a comparative tasting of the two beers was performed separately to look for organoléptic differences between bottle position and/or its closure. This tasting consisted of two sessions with a total of 9 participants, all related to the world of craft Beer. Finally, chromatographic and sensory results were compared.

## INTRODUCCIÓ

### Característiques del suro:

El suro és un material natural provinent de l'escorça de l'Alzina surera, *Quercus suber*. Posseeix unes característiques químiques i físiques que el fan únic (1):

- És molt lleuger: 88-90% és aire i té una densitat aparent molt baixa (entre 0,12 i 0,24g/cm<sup>3</sup>).
- Gran compressibilitat i aeroelasticitat: capacitat de recuperar el volum inicial després de patir una deformació. El suro pot comprimir-se fins gairebé la meitat de la seva longitud sense perdre cap flexibilitat, i recupera la seva forma i volum quan es deixa de pressionar.
- És altament impermeable a la difusió tant de líquids com de gasos però gràcies a les lenticel·les i plasmodesmes es permet un lleuger intercanvi gasós.
- Baixa humitat, d'entre 3 i 15 %, que impedeix la proliferació de microorganismes.
- Té un coeficient de fregament elevat que li confereix molta adherència, ja que la superfície del suro queda entapissada per microventoses que dificulten el seu lliscament.
- Gran poder calorífic: 29.000kJ/Kg.
- Capacitat d'aïllament tèrmic i acústic.
- Absorbeix les deformacions dels materials en que s'integra (coeficient de Poisson zero)
- Gran durabilitat.

L'estructura cel·lular de la paret del suro consisteix en una làmina interna rica en lignina, una paret secundària gruixuda formada per làmines alternes de suberina i una fina paret terciària de polisacàrids (1). La composició química varia en funció del tipus de suro, de l'origen i de l'edat, però bàsicament conté:

- Substàncies ceroses: entre un 5 i un 20 %, principalment cerina, que li confereix impermeabilitat.
- Suberina 45%: és una substància hidròfoba i serveix com a protecció a patògens.
- Cel·luloses i polisacàrids: entre un 10 i un 15%.
- Lignina: 22 %
- Tanins: 6%.
- Altres: minerals (Calci, Sodi, Potassi, Magnesi i Ferro), glicerina, cendres.

### Ús del suro:

Degut a aquestes propietats, l'esser humà li ha donat diversos usos a aquest material històricament. Les primeres referències escrites on es documenta l'ús del suro per a utensilis de pesca daten del 3000 a. C. Escriptors llatins com Varrón i Columela afirmaren que el suro tenia propietats aïllants idònies per a fer ruscos. En temps clàssics Teofrast, Catón Plini el Vell o Plutarc descriuen les seves propietats i aplicacions per a flotadors de pesca o taps per àmfores. En relació amb l'aplicació del suro com a tancament dels contenidors de begudes fermentades, s'han trobat al Mediterrani taps de suro coberts de restes de vi resinat en àmfores de vi gregues, que es remunten al segle V a.C. (2).

Durant l'Edat Mitjana es va utilitzar el suro tant com per a la construcció de fèretres, per al recobriment de sostres d'habitatges i en els segles XV i XVII va ser molt important en la fabricació de soles de sabates. A partir del segle XVII amb l'arribada de l'ampolla de vidre suficientment resistent per ser transportada sense trencar-se, comença a generalitzar-se la utilització del suro com a taponament d'ampolles de begudes. A mitjans del segle XVIII, es va iniciar una indústria de taps de suro a la província de Girona. Eren fets a mà i cada treballador podia produir de 2000 a 2500 taps de suro al dia (3).

Amb la industrialització, el suro s'emprà per produir principalment taps per a embotellar vins i espumosos, però també per multitud d'aplicacions diferents: filtres per a cigarretes, aïllament de tubs de calefacció i vapor o armilles salvavides. Indústries com la de l'automòbil i l'aeronàutica també en van aprofitar les seves característiques.

Tot i la seva versatilitat, al segle XX gairebé tots els productes esmentats anteriorment varen ser reemplaçats de mica en mica per materials de més baix cost i de fabricació més ràpida amb la introducció gradual de materials plàstics i sintètics. Tot i així, diversos estudis (4, 5) afirmen que el taponament de begudes fermentades amb suro, com el vi o la sidra, dóna un valor afegit al producte, ja que presenta menys oxidació respecte el tap sintètic.

En l'actualitat el cultiu forestal de sureres és una activitat econòmica important en molts països mediterranis: es cultiva en aproximadament dos milions d'hectàrees, el 61% a Espanya i Portugal, el 33% al Marroc, Algèria i Tunísia i el 6% a Itàlia i França (6).

L'ús de sureres es correlaciona amb la preservació de la biodiversitat: controlen la desertificació, l'escalfament global i incrementen la captació de CO<sub>2</sub>. La utilització de materials sostenibles ha de ser una prioritat i el suro satisfà les exigències mediambientals actuals, essent un recurs renovable ja que l'extracció no danya l'arbre i gestionada correctament, el protegeix i evita la seva desaparició. La seva idoneïtat per a la utilització industrial és evident per les garanties ecològiques i per la tradició cultural que arrossega, però està fonamentada principalment per la seva composició, estructura i propietats fisicoquímiques.

## ANTECEDENTS

La cervesa és una beguda fermentada extremadament complexa i el seu perfil organolèptic és una barreja del diversos components volàtils i no-volàtils. Alguns d'ells originats a partir dels propis ingredients, altres sorgits durant el procés d'elaboració o del metabolisme del ferments, però alguns també formats durant el procés d'envelliment. (7)

### Tancament ampolla de cervesa:

La relació entre cervesa i suro no està tan lligada com en el cas dels vins i està menys documentada. Al tractar-se d'una beguda ancestral, transportada en àmfores, atuells i gerres de fang, possiblement va ser taponada amb taps de suro, com el vi. (8).

Les primeres notícies que ens arriben en relació a ampolles de cervesa i taps de suro provenen del segle XVII, quan els comerciants Britànics exportaven cerveses Porters i Ales a la Índia i a altres colònies com Estats Units. Les cerveses Ales i altres cerveses no carbonatades, aleshores, van ser taponades probablement tant bon punt es va descobrir un tap adequat, el de suro (9). Era flexible, segellava eficaçment i funciona òptimament en altres beuratges. (10)

La producció de cerveses d'alta fermentació no es va començar a imposar fins a la segona meitat del segle XIX. A causa de les temperatures més altes durant la fermentació, les cerveses solien ser menys carbonatades que les cerveses de baixa fermentació o lagers.

El condicionament d'ampolles es va implementar originalment com a mètode per augmentar la carbonatació i, per tant, eliminar el gust pla de la cervesa. La tecnologia

d'introducció de carbonatació en cerveses es va inspirar en el mètode "champenoise"<sup>1</sup>.

La refermentació o kräusening en ampolla, és un mètode tradicional que consisteix en provocar una fermentació addicional a l'envàs que s'inicia afegint llevats i sucres fermentables. És probable que inicialment sorgissin alguns problemes amb l'ús de taps de suro per a begudes carbonatades com la cervesa. En primer lloc, els taps només es segellen de manera fiable quan estan humits (11). Els taps secs permetrien escapar la carbonatació, donant com a resultat una cervesa plana. En segon lloc, els taps tenen tendència a lliscar sota pressió, amb risc de destapar l'ampolla. Com que la carbonatació en ampolla va crear una pressió força extrema, els taps que s'utilitzaven en ampolles de cervesa havien de mantenir-se fermament al seu lloc (9).

Durant els primers 14 dies de refermentació en ampolla (fase de saturació) com a resultat de la multiplicació del llevat, augmenta la concentració d'alcohol i la carbonatació i s'altera la concentració de diversos compostos actius aromàtics, cosa que provoca canvis en l'aroma i el gust de la cervesa. A causa de les propietats reductores i el consum d'oxigen del llevat presents a l'envàs final, el condicionament en ampolla pot prevenir de danys oxidatius, que es manifesten en l'envelliment de la cervesa i poden derivar en sabors rancis (12).

El mètode "champenoise" i els seus productes havien esdevingut cada vegada més populars al segle XIX, era lògic que els cervesers comencessin a estar interessats en la implementació d'aquestes noves tecnologies per augmentar la vida útil de la cervesa i l'atractiu dels seus productes.

Posteriorment es van idear diversos acabats per lligar els taps per begudes carbonatades. Un dels més efectius va ser el Lightning Stopper, patentat per Charles De Quillfeldt al 1875, (figura 1) amb una anella de filferro encaixada al coll de l'ampolla i una altra, unida articularment a la primera, que alhora anava unida al tap. D'aquesta manera el dispositiu queda unit a la ampolla i el tap pot encaixar-se. Els taps de suro, per descomptat, es podrien aplicar a pràcticament qualsevol tipus

---

<sup>1</sup> En la producció de vins escumosos, mètode que es coneix des de finals del segle XVII i es va establir durant el segle XVIII, quan les ampolles de vidre estaven àmpliament disponibles. S'utilitzen ampolles de vidre de paret gruixuda i es deixa refermentar. Després d'envellir durant 15 mesos es desgorgen les ampolles, s'eliminen els sediments i es posa un nou tap de suro.

d'acabat, incloses les xapes de corona i acabats similars. Al 1893 Karl Hutter va substituir el suro per la porcellana en el Lightning Stopper (Figura 2). Aquests acabats van aparèixer a les ampolles de cervesa des del 1875 fins al 1913, tot i que encara se'n fan servir algunes.

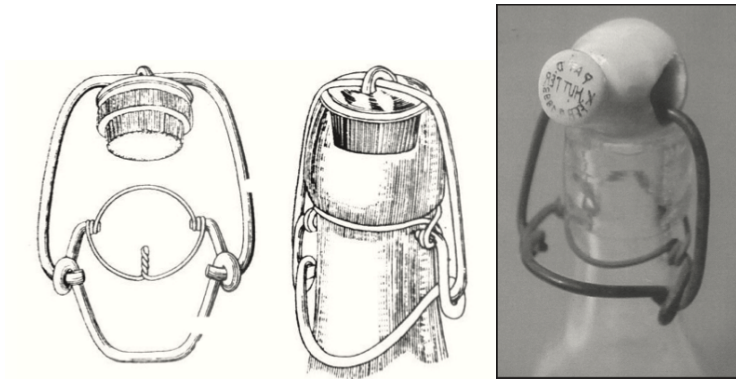


Figura 1.(esquerra) Lightning Stopper de suro (1875). Figura 2. (dreta) Hutter Stopper.

Al 1892 William Painter va patentar el tap de xapa (*Crown cap*) i l'acabat que l'acompanyava va revolucionar la indústria de les ampolles retornables (13). Tant els embotelladors de begudes gasoses com les fàbriques de cervesa van adoptar la xapa com a tap principal, tot i que la indústria de les begudes no alcohòliques va començar a utilitzar-la més ràpidament. Alguns fabricants de cervesa van canviar a la xapa abans del segle XX, però la majoria de la indústria cervesera no va adoptar aquest tancament d'ampolla com a estàndard fins a principis de la dècada de 1900 (9).

En la actualitat, les grans indústries cerveseres, així com les cerveseres petites utilitzen principalment taps de xapa d'acer o alumini per a les ampolles de vidre, malgrat que també han sorgit altres tancaments com el swing top o la xapa amb anella, que no necessiten obridor.

#### Cerveses amb suro a l'actualitat:

Tot i que cada vegada hi ha més cerveseres que aposten pel tap de suro, avui dia aquest acabat és utilitzat principalment per aquelles que produeixen estils àcids, d'abadia o que han estat tradicionalment condicionades amb suro pel fet de tractar-se de begudes de vida "llarga": Lambics, Gueuze, Barrel Aged o Bière de Garde.

Existeixen cerveseres en la actualitat que embotellen amb tap de suro i un "morrió de filferro" (en francès *muselet*), com en caves i champagnes. En són exemples

clàssics 3 *Fontein*en (Beersel, Brusselles), fundada el 1887 i especialitzada en gueuze i kriek o la *Brasserie Duyck* (Jenlain, França), fundada el 1922, especialitzada en Bière de Garde. També utilitzen aquest acabat projectes més joves com *Màger brewery* creada Barcelona el 2018 i especialitzada en cerveses de fermentació mixta.

D'altres utilitzen suro d'inserció total i xapa per segellar, com és el cas de *Brouwerij Cantillon*, fundada a Anderlecht (Brusselles), l'any 1900 i famosa per les seves cerveses tradicionals d'estil lambic. *Brasserie Fantôme*, fundada el 1988, situada a Wallonia i especialitzada en cerveses d'estil farmhouse (Saisons). A Catalunya n'és un exemple *La Calavera*, projecte gastronòmic-cerveser, fundat el 2012 a Sant Joan de les Abadesses (Girona) i que té un enfocament més orientat a cerveses amb envelliment en barrica.

Segons la web Milk the Funk (comunitat especialitzada en fermentacions mixtes i en tècniques alternatives d'elaboració de la cervesa) en una entrevista a Pierre Tilquin (*Gueuzerie Tilquin, Lembeek*), aquest va explicar que tanca algunes ampolles de cada lot amb xapa directa per tal de provar els nivells de carbonatació. Ha comprovat que les ampolles amb xapa tenen un sabor apagat que no es troba a les ampolles tapades amb suro i muselet. Altres productors de la zona empaqueten regularment la seva cervesa àcida amb xapa (per exemple, *Brouwerij Boon*) i no han esmentat cap problema amb això.

#### Posició de les ampolles durant la maduració:

No s'han trobat estudis relacionats amb l'envelliment en ampolla segons la posició, en quant a cervesa. Altres begudes segellades tradicionalment amb tap de suro, com sidres, caves o vins, són sotmeses a diversos tractaments i posicions durant la maduració i l'emmagatzematge per a obtenir una caracterització ideal en el perfil organolèptic del producte (14). L'evolució del vi en ampolla sol fer-se en posició horitzontal, per a que el suro tingui la humitat suficient (mantenint les propietats físico-químiques) i per millorar el perfil sensorial del vi, com demostren diversos estudis on s'argumenta que la maduració en posició vertical produeix més oxidació i un major deteriorament en vins tranquils (15).

Per llei, els vins entren en la categoria de vins escumosos un cop els nivells de CO<sub>2</sub> arriben a 3,92g CO<sub>2</sub>/L per tant no és obligatori mantenir les ampolles horitzontalment durant l'envelliment ja que la pressió interna garanteix la humitat necessària en l'espai de cap, (16) entre el líquid i el tap.

La cervesa presenta una carbonatació variable en funció de l'estil. La majoria es troben entre 2,0 i 3,0 g CO<sub>2</sub>/L tot i que els estils àcids poden arribar als 4,0 g CO<sub>2</sub>/L (17). "Estils lambics de fruites o Gueuze, amb condicionament en ampolla i tap de suro haurien de ser emmagatzemades en posició horitzontal, amb l'etiqueta cap amunt, per mantenir la humitat del suro i permetre els llevats i bacteris assentar-se a la cara lateral interna de l'ampolla"(17, p. 243).

Tot i que el més habitual és emmagatzemar les ampolles de cervesa verticalment, a *Brouwerij Cantillon*, durant la segona fermentació (que dura un any de mitjana) mantenen les ampolles en posició horitzontal i amb acabat de suro i xapa (18).

## OBJECTIUS

L'objectiu d'aquest estudi és trobar diferències en els volàtils identificats per HS-SPME-GC-MS en ampolles de la mateixa cervesa, que han evolucionat en posicions i amb tancaments diferents i trobar similituds entre aquests resultats i l'avaluació de l'anàlisi sensorial.

1) Anàlisi HS-SPME-GC-MS: Trobar diferències entre les mostres de tancament amb xapa i amb suro: segons els resultats obtinguts es pretén identificar si hi ha algun compost que només es trobi en les mostres tancades amb algun dels dos tipus de tap. Si és així, determinar i relacionar aquest/s compostos amb el seu origen: matèria prima, metabòlic o d'interacció amb el propi tap i vincular aquest/s compostos amb possibles descriptors o defectes organolèptics. (19)

Trobar diferències entre les mostres de posició horitzontal i les de posició vertical: segons els resultats obtinguts es rastrejarà si hi ha algun compost que només es trobi en les mostres emmagatzemades de forma vertical o en les posicionades en horitzontal. Si és així, es relacionarà/n aquest/s compostos amb el seu origen: matèria prima, metabolisme de llevats i bacteries o en relació a la posició en l'envelliment. Es determinarà si aquest/s compostos tenen relació amb possibles descriptors sensorials o defectes organolèptics.

2) Resultats obtinguts en l'avaluació sensorial:

Es realitzarà una avaluació sensorial de cada cervesa per separat. Es farà un tast a cegues en el que es preguntarà als participants si troben diferències entre parells de

mostres: tancades igual però en posicions diferents i posicionades igual però amb tancaments diferents.

Es determinarà si:

- Hi ha diferències entre les mostres de tancament amb suro i xapa.
- Hi ha diferències entre les mostres de posició horitzontal i les de posició vertical.

3) Comparar resultats 1 i 2. S'intentarà esbrinar si podem determinar quin tipus de tancament és millor per a l'evolució de la cervesa en ampolla i perquè.

## MATERIALS I MÈTODES:

Les cerveses analitzades en aquest estudi s'han produït a *Cyclic Beer Farm S.L.*, especialitzada en cerveses estil Farmhouse: Saisons, àcides i altres estils de fermentació mixta amb producció de 600-800L/lot. S'inclouen dues cerveses diferents a l'estudi per tal de donar uns resultats més acurats, afegint una tercera variable a l'experiment.

## CARACTERITZACIÓ DEL PROCÉS D'ELABORACIÓ

El molí utilitzat és un Hafferboy Sommer, on s'introdueix i es retira la malta de forma manual. La resta de l'equip (macerador, olla de cocció i fermentadors) són herència de *Partizan Brewiang* (London) que alhora el van recuperar de *The Kernel Brewery* (London). Es tracta d'un equip senzill, sense automatització. La malta molta i l'aigua de macerat s'introdueixen manualment i la barreja es fa amb una pala. El sistema d'aspersió funciona amb la pressió pròpia de la bomba i es regula segons el cabal (obrint o tancant la vàlvula). Per a la recirculació s'utilitza una bomba i una olla de 30L amb filtre. El Kettle disposa de sistema elèctric d'escalfament per resistències. A través d'un intercanviador de plaques es fa circular el most fins als fermentadors cilíndrics on fermentarà abans de ser embotellat amb embotelladora no isobàrica.

L'aigua pel brou s'obté de la xarxa d'Aigües de Barcelona passada per filtre de partícules i filtre de carbó actiu. La malta base és 100% ecològica i prové de Bèlgica (*Dingemans S.L.*), es fan servir llúpols en flor en la olla de cocció i els ferments són propagats a la mateixa fàbrica: llevat de la casa i mescla *funky* de la casa (amb *Brettanomyces* i bacteries làctiques).

A Cyclic sovint s'afegeixen fruites, pells de raïm o tubercles als tancs per a una segona fermentació amb llevats i bacteries salvatges. No obstant, el més habitual és el priming amb sucre de remolatxa per la refermentació en ampolla, com és el cas de les cerveses implicades en aquest estudi.

La maduració pot fer-se en barrica però normalment es realitza en la mateixa ampolla de cava, de 75 cl tapada amb xapa directa i posicionada verticalment en caixes de cartró i a temperatura ambient.

### MOSTRES ANALITZADES:

Es van analitzar un total de 40 ampolles de cava, de color marró, de 75 cl que contenen les dues cerveses sense filtrar ni pasteuritzar, amb priming previ a l'envasat. Es van agafar 20 mostres de cadascuna, dividides en 4 formats:

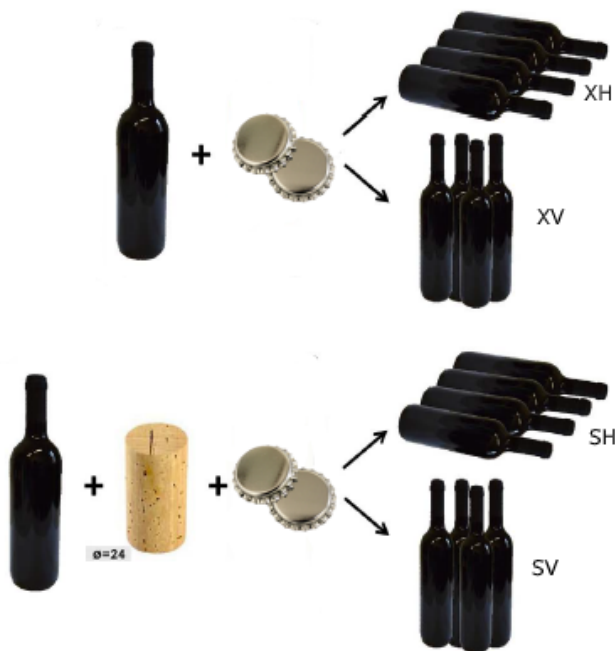


Figura 3. Format d'emmagatzematge de les mostres durant la maduració.

de cada cervesa van ser taponades amb suro i després segellades amb xapa d'alumini (S), les altres 10 van ser taponades directament amb xapa d'alumini (X). Les xapes d'alumini són de 29mm de diàmetre amb revestiment interior de plàstic. Els taps de suro, proveïts per Manuel Serra S.A., van ser escollits per a ser inserits íntegrament dins l'ampolla. Es tracta de taps 100% naturals de 24x49mm destinats a vins tranquils.

De cada tipus de tancament 5 ampolles van ser col·locades horitzontalment (SH i XH) i 5 verticalment (SV i XV), totes a temperatura ambient:  $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$  (Figura 3). De cada mostreig es van utilitzar 3 ampolles per a l'anàlisi química i 2 ampolles per a l'anàlisi sensorial.

**Ambrée (lot 20028): estil Bière de Garde.**

Cervesa rústica de color ambre i d'escuma blanca, cremosa i ben formada. Elaborada amb varietats de maltes belgues especials: Pilsen Belga ecològica i Special B, que li aporten un perfil aromàtic maltós (pa de pessic, caramel). Amb llúpul continental: Perle i Hallertau Tradition i fermentada amb el llevat de la casa (Cyclic) a temperatures més fredes. Té poca amargor, un final moderadament sec i la sensació en boca és de cos mig-lleuger, cremós.

Abans de ser envasada el 31/07/2020, es van medir el pH: 4,14 i la densitat: 13,7ºP mitjançant un medidor de pH i un densímetre, respectivament. Es van calcular el % de volum d'alcohol: 6,8%, els IBUS: 35 i l'EBC: 15.

**Digresión (lot 20C05): estil Cuvée -Saison.**

Mescla d'una Saison envellida en roure, dues Saisons àcides i una cervesa àcida sense cocció (elaborada especialment per fer blends):

- 28% Funky Bass de dos anys (2018): Saison de fermentació mixta amb maltes ecològiques Pilsen Belga. Aquesta cervesa alhora és un doble lot d'una Saison clàssica fermentada amb el llevat de la casa i un segon lot d'una cervesa d'infusió simple fermentada amb mescla "funky" (que conté *Saccharomyces*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus delbrueckii* i *Brettanomyces*). S'utilitzaren llúpols vells europeus: Perle i Hallertau Tradition, per donar amargor a aquesta segona cervesa.
- 28% Funky Bass de 6 mesos (2020): Saison de fermentació mixta, més fresca.
- 22% Acid Bass: Saison àcida amb fermentació mixta, sense cocció.
- Saison de fermentació mixta (22%): amb *Lactobacillus plantarum* i envellida 6 mesos en barrica de roure.

Es tracta d'una cervesa pàl·lida, lleugerament tèrbola i d'escuma blanca i persistent. Molt aromàtica, floral (flor blanca) i afruitada, amb tocs especiats (clau d'espècia) i cuir subtil. Es troben fenols. De gust afruitat i àcid (cítrics) i d'amargor moderada. Cos lleuger-mig amb acidesa punyent i final molt sec (típic de l'estil).

Abans de ser envasada el 10/07/2020, es van mesurar el pH: 3,9 i la densitat: 10,5 ºP mitjançant un medidor de pH i un densímetre, respectivament i es va calcular el % volum d'alcohol: 5,5%.

Tenint en compte el tipus d'anàlisi, hauria estat interessant fer un mesurament de la carbonatació que presentaven les ampolles. Es va intentar mesurar amb un afròmetre de perforació de suro manual però aquest estava destinat a mesurar vins escumosos i la pressió de la cervesa no va ser suficient per registrar-ne la carbonatació. També hauria estat d'interès fer un registre de la microoxigenació de les ampolles.

## ANÀLISI DELS COMPONENTS VOLÀTILS

Per a l'estudi dels volàtils es van agafar 3 ampolles de cada format (Suro-horitzontal, suro-vertical, xapa-horitzontal, xapa-vertical): en total 24 (12 de cada cervesa). El condicionament en ampolla d'Ambrée va durar 45 dies i la de Digresión 66 dies en les mateixes condicions abans de fer l'anàlisi Cromatogràfic.

### Tècniques utilitzades i metodologia:

Es va utilitzar HS-SPME-GCMS per a la caracterització dels perfils volàtils de cada mostra. El Headspace (HS) consisteix a la preconcentració de la fase gasosa que es desprèn de la mostra. Els analits s'adsorbeixen selectivament sobre un suport sòlid mitjançant la tècnica de SPME, que es basa en exposar una fibra recoberta amb un polímer, insertada amb un dispositiu semblant a una xeringa, als vapors de la mostra. Això es realitza durant el temps necessari per a arribar a un equilibri termodinàmic entre la concentració dels compostos volàtils de la matriu. Posteriorment es retira la fibra i els analits es desorbeixen tèrmicament al cromatògraf. En aquest punt, a partir d'una columna capil·lar de dimensions establertes, promou la separació de les molècules a mesura que la mostra recorre la longitud de la columna. Les molècules són retingudes per la columna i després elueixen (surten) en diferents moments i això permet que l'espectròmetre de masses capturi, ionitzi, acceleri, desviï i detecti les molècules ionitzades per separat. L'espectròmetre de masses fa això trencant cada molècula en fragments ionitzats i detectant aquests fragments amb la seva relació massa / càrrega (20,21).

L'ús de l'HS-SPME en combinació amb GCMS és adient per a l'anàlisi dels volàtils de les cerveses ja que aquest mètode permet fer una anàlisi qualitativa de les mostres, comparant entre les diferents àrees de cada pic i el temps de retenció (RT: és el temps entre la injecció de la mostra i la detecció d'un analit en particular) que representen

un compost identificat. (22, 23) Espectròmetre de masses (MS) es va aplicar en mode exploració completa ja que permet determinar compostos desconeguts en una mostra. Prenent aquestes àrees com a referència es pot fer una aproximació en quant al grau de presència de cada compost.

Al laboratori es van obrir totes les ampolles amb llevataps de dos temps i es van col·locar 110ml de cada mostra en ampolles de vidre, enrasant fins dalt per evitar oxidacions. Es van refrigerar a 4°C durant 24 hores per minimitzar el contingut en gas i per preservar els compostos volàtils. Cal dir que totes les ampolles taponades amb suro que van estar en posició horitzontal havien presentat fuites a través del tap, per la qual cosa aquest es trobava amarats, però sencer (veure: Disseny de l'avaluació sensorial).

Els components volàtils es van identificar qualitativament mitjançant la micro-extracció en fase sòlida (HS-SPME) acoblat a un cromatògraf de gasos (GC) amb Espectrofotometria de masses (MS): AGILENT 5973n MSD. Les condicions d'anàlisi són les descrites per Riu-Aumatell et al., 2004 (24).

Les mostres es van preparar en vials de 20ml (ANORSA, Espanya). A cada vial se li van afegir 1,75g de NaCl, pesats amb una balança OHAUS, i 5ml de mostra. La preconcentració i l'extracció dels components volàtils es va realitzar usant la tècnica de HS-SPME amb una fibra triple de 2 cm de llarg de Divinilbenzè/Carboxè/Polidimetilsiloxà (DVB-CAR-PDMS) (Supelco, Bellefonte, PA, USA), especialment indicada per mostres complexes o amb major nombre de compostos. Aquesta fibra es va activar prèviament inserint-la en l'injector del GC a 270°C durant 30 minuts. Es va utilitzar heli com a gas portador amb un cabal de 1ml/min. Els components es van separar sobre una columna capilar (60 m x 0,25 mm x 0,25 µm de gruix) (Supelco, Bellefonte, PA, EUA). La temperatura inicial es va establir a 50 °C durant 5 minuts i després es va augmentar gradualment 3 °C / min fins a 250°C.

La temperatura de l'injector es va ajustar segons la naturalesa de la fibra utilitzada: a 250 °C per a la fibra DVB-CAR-PDMS, amb un temps de desorció de 2,5 min.

La detecció de GC-MS es va dur a terme en el mode d'escaneig complet (SCAN) per detectar el màxim de compostos en el rang de massa de 40-350 amu, amb dos exploracions per segon. Es van registrar espectres de massa d'impacte d'electrons a una tensió de ionització de 70 eV i una font d'ions de 280 °C. L'SPME va ser programat

a 45°C en el mode headspace per vials de 20 ml i la extracció de cada mostra es va realitzar durant 40 minuts.

La identificació dels compostos volàtils es va realitzar a partir de la comparació dels espectres trobats amb la biblioteca NIRST. Abans d'analitzar les mostres es va fer un blanc per descartar els compostos ja presents en la columna a les condicions establertes. Els pics obtinguts del blanc corresponents a la pròpia columna cromatogràfica i la fibra SPME (per exemple, ciclosiloxans, siloxans i ftalats) es van eliminar manualment a la matriu de dades.

L'anàlisi estadístic de les dades es va realitzar mitjançant un Anàlisi de Components Principals (PCA) qualitatiu, com a mètode de reconeixement de patrons. Es van transformar els 69 compostos identificats en noves variables o PC's per reduir el nombre de variables mantenint el màxim d'informació. PC1 ens explica la major variància i el gràfic d'Scores ens explica la tendència de les mostres, excloent-hi els compostos que es trobaven en 5 o menys mostres.

## ANÀLISI SENSORIAL

Es pot considerar que l'aroma i/o el sabor de la cervesa deriva de quatre fonts: matèries primeres i les seves interaccions químiques, l'impacte del procés d'elaboració, canvis durant l'emmagatzematge i l'entrada de possibles contaminants. (26). S'han trobat diversos compostos químics mitjançant l'anàlisi de HS-SPME-GCMS, entre els quals es formen relacions sinèrgiques i antagòniques i que donen perfils sensorials que hom pot detectar i valorar (26,27).

L'avaluació sensorial es podria definir com "la valoració del caràcter organolèptic d'un aliment exercida exclusivament amb els sentits"<sup>2</sup>. La funció principal dels anàlisis sensorials és dur a terme proves fiables amb diverses fites: controls de qualitat, desenvolupament de productes o investigació.

Existeixen diverses tècniques d'avaluacions sensorials segons els objectius analítics i es podrien classificar en dos grups: les proves descriptives, on es busca fer una explicació parcial o completa de tots els atributs de la mostra, i les proves

---

<sup>2</sup> Albert Barrachina, Introducció a la valoració tècnica de la cervesa, URV 2019.

discriminatives, on es busca trobar diferències o semblances entre mostres segons un o alguns atributs concrets.

En aquest estudi, l'objectiu és trobar diferències entre aquelles cerveses taponades amb suro o sense i/o posicionades en horitzontal o vertical. Els fonaments per dissenyar l'anàlisi comparatiu es van definir segons les tècniques avaluatives del Sensory Evaluations Tecniques de Meilgaard et al., 2000 (28) i segons el BJCP, organització sense ànim de lucre formada amb la finalitat de promoure l'alfabetització cervesera i donar reconeixement a les habilitats de degustació i avaluació de la cervesa.

#### Disseny de l'avaluació sensorial:

Es van realitzar 2 tastos de 5 i 4 participants, per l'impediment de reunir-se més de 6 persones donada la situació actual. L'embotellament per a l'avaluació organolèptica d'Ambrée va durar 90 dies i Digresión 111 dies fins el primer tast (que es va realitzar 45 dies després de l'anàlisi cromatogràfic). Les ampolles van restar a  $22 \pm 2$  °C durant la maduració i es van col·locar totes verticalment dins el refrigerador a 4°C 4 hores abans. El segon tast es va programar una setmana després i les mostres van restar al refrigerador verticalment, fins llavors.

Es va utilitzar una fitxa de tast per a cada cervesa en què es comparaven parells de mostres que van estar en la mateixa posició però amb taponaments diferents per una banda, i mostres amb taponaments idèntics però en posicions alternes per una altra. Així doncs es feren comparacions creuades demanant principalment si es trobaven o no diferències. Per altra banda es preguntà on hi havia diferència segons aparença, aroma, gust i impressió general.

Els panelistes (entre els quals hi ha tant sommeliers de vi i com de cervesa, productors i treballadors en el sector de la cervesa artesana) tenien coneixements previs sobre els descriptors sensorials i els defectes associats. En el moment de la prova es va informar dels tipus d'estudi però es van codificar totes les mostres, per evitar suggestionar el participants. El primer tast es va realitzar a les 13h a Cyclic Beer Farm, en un entorn ventilat. Es serviren 25 cl de cadascuna de les mostres (primer Ambrée i després Digresión) de cada un dels formats (S/V, S/H, X/V i X/H) a una temperatura de 6 a 8°C en copes de vidre i es facilitaren els fulls de tast (Taula 4 Annex). El segon

tast es va organitzar 7 dies després a les 13h a BrewHome i les mostres es van servir en gots de vidre de 25 cl. Es va registrar del pH de les mostres (Taula 9 d'Annexes).

En obrir les ampolles es va observar que en totes aquelles tancades amb suro i col·locades horitzontalment (SH) el tap es trobava amarat (el mateix va ocórrer en obrir-les al laboratori) excepte en una ampolla: DSH del segon tast. La cervesa, en general, té una carbonatació superior a la dels vins tranquils però inferior a la dels escumosos. Per a cava i escumosos s'utilitzen taps de suro de 29mm de diàmetre que es comprimeixen al voltant del 65% per tal de suportar una pressió interna de fins a 2,5 atmosferes, mentre que per als vins tranquils, els taps de suro solen reduir-se en volum horitzontal un 45% (2). A més, durant el taponament d'ampolles, un cop introduït el suro és recomanable esperar un mínim de 5 minuts abans de tombar-les per a permetre que recuperi almenys el 95% de la seva força de recuperació (29).

És possible que la utilització d'un tap destinat a ampolles bordeleses (24mm de diàmetre) i el fet de no haver esperat temps suficient abans de tombar les ampolles, hagi pogut interferir en la permeabilitat del tap.

## RESULTATS I DISCUSSIÓ

### ANÀLISI DELS COMPONENTS VOLÀTILS:

Comparant entre les diferents àrees de cada pic obtingudes en el GCMS i el temps de retenció (RT), que representen un compost identificat, es determinen els volàtils presents a cada mostra. Prenent aquestes àrees de pic com a referència es pot fer una aproximació en quant al grau de presència de cada compost. Els resultats, segons aquest criteri ens indiquen que els compostos majoritaris (Taula 1) a les mostres analitzades són: Decanoic acid, ethyl ester; Octanoic acid, ethyl ester; Ethyl 9-decenoate; Dodecanoic acid, ethyl ester; Phenylethyl Alcohol; Ethanol i Ethyl trans-4-decenoate. A la Taula 1 de l'Annex s'especifiquen els noms dels 69 compostos obtinguts, segons la IUPAC, juntament amb les àrees de pic corresponents (s'han pres els valors majors per cada compost).

Taula 1. Principals compostos del GCMS screening.

| Àrea de pic | Compost                            | Descriptor                         |
|-------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 2147483647  | Decanoic acid, ethyl ester         | <i>greixós, estable</i>            |
| 2147483647  | Octanoic acid, ethyl ester         | <i>afruitat, resinós, gespa</i>    |
| 1798006642  | Ethyl 9-decenoate                  | <i>afruitat</i>                    |
| 1271620077  | Dodecanoic acid, ethyl ester       | <i>floral, sabonós</i>             |
| 721304813   | Phenylethyl Alcohol                | <i>afruitat, mel, roses, liles</i> |
| 514733747   | Ethanol                            | <i>alcohol, medicinal</i>          |
| 454360473   | Ethyl trans-4-decenoate            | <i>brandy, cerós, afruitat</i>     |
| 354572485   | Hexanoic acid, ethyl ester         | <i>greixós, estable</i>            |
| 337206955   | isoamyl acetate                    | <i>afruitat, plàtan</i>            |
| 306899477   | Acetic acid, 2-phenylethyl ester   | <i>floral, compota</i>             |
| 300968849   | isoamyl alcohol                    | <i>alcohols fusel, plàtan</i>      |
| 242254241   | Hexadecanoic acid, ethyl ester     | <i>cremós, cerós, bàlsam</i>       |
| 210356264   | 4-Ethylguaiacol                    | <i>especiat, dolç</i>              |
| 132161556   | Isoamyl octanoate                  |                                    |
| 72633452    | Nonanoic acid, ethyl ester         | <i>vi, rosa, rom</i>               |
| 66216189    | Octanoic acid, 2-methylbutyl ester | <i>afruitat</i>                    |
| 55782787    | 4-ethylphenol                      | <i>cuir</i>                        |
| 55168760    | Heptanoic acid, ethyl ester        |                                    |
| 53240173    | Isoamyl decanoate                  | <i>dolç, brandy</i>                |

Aquests volàtils identificats pertanyen a diferents grups químics: 34 èsters, 9 alcohols, 7 cetones, 5 fenols, 5 hidrocarburs, 4 terpenoids, 3 àcids carboxílics, 1 aldehyd i 1 amida (30, 31, 32). En el total de les 24 mostres d'ambdues cerveses, s'han registrat: Ethanol; Phenylethyl Alcohol; Nonanoic àcid, ethyl ester; Octanoic acid, ethyl ester i Octanoic acid, 3-methylbutyl ester i en 23 mostres hi havia Decanoic acid, ethyl ester i Dodecanoic acid, ethyl ester (Annexes: Taula 2).

També s'han indentificat compostos específics de cada cervesa (Anexes: Taula 3). Cal destacar que a Ambrée s'hi ha identificat L- $\alpha$ -Terpineol únicament en aquelles tapades amb suro i en posició vertical (ASV). Acetic acid, hexyl ester s'ha identificat només en Ambrée amb acabat de suro i maduració horitzontal (ASH). A Digresión, en canvi s'ha trobat Ethyl Stereate únicament en aquelles que havien envellit amb suro i en vertical (DSV).

En 2 de les 6 mostres tancades amb suro o amb xapa s'hi ha identificat compostos diferents en les dues cerveses (Taula 2 i 4). La meitat de les mostres d'Ambrée que van envellir en posició vertical presenten 1-Decanol i en 2 de cada 6 mostres en aquesta posició s'han trobat també compostos diferents (Taula 3). En horitzontal no s'identifica cap compost químic exclusiu d'Ambrée i pel que fa a Digresión tampoc no s'ha trobat cap compost específic en les mostres segons la posició (ni en horitzontal ni en vertical).

Taula 2. Compostos exclusius de mostres d'Ambrée segons tancament.

| n. mostres | Suro  | Xapa   |
|------------|---|--|
| 2          | 2-Heptenoic acid, methyl ester<br>2,6-Octadienoic acid, 3,7-dimethyl-, methyl ester, (Z)- ( <i>floral, herbal</i> ) | Octanoic acid, 2-methylbutyl ester ( <i>afruitat</i> ) |

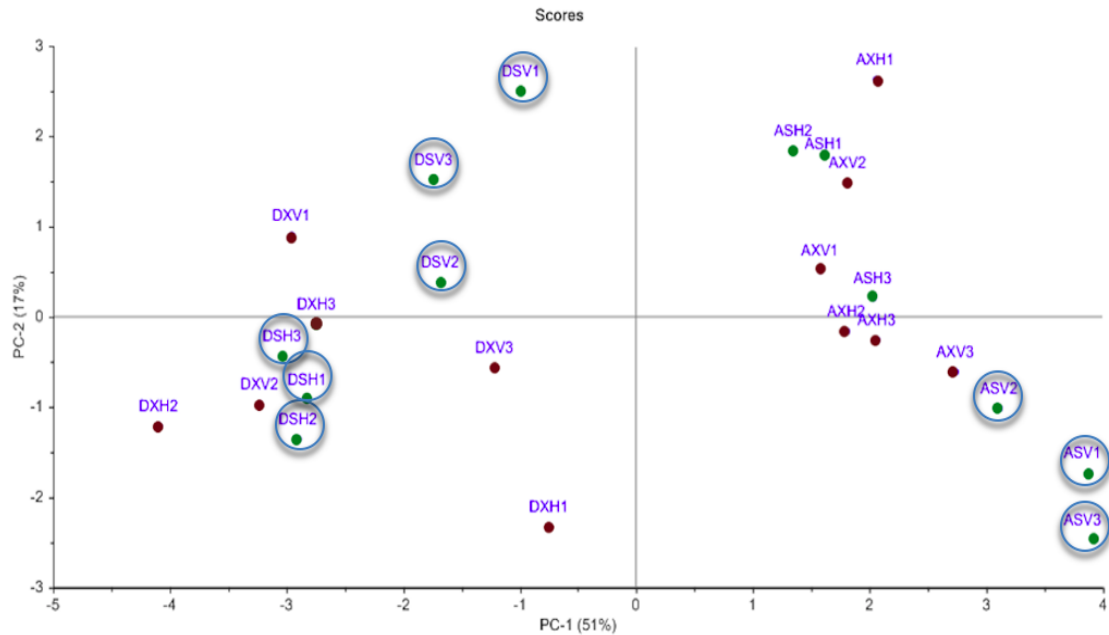
Taula 3. Compostos exclusius de mostres de Digresión segons tancament.

| n. mostres | Suro            | Xapa                    |
|------------|-----------------|-------------------------|
| 2          | Isoamyl laurate | Oxime-, methoxy-phenyl- |

Taula 4. Compostos exclusius de mostres d'Ambrée segons posició.

| n. mostres | Vertical  |
|------------|---|
| 2          | 1-Hexanol, 2-ethyl ( <i>herbal, rosa</i> )<br>1H-Inden-5-ol, 2,3-dihydro-1,1,3,3-tetramethyl-4,6-bis(1-methylethyl)-<br>Dehydroabietic aldehyde |
| 3          | 1-Decanol ( <i>greixós</i> )  |

El fet de trobar-nos amb compostos que només es trobaven en poques mostres (en algun cas només en una) fa pensar que l'anàlisi cromatogràfic s'hauria d'haver ampliat, incloent més anàlisis per tal de tenir un model vàlid i fiable. En l'anàlisi de components principals es van descartar aquells compostos que apareixien en cinc o menys mostres, per tal de reduir els "missing values" de la matriu. Els volàtils implicats en la separació dimensional del PCA es mostren en el gràfic de Loadings (Annex, gràfic 1). El component principal, PC-1, que explica la major part de la informació, representa el 51% de les variables mentre que el component PC-2 únicament recull el 17%.



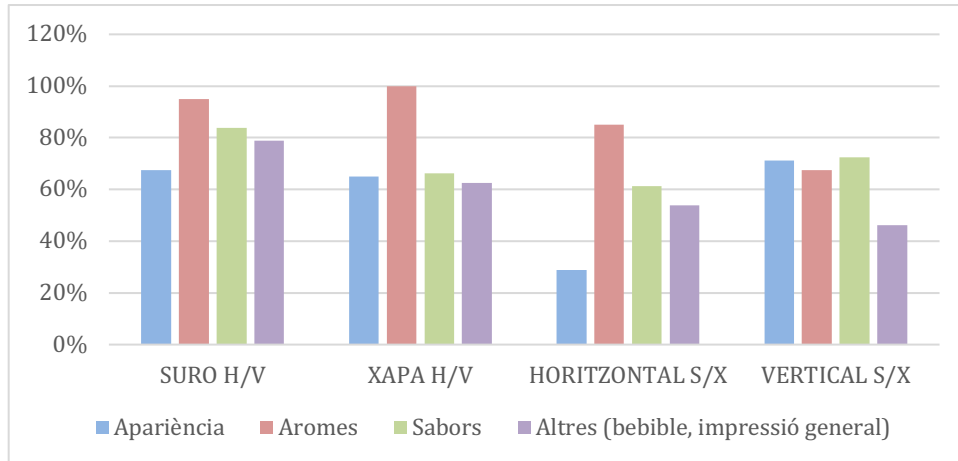
Gràfic 1. Anàlisi Components Principals (PCA). Gràfic d'Scores (PC-1 51%, PC-2 17%). A= Ambrée; D= Digresión; X= xapa; S= suro; V= vertical i H= horitzontal.

La separació entre els dos tipus de cervesa és clara. A més, es pot apreciar que les mostres amb suro es troben bastant diferenciades en ambdues cerveses. A Digresión s'observa una agrupació de les 3 mostres amb suro i en posició horitzontal (DSH) i a Ambrée s'observa un subgrup en aquelles amb suro i vertical (ASV). De la mateixa manera es pot apreciar que aquelles amb xapa presenten més discordances i es fa difícil la seva associació geomètrica en el gràfic de PCA.

## ANÀLISI SENSORIAL:

Els resultats de l'avaluació sensitiva es van recollir per separat en les dues cerveses. Fent comparacions aparellades: Suro (H vs V); Xapa (H vs V); Horitzontal (X vs S) i Vertical (X vs S) de totes les mostres es va determinar que un 94% dels panelistes van trobar diferències en tots els emparellaments tant d'Ambrée com de Digresión (Gràfic 2). On es van trobar més diferències és en l'aroma (90%). El 100% dels participants van descobrir divergències en l'aroma de les mostres amb xapa i

posicions alternes (XV vs XH). El 84% van trobar diferències en les mostres amb tap de suro, posicionades en vertical o horitzontal principalment en l'aroma (95%) i el sabor (84%) (Taula 5 d'Annexes).



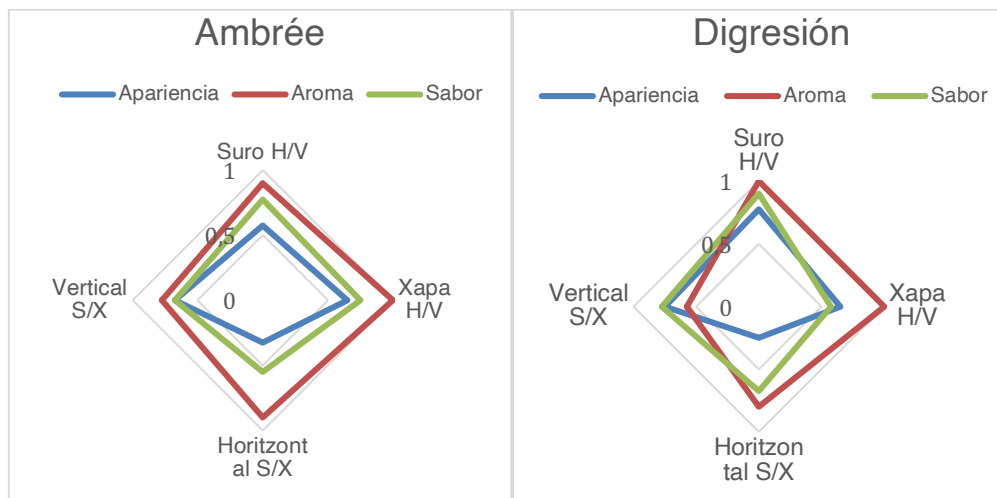
Gràfic 2. Percentatge de panelistes que han trobat diferències entre totes les mostres aparellades.

Tenint en compte que tant el posicionament com el tipus de tancament de les ampolles poden interferir en el grau d'oxidació de la cervesa (14), es posa especial atenció en les diferències trobades pels participants associades amb els canvis de color; la oxidació de fenols, que infereixen astringència i poden contribuir a la terbolesa; la oxidació dels àcids grassos, que poden donar gustos sabonosos; o als sabors rancis, provinents de la oxidació aldehids (33).

Tant a Ambrée (6/9 participants) com a Digresión (5/9) es va trobar que les cerveses emmagatzemades verticalment eren més clares i amb menys terbolesa que les posicionades horitzontalment.

De les mostres verticals d'Ambrée (Taula 6 d'Annexes), 4/9 van trobar que la tapada amb xapa (AXV) era més clara que la acabada amb suro (ASV). En les mostres amb suro: 4/9 van descriure ASV com més aromàtica i dolça en nas, mentre que 4/9 participants van trobar un gust metàl·lic a ASH. Pel que fa al tancament amb xapa: 4/9 van trobar que en horitzontal (AXH) hi havia més oxidació i un amargor més astringent que en les mostres verticals (AXV), on es trobava més notes a caramel (4/9). 4/9 van descriure AXV com a més bebestible i agradable i 3/9 panelistes van preferir el suro: ASH o ASV.

Cal posar atenció en descriptors que poden ser resultat del taponament amb suro o xapa, aquells relacionats amb els aromes: olor a “suro”/humitat (en anglés *musty flavour* o *cork taint*)<sup>3</sup> i amb els gustos, buscant diferències entre descriptors i les seves intensitats. Així doncs només un dels participants va trobar aquesta olor a humitat en la mostra de Digresión DSH, però 3 participants van descriure-la com a “tancada” o “velada”, així com dolça.



Gràfic 3. Diferències sensorials per a cada cervesa.

Al tast de Digresió (Taula 7 d'Annexes), aromàticament es va trobar (4/9) més intensa la mostra vertical amb suro (DSV) que no pas amb xapa (DXV) i més sulfurosa (4/9) la mostra DXH respecte la DSH. Es destaca l'adjectiu “funky” en que van coincidir 5 panelistes per descriure el gust de DXH en boca. Les mostres amb suro es descriuen com més àcides i 5/9 van preferir la mostra amb suro horitzontal (DSH), catalogant-la com més “completa”. També van valorar positivament aquesta cervesa tapada amb el suro i posició vertical (DSV) 4 dels 9 panelistes. Alhora van coincidir 4 participants en escollir la xapa horitzontal (DXH) com més agradable.

<sup>3</sup> Aquest defecte es relaciona principalment amb el vi i pot provenir de diversos compostos però el més important és el 2,4,6 triclороанisol o TCA. És un compost fàcilment reconegut pel seu lliandar sensorial baix, i es descriu com una olor de cartró humit. Ocasionalment es pot produir en altres aliments i begudes, com la cervesa (34) i no té perquè estar relacionat amb el suro.

En general, aquelles tapades amb suro però en posició horitzontal es van descriure com més completes (4/9) i, malgrat el gust metàl·lic (4/9), van agradar a 8 dels 9 panelistes. Les mostres amb xapa i madurades verticalment també es van considerar d'aparença més clara (7/9) i, malgrat el gust sulfurós (4/9) i un amargor residual (5/9), van agradar a 5 dels 9 panelistes. En quant a les mostres amb xapa i evolucionades horitzontalment, 6 dels 9 panelistes van trobar-la "desagradable" descrivint-la com sulfurosa, d'amargor astringent i oxidació tant a nivell d'aroma com en boca (4/9). Les cerveses amb suro i madurades en vertical es van descriure sensorialment com d'aparença més clara (7/9), més àcides en boca (5/9) i aromàtiques (4/9) (Taula 8 d'Annexes).

En el pH registrat en el moment del tast, les mostres d'Ambrée amb suro presentaven pH de 4,19 i les de xapa: AXH= 4,20 i AXV= 4,16. En el cas de Digresión hi va haver més variabilitat: DXV= 3,67; DXH= 3,65; DSH= 3,63 i DSV= 3,61. S'observa que coincideix amb el fet de que els panelistes van trobar més àcides les Digresión amb suro i vertical (Taula 9 d'Annexes).

## CONCLUSIONS I PERSPECTIVES

Podem dir que, en el taponament d'aquestes cerveses amb tap de suro de 24mm és aconsellable mantenir les ampolles en posició vertical després de la inserció del tap per permetre que la pressió disminueixi abans que el líquid entri en contacte amb el tap, evitant així la captació accelerada de líquid i un estovament prematur del suro.

En l'estudi estadístic mitjançant PCA es va trobar una lleugera diferència en aquelles taponades amb suro, però els resultats extrets ens fan pensar que les dades cromatogràfiques obtingudes no tenen una representació del tot fiable. Possiblement s'haurien d'haver analitzat més mostres per a dur a terme una validació del mètode al laboratori.

A nivell sensorial el 94% dels panelistes que han participat en aquest estudi, han trobat diferències en tots els emparellaments creuats i el tancament de **suro** en **horitzontal** ha agradat a 8 dels 9, malgrat l'amarament del tap. En contrast, el tancament amb **xapa** i **horitzontal**, no va ser del gust de la majoria dels participants, degut al seu major grau d'oxidació.

En general les mostres en vertical es van descriure com menys tèrboles i més clares, possiblement degut a que els pòsits s'acumulen a la part inferior de l'ampolla evitant el seu arrossegament a l'hora de ser servides. Les cerveses estudiades que es solen comercialitzar amb tancament de **xapa** i en posició **vertical** han estat ben valorades per 5 dels 9 panelistes. Aquelles mostres amb **suro** i emmagatzemades **verticalment** van agradar a 4/9 i es van descriure sensorialment com d'aparença més clara, més aromàtiques i àcides en boca.

Si comparem amb els resultats obtinguts al laboratori es van trobar compostos només en suro i només en mostres verticals als qui s'atribueixen descriptors com *herbaci*, *roses* i *afruitats* (Taules 2 i 4), que podrien haver influenciat en l'aromatització més intensa d'aquesta cervesa (Taula 8 d'Annexes). S'hauria de realitzar un estudi quantificant aquests compostos i relacionant-los amb els seus llinars de percepció per obtenir resultats més significatius.

En futures investigacions seria interessant poder registrar els nivells de microoxigenació i de carbonatació de les ampolles en el moment d'embotellar i en el moment d'obrir el tap per entendre millor l'evolució durant la maduració. També seria profitós fer dos estudis en diferents moments durant el condicionament, realitzant anàlisis cromatogràfics amb més rèpliques i avaluacions sensorials amb més panelistes. Una investigació a nivell microbiològic donaria més informació sobre l'evolució dels diferents estils de cervesa i la seva maduració segons taponament i posició.

Podem concloure que sensorialment sí que existeixen diferències en les cerveses Ambrée i Digresión taponades amb suro i amb xapa i que la posició horitzontal durant la maduració afavoreix a aquelles amb tap de suro però no a les tancades amb xapa.

## AGRAÏMENTS

Vull agrair la col·laboració en aquest treball per part d'AECORK, de l'Institut Català del Suro i en concret a la Patrícia Jové per la seva ajuda en l'anàlisi cromatogràfic, també als amics de Cyclic Beer Farm per la aportació de les cerveses implicades i la gestió del primer tast sensorial així com a BrewHome per cedir el seu espai per al segon tast i a Ricard Boqué per la seva ajuda en el tractament de les dades estadístiques.

## BIBLIOGRAFIA

- 1- Silva, S. P., Sabino, M. A., Fernandes, E. M., Correlo, V. M., Boese, L. F & Reis, R. L., (2005) Cork: properties, capabilities and applications.
- 2- Maga, J.A. & Puech, J.L. (2005). Cork and Alcoholic Beverages. Food reviews International (p. 53).
- 3- Historia del suro:  
<http://www.retecork.org/index.php?menu=artesanos&submenu=historia-del-corcho> (2020, Setembre).
- 4- Mills, N., Lopes, P., and Cabral, M. (2007), El oxígeno reaviva el debate sobre taponado. *Australian consultant Amorim's Research and Development Department*
- 5- Lopes, P., Saucier, C., Teissedre, P. L., & Glories, Y. (2005) Impact of Storage Position on Oxygen Ingress through Different Closures into Wine Bottles. Facultat d'Enologia de Bordeus, Universitat Victor Segalen Bordeaux, Talence Cédex, França. *Journal of Agricultural and food chemistry*.
- 6- Cravero, M. C., (2020) Musty and Moldy Taint in Wines: A Review. *Institute of Brewing and distilling*.
- 7- Markowski, P., Arthur, T., & De Baets, Y. (2004). *Farmhouse Ales. Culture and Craftsmanship in the Belgian Tradition*. Colorado, (p. 2-30, 38-4, 103-110, 132).
- 8- Aouizerat, T., Gutman, I., Paz, Y., Maeir, A. M., Gadot, Y., Gelman, D, Szitenberg, A., Drori, E., Pinkus, A., Schoemann, M., Kaplan, R., Ben-Gedalya, T., Copenhagen-Glazer, S., Reich, E., Saragovi, A., Lipschits, O., Klutstein, M., Hazan, R., (2019). Isolation and Characterization of Live Yeast Cells from Ancient Vessels as a Tool in Bio-Archaeology. *Ecological and Evolutionary Science*.
- 9- Lockhart, B., (2007). *Soda Bottles and Bottling at Alamogordo, New Mexico. Bottles and extras The Origins and Life of the Export Beer Bottle* (p. 49- 58). D, Carolina del Nord: Lulu Editions.
- 10- Oliveira, A.S., Furtado, I., Bastos, M.L., Guedes de Pinho, P., Pinto, J. (2020), The influence of different closures on volatile composition of a white wine. *Food Packaging and Shelf Life*.
- 11- Lagorce-Tachon, A., Karbowski, T., Champion, D., Gougeon, R. D., Bellat, J. P. (2015), Mechanical properties of cork: Effect of hydration.
- 12- Štulíková, K., Novák, J., Váček, J., Šavel, J., Košin, P., and Dostálek, P. (2020), Bottle Conditioning: Technology and Mechanisms Applied in Refermented Beers.

- 13- Engelhardt, N., (2016) Influence of crown corks on Beer quality. *Brauwelt International Journal*.
- 14- Mas,A., Puig, J., Lladó, N. & Zamora, Z. (2002). Sealing and Storage Position Effects on Wine Evolution.
- 15- Venturi, F., Sanmartina, C., Taglieria, I., Xiaoguo, Y., Quartaccia, M.F., Sgherria, C., Andricha, G. & Zinnaia, A. (2017). A kinetic approach to describe the time evolution of red wine as a function of packaging conditions adopted: Influence of closure and storage position.
- 16- McMahon, K. M., Culver, C. & Ross, C. F. (2017). The production and consumer perception of sparkling wines of different carbonation levels. *Journal of wine research*.
- 17- Tonsmeire, M.(2014). *American sour beers : innovative techniques for mixed fermentations*. Colorado.
- 18- Fermentacions mixtes:  
[http://www.milkthefunk.com/wiki/Brettanomyces#Ester\\_Production](http://www.milkthefunk.com/wiki/Brettanomyces#Ester_Production) (Octubre, 2020)
- 19- Alves,V., Gonçalves J, Figueira, J.A., Ornelas, L. P., Branco,R.N., Câmara, J. S., Pereira, J., (2020), Beer volatile fingerprinting at different brewing steps.
- 20- Barták, P. (1996). Determination of phenols by solid-phase microextraction *Department of Analytical Chemistry*.
- 21- Tècniques de GC-MS:  
[https://es.qaz.wiki/wiki/Gas\\_chromatography%E2%80%93mass\\_spectrometry](https://es.qaz.wiki/wiki/Gas_chromatography%E2%80%93mass_spectrometry) (Setembre 2020).
- 22- Ezquerro, O.,Tena, M.T. (2005) Determination of odour-causing volatile organic compounds in cork stoppers by múltiple headspace solid-phase microextraction. *Journal of Chromatography*.
- 23- Coelho, E., Magalhães, J., Pereira, F. B., Macieira, F. And Domingues, L. (2019). Volatile fingerprinting differentiates diverse-aged craft beers.
- 24- M. Riu-Aumatell, P. Miró, A. Serra-Cayuela, S. Buxaderas, E. López- Tamames. (2014) *Assessment of the aroma profiles of low-alcohol beers using HS-SPME-GCMS*.
- 25- Ghasemi-Varnamkhasia, M., Mohtasebia, S. S., Siadatb, M., Lozanoc, J., Ahmadi, H., Razavid, S.H., Dickoe, A. (2011). Aging fingerprint characterization of beer using electronic nose.
- 26- Viejo, C. G., Fuentes, S., Torrico, D., Godbole, A., Dunshea, F. (2019), Chemical characterization of aromas in beer and their effect on consumers liking.

- 27- Olaniran, A., Mduduzi, L.H., Mokoena, P., and Pillay, B., (2016) Flavour-active volatile compounds in beer: production, regulation and control. *Institute of Brewing and distilling*.
- 28- Meilgaard M., & Civille, G.V., Carr, T.(2000). *Sensory Evaluation Techniques: Third Edition*. (Florida).
- 29- Consells per al taponament: <https://ebroccork.com/2018/10/16/consejos-de-embotellado> (Octubre 2020).
- 30- Identificadors químics: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov> (Novembre 2020).
- 31- Identificadors químics:  
<https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?Source=1993BAR%2FCAR107> (Octubre, 2020).
- 32- Rossi, S., Sileoni, V., Perretti, G. and Marconia, O. (2013), Characterization of the volatile profiles of beer using headspace solid-phase microextraction and gas chromatography–mass spectrometry.
- 33- Sensorial: <https://cervesaencatala.blogspot.com/> (Novembre 2020)
- 34- Cravero, M. C., Bonello, F., Pazo Alvarez, M. C., Tsolakis, C., and Borsa, D. (2015) The sensory evaluation of 2,4,6-trichloroanisole in wines.

## ANNEX

Taula 1: Compostos identificats, nom comú i àrea de pic.

Taula 2: Famílies químiques dels compostos i descriptors sensorials.

Taula 3: Compostos trobats únicament a Ambrée o a Digresión (exclusos els trobats en una sola mostra).

Gràfic 1: Gràfic de Loadings: compostos implicats en PCA.

Gràfic 2: Hotelling's  $T^2$ .

Gràfic 3: Variança PCA.

Taula 4: Mostra fitxa de tast comparatiu.

Taula 5: Percentatge de diferències trobades en totes les mostres creuades.

Taula 6: Recull tast comparatiu Ambrée.

Taula 7: Recull tast comparatiu Digresión.

Taula 8: Resum tast de les dues cerveses.

Taula 9: Registre mitjana pH tast comparatiu.

Taula 1. Compostos volàtils identificats i àrees de pic.

| Àrea de pic | Nom IUPAC              | Nom comú                         |
|-------------|------------------------|----------------------------------|
| 2147483647  | ethyl decanoate        | Decanoic acid, ethyl ester       |
| 2147483647  | ethyl octanoate        | Octanoic acid, ethyl ester       |
| 1798006642  | ethyl dec-9-enoate     | Ethyl 9-decenoate                |
| 1271620077  | ethyl dodecanoate      | Dodecanoic acid, ethyl ester     |
| 721304813   | 2-phenylethanol        | Phenylethyl Alcohol              |
| 514733747   | ethanol                | Ethanol                          |
| 454360473   | ethyl (E)-dec-4-enoate | Ethyl trans-4-decenoate          |
| 354572485   | ethyl hexanoate        | Hexanoic acid, ethyl ester       |
| 337206955   | 3-methylbutyl acetate  | isoamyl acetate                  |
| 306899477   | 2-phenylethyl acetate  | Acetic acid, 2-phenylethyl ester |
| 300968849   | 3-methylbutan-1-ol     | isoamyl alcohol                  |

Estudi de l'impacte sensorial dels volàtils del suro en cervesa.

|                    |   |  |
|--------------------|---|--|
| 242254241          | ethyl hexadecanoate   | Hexadecanoic acid, ethyl ester           |
| 210356264          | 4-ethyl-2-methoxyphenol   | 4-Ethylguaiacol                          |
| 132161556          | 3-methylbutyl octanoate   | Isoamyl octanoate                        |
| 72633452           | ethyl nonanoate   | Nonanoic acid, ethyl ester               |
| 66216189           | 2-methylbutyl octanoate   | Octanoic acid, 2-methylbutyl ester       |
| 55782787           | 4-ethylphenol   | 4-ethylphenol                            |
| 55168760           | ethyl heptanoate  | Heptanoic acid, ethyl ester              |
| 53240173           | 3-methylbutyl decanoate   | Isoamyl decanoate                        |
| 49136200           | octacosane  | Octacosane                               |
| 48743297           | 3,7-dimethylocta-1,6-dien-3-ol  | linalool                                 |
| 48583369           | 2-ethylhexan-1-ol   | 1-Hexanol, 2-ethyl-                      |
| 46371485           | 6-methylheptyl dodecanoate  | isooctyl laurate                         |
| 46219577           | 2-(6-tert-butyl-1,1-dimethyl-2,3-dihydroinden-4-yl)acetic acid                                |  |
| 44439865           | ethyl tetradecanoate  | Ethyl myristate                          |
| 43259016           | 4-butan-2-yl-2,6-ditert-butylphenol   |  |
| 42110944           | 2-methylpropyl octanoate  | Isobutyl octanoate                       |
| 37401049           | ethyl (E)-hexadec-11-enoate   | Ethyl E-11-hexadecenoate                 |
| 36995370           | methyl (Z)-dodec-5-enoate   | cis-5-Dodecenoic acid, methyl ester      |
| 30623294           | (E)-3-(3,5-ditert-butyl-4-hydroxyphenyl)prop-2-enoic acid                                     | 3,5-di-tert-Butyl-4-hydroxycinnamic acid |
| 29920050           | decan-1-ol  | 1-Decanol                                |
| 29458470           | 2,6-ditert-butylcyclohexa-2,5-diene-1,4-dione   |  |
| 29176512           | N-(1-ethyl-2,2,4-trimethyl-3,4-dihydroquinolin-7-yl)propanamide                               | Propanamida                              |
| 28296519           | 4-ethenyl-2-methoxyphenol   | 4-vinylguayacol                          |
| 27437288           | triethyl phosphate  | Triethyl phosphate                       |
| 22763070           | 1-(3,5-ditert-butyl-4-hydroxyphenyl)propan-1-one  |  |
| 21421403           | methyl (Z)-N-hydroxybenzenecarboximidate  | Oxime-, methoxy-phenyl-                  |
| 20659845           | ethyl (E)-hexadec-9-enoate  | Ethyl 9-hexadecenoate                    |
| <b>Àrea de pic</b> | <b>Nom IUPAC</b>  | <b>Nom comú</b>                          |
| 19363978           | 6,7,9,9-tetramethyl-2-oxatetracyclo[5.5.0.0.1,3.0.8,10]dodecane                               | Calarene epoxide                         |
| 18316876           | ethyl (E)-dec-4-enoate  | Ethyl trans-4-decenoate                  |
| 17845800           | 2,4,6-tritert-butylphenol   |  |
| 17007238           | 2-methylpropyl decanoate  | isobutyl decanoate                       |
| 16417569           | (1R,4aS,10aR)-1,4a-dimethyl-7-propan-2-yl-2,3,4,9,10,10a-hexahydrophenanthrene-1-carbaldehyde | Dehydroabietic aldehyde                  |
| 16256287           | (3Z)-7-chloro-3-[[4-(dimethylamino) phenyl]methylidene]-5-phenyl-1H-1,4-benzodiazepin-2-one   |  |
| 15061374           | octan-1-ol  | 1-Octanol                                |
| 14928915           | (3S,6Z)-3,7,11-trimethyldodeca-1,6,10-trien-3-ol  | d-Nerolidol                              |

Estudi de l'impacte sensorial dels volàtils del suro en cervesa.

|          |  |   |
|----------|--|---|
| 14767551 | 1,1,3,3-tetramethyl-4,6-di(propan-2-yl)-2H-inden-5-ol              |   |
| 14537598 | 3-methylbutyl dodecanoate  | Isoamyl laurate                           |
| 12569580 | ethyl 2-phenylacetate  | ethyl phenylacetate                       |
| 12235184 | methyl (2E)-3,7-dimethylocta-2,6-dienoate                          | Methyl geraniate                          |
| 12042735 | ethyl octadecanoate  | ethyl Stearate                            |
| 11340708 | 2-(4-methylcyclohex-3-en-1-yl)propan-2-ol                          | $\alpha$ -Terpineol                       |
| 10442021 | methyl 4-methylidenehexanoate                                      | Hexanoic acid, 4-methylene-, methyl ester |
| 10429239 | hexyl acetate  | Acetic acid, hexyl ester                  |
| 10302982 | (E)-1-(2,6,6-trimethylcyclohexa-1,3-dien-1-yl)but-2-en-1-one       | damascenone                               |
| 10138645 | methyl 3-ethylpent-2-enoate  | 2-Pentenoic acid, 3-ethyl-, methyl ester  |
| 10110415 | ethyl (Z)-octadec-9-enoate   | Ethyl Oleate                              |
| 10099911 | methyl (2Z)-3,7-dimethylocta-2,6-dienoate                          |   |
| 9996961  | decanoic acid  | Capric acid                               |
| 8926240  | 1-(3,5-ditert-butyl-4-hydroxyphenyl)ethanone                       |   |
| 8797067  | 2,6-ditert-butylbenzene-1,4-diol                                   |   |
| 8498628  | methyl (E)-hept-2-enoate   | 2-Heptenoic acid, methyl                  |
| 7777312  | [(E)-but-1-enyl]benzene  | Butenylbenzene                            |
| 7533841  | 2-[(1S)-4-methylcyclohex-3-en-1-yl]propan-2-ol                     | L- $\alpha$ -Terpineol                    |
| 7106087  | butan-2-yl octanoate   | Sec-butyl octanoate                       |
| 6581927  | 1-(3-ethyl-5,5,8,8-tetramethyl-6,7-dihydronaphthalen-2-yl)ethanone | Versalide                                 |
| 5943951  | 1,1-didodecoxyhexadecane   | $\alpha$ -Terpineol                       |
| 5842351  | (E)-pentatriacont-17-ene   | 17-Pentatriacontene                       |
| 5811648  | docosan-1-ol   | Behenic alcohol                           |

Taula 2. Famílies compostos identificats i els seus descriptors organolèptics.

| Família         | Compost  | Descriptor                  | CAS              |
|-----------------|--|-----------------------------|------------------|
| <b>Alcohols</b> | isoamyl alcohol  | alcohols fusel, plàtan      | 000123-51-3      |
|                 | 1-decanol  | greixós                     | 000112-30-1      |
|                 | 1-hexanol, 2-ethyl   | herba, rosa                 | 000104-76-7      |
|                 | 1-octanol  | cremat, ametlla amarga      | 111-87-5         |
|                 | docosanol  | medicament                  | 000661-19-8      |
|                 | ethanol  | alcohol, medicinal          | 000064-17-5      |
|                 | phenylethyl alcohol  | afruitat, mel, roses, liles | 000060-12-8      |
|                 | 1,4-benzenediol, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-                           |                             | 2444-28-2        |
|                 | 1h-inden-5-ol, 2,3-dihydro-1,1,3,3-tetramethyl-4,6-bis(1-methylethyl)- |                             | 93892-40-1       |
|                 | <b>Èsters</b>  | isoamyl acetate             | afruitat, plàtan |

Estudi de l'impacte sensorial dels volàtils del suro en cervesa.

|   |                          |              |
|---|--------------------------|--------------|
| 2-heptenoic acid, methyl ester                          |                          | 22104-69-4   |
| 2-pentenoic acid, 3-ethyl-, methyl ester                |                          | 13979-17-4   |
| 2,6-octadienoic acid, 3,7-dimethyl-, methyl ester, (z)- | floral, afruitat, herbal | 2349-14-6    |
| 3,5-di-tert-butyl-4-hydroxycinnamic acid                |                          | 22014-01-3   |
| acetic acid, 2-phenylethyl ester                        | floral, compota          | 000103-45-7  |
| acetic acid, hexyl ester                                | amarg, poma, pera        | 000142-92-7  |
| ethyl phenylacetate                                     | amarg, cacao, dolç       | 000101-97-3  |
| cis-5-dodecenoic acid, methyl ester                     |                          |              |
| decanoic acid, ethyl ester                              | greixós, estable         | 000110-38-3  |
| dodecanoic acid, ethyl ester                            | floral, sabonós          | 000106-33-2  |
| isooctyl laurate  |                          | 84713-06-4   |
| ethyl e-11-hexadecenoate                                |                          |              |
| ethyl 9-decenoate                                       | afruitat                 | 067233-91-4  |
| ethyl 9-hexadecenoate                                   |                          | 54546-22-4   |
| ethyl oleate  |                          | 111-62-6     |
| ethyl trans-4-decenoate                                 | brandy, cerós, afruitat  | 76649-16-6   |
| heptanoic acid, ethyl ester                             | brandy, vi, rom, meló    | 000106-30-9  |
| hexadecanoic acid, ethyl ester                          | cremós, cerós, bàlsam    | 000628-97-7  |
| hexanoic acid, 4-methylene-, methyl ester               |                          | 73805-48-8   |
| hexanoic acid, ethyl ester                              | greixós, estable         | 000123-66-0  |
| isoamyl laurate   |                          | 6309-51-9    |
| isobutyl decanoate                                      |                          | 030673-38-2  |
| isobutyl octanoate                                      | afruitat                 | 005461-06-3  |
| nonanoic acid, ethyl ester                              | vi, rosa, rom            | 000123-29-5  |
| ethyl stearate  | suave, cerós             | 000111-61-5  |
| sec-butyl octanoate                                     |                          | 5458-61-7    |
| octanoic acid, 2-methylbutyl ester                      | afruitat                 | 1000330-94-4 |
| isoamyl octanoate                                       |                          | 2035-99-6    |
| octanoic acid, ethyl ester                              | afruitat, resinós, gespa | 000106-32-1  |
| isoamyl decanoate                                       | dolç, brandy             | 002306-91-4  |
| ethyl myristate   | sabó, èter, lirio        | 000124-06-1  |
| triethyl phosphate                                      |                          | 000078-40-0  |
| methyl geranate   | herba, afruitat, cerós   | 002349-14-6  |
| oxime-, methoxy-phenyl-                                 |                          | 1000222-86-6 |

Estudi de l'impacte sensorial dels volàtils del suro en cervesa.

|                          |   |                         |             |
|--------------------------|---|-------------------------|-------------|
| <b>Àcids Carboxílics</b> | 1h-indene-4-acetic acid, 6-(1,1-dimethylethyl)-2,3-dihydro-1,1-dimethyl                     |                         | 55591-05-4  |
|                          | capric acid   | ranci, greixós          | 000334-48-5 |
| <b>Fenols</b>            | 4-vinylguayacol   | caramel                 | 7786-61-0   |
|                          | phenol, 2,4,6-tris(1,1-dimethylethyl)-  |                         | 732-26-3    |
|                          | phenol, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-(1-methylpropyl)-                                      |                         | 017540-75-9 |
|                          | 4-ethylphenol   | cuir                    | 000123-07-9 |
|                          | 4-ethylguaiacol   | especiati, dolç         | 002785-89-9 |
| <b>Hidrocarburs</b>      | octacosane  |                         | 630-02-4    |
|                          | 1-phenyl-1-butene   |                         | 824-90-8    |
|                          | 17-pentatriacontene   |                         | 6971-40-0   |
|                          | calareneoxide   | llenyós, sec            | 68926-75-0  |
|                          | hexadecane, 1,1-bis(dodecyloxy)-  |                         | 56554-64-4  |
| <b>Cetones</b>           | damascenone   | tabac, roses            | 023726-93-4 |
|                          | 2,5-cyclohexadiene-1,4-dione, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-                                   |                         | 000719-22-2 |
|                          | 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-(1-oxopropyl)phenol  |                         | 014035-34-8 |
|                          | 3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyacetophenone   |                         | 14035-33-7  |
|                          | versalide, polycyclic musk  | almesc                  | 000088-29-9 |
|                          | 2,5-cyclohexadiene-1,4-dione, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-                                   |                         | 000719-22-2 |
|                          | 7-chloro-2,3-dihydro-3-(4-n,n-dimethylaminobenzylidene)-5-phenyl-1h-1,4-benzodiazepin-2-one |                         | 055056-35-4 |
| <b>Terpenoids</b>        | l- $\alpha$ -terpineol  |                         | 10482-56-1  |
|                          | d-nerolidol   | avet, pi, linòleum      | 142-50-7    |
|                          | linalool  | lavanda, nabius, floral | 78-70-6     |
| <b>Aldehids</b>          | dehydroabietic aldehyde   |                         | 013601-88-2 |
| <b>Amides</b>            | propanamida   |                         | 63134-09-8  |

Taula 3. Compostos volàtils específics d'Ambrée i de Digresión.

| <b>Compostos únics a Ambrée</b> |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Èsters</b>                   | 2-Pentenoic acid, 3-ethyl-, methyl ester<br>2-Heptenoic acid, methyl<br>2,6-Octadienoic acid, 3,7-dimethyl-, methyl ester, (Z)-<br>Acetic acid, hexyl ester*<br>Ethyl Oleate*<br>Octanoic acid, 2-butyl ester** |
| <b>Alcohols</b>                 | 1-Hexanol, 2-ethyl<br>1H-Inden-5-ol, 2,3-dihydro-1,1,3,3-tetramethyl-4,6-bis(1-methylethyl)-  |
| <b>Terpenoids</b>               | L- $\alpha$ -Terpineol**  |
| <b>Fenols</b>                   | 4-vinylguaiacol   |
| <b>Aldehids</b>                 | Dehydroabietic aldehyde   |
| <b>Àc. carboxílics</b>          | capric àcid   |

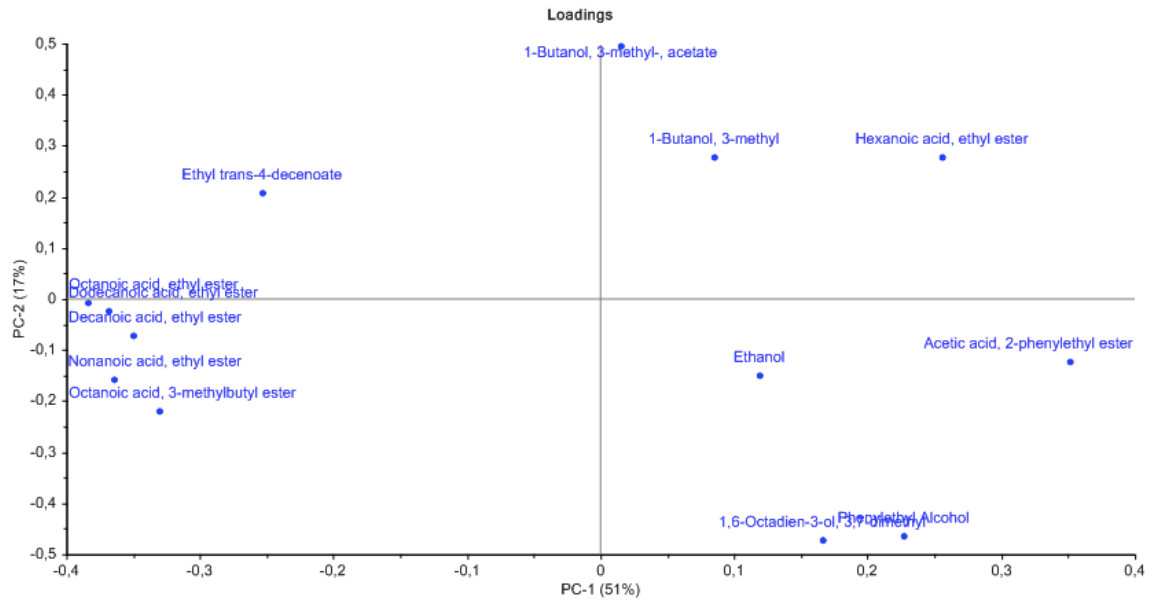
\*Acetic acid, hexyl ester = només a ASH!

\*\*Octanoic acid, 2-butyl ester, Ethyl Oleate i L  $\alpha$ -Terpineol = només a ASV!!

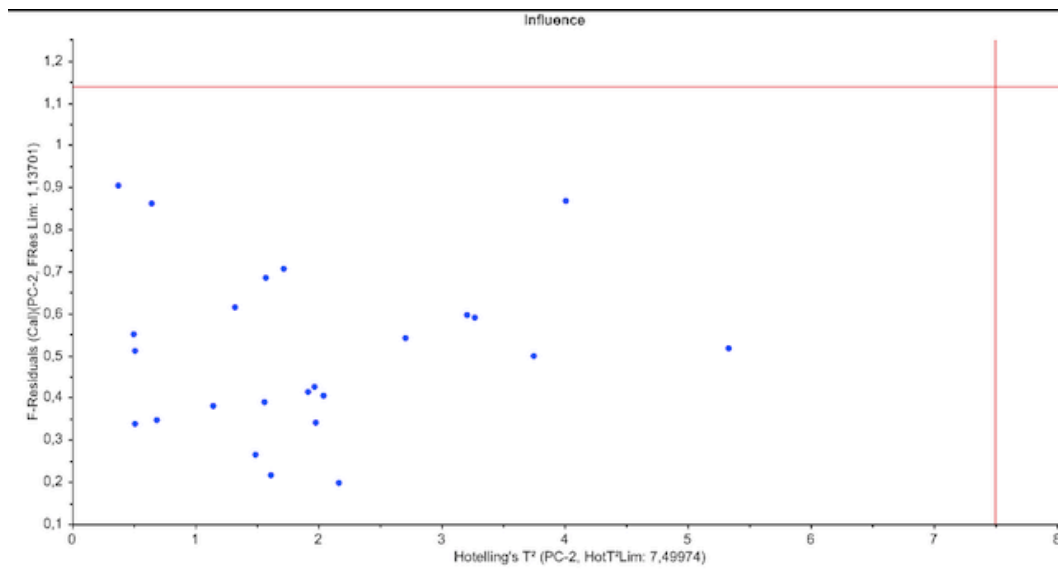
| <b>Compostos únics a Digresión</b> |  |
|------------------------------------|--|
| <b>Èsters</b>                      | cis-5-Dodecenoic acid, methyl ester<br>ethyl Stearate*<br>Heptanoic acid, ethyl ester<br>Isoamyl laurate<br>n-Capric acid isobutyl ester<br>Oxime-, methoxy-phenyl-<br>_ |
| <b>Fenols</b>                      | 4-Ethylguaiacol<br>4-ethylphenol   |
| <b>Hiidrocarburs</b>               | Calarene epoxide   |

\*Ethyl Stearate= només a DSV!

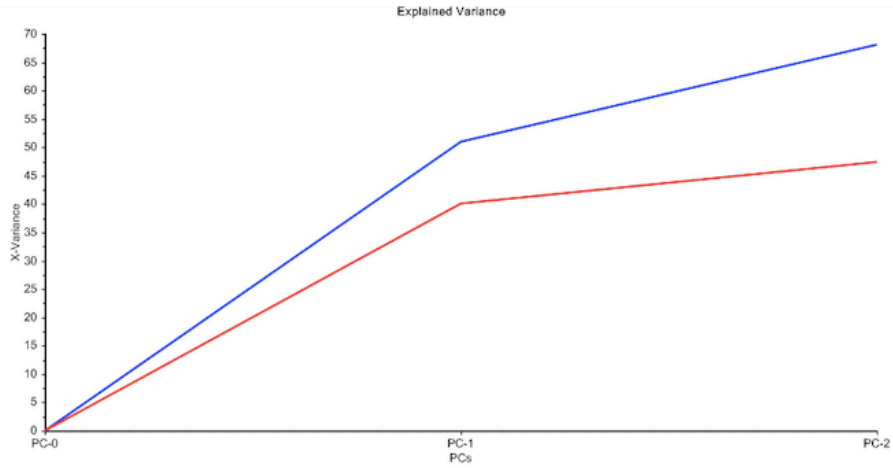
Estudi de l'impacte sensorial dels volàtils del suro en cervesa.



Gràfic 1. Gràfic de Loadings: compostos implicats en PCA.



Gràfic 4. Hotelling's T<sup>2</sup>



Gràfic 3.. Variança PCA

Taula 4. Mostra fitxa de tast comparatiu.

| Muestras Ambrée                                     | ASH vs ASV | AXH vs AXV | ASH vs AXH | ASV vs AXV | Muestras Digresión                                  | DSH vs DSV | DXH vs DXV | DSH vs DXH | DSV vs DXV |
|---|------------|------------|------------|------------|---|------------|------------|------------|------------|
| ¿Hay diferencias? (sí/no)                           |            |            |            |            | ¿Hay diferencias? (sí/no)                           |            |            |            |            |
| Apariencia  |            |            |            |            | Apariencia  |            |            |            |            |
| Aroma   |            |            |            |            | Aroma   |            |            |            |            |
| Sabor   |            |            |            |            | Sabor   |            |            |            |            |
| Otros (drinkability, impresión general/preferencia) |            |            |            |            | Otros (drinkability, impresión general/preferencia) |            |            |            |            |

Taula 5. Percentatge de diferències trobades en totes les mostres creuades.

| <b>TOTES LES MOSTRES</b>                         | <b>SH vs SV</b> | <b>XH vs XV</b> | <b>SH vs XH</b> | <b>SV vs XV</b> |            |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|
| <b>Sí, hi ha Diferències</b>                     | 95%             | 100%            | 88%             | 94%             | <b>94%</b> |
| <b>Apariència</b>                                | 68%             | 65%             | 29%             | 71%             | <b>66%</b> |
| <b>Aroma</b>                                     | 95%             | 100%            | 85%             | 68%             | <b>90%</b> |
| <b>Sabor</b>                                     | 84%             | 66%             | 61%             | 73%             | <b>69%</b> |
| <b>Altres (Drinkability, Overall Impression)</b> | 79%             | 63%             | 54%             | 46%             | <b>58%</b> |
|  | <b>84%</b>      | <b>66%</b>      | <b>61%</b>      | <b>71%</b>      |            |

Taula 6. Recull tast comparatiu Ambrée.

| AMBRÉE  | ASV VS ASH  | AXV VS AXH   | ASV VS AXV   | ASH VS AXH   |
|---|---|--|--|--|
| <b>Sí Hay diferencias</b>                       | 100   | 100  | 100  | 75   |
| <b>Apariencia</b>                               | SV: + Encaje espuma, ± <u>clara</u>   | XV: + encaje espuma, ± <u>clara</u>  | SV:  | SH: + brillante, + retención                             |
| <b>Apariencia</b>                               | SH: burbuja + gruesa, espuma + cremosa, + limpia y brillante; más turbia      | XH: + persistencia espuma  | XV: + encaje espuma, + turbia, ++ <u>clara</u> , mejor cabeza,           | XH: ± <u>clara</u> , + gas                               |
| <b>Aroma</b>                                    | SV: + alcohol, ± <u>aromática</u> , <u>dulce</u> , afrutada                   | XV: + naranja, + aromática, plain caramel, almendra,   | SV: + olor pies, alcohol, no gusta, pasas, ± <u>aromática</u> , + limpia | SH: + sulfuroso, naranja, banana, + expresiva, + abierta |
| <b>Aroma</b>                                    | SH: + sulfuroso, + redondo, cerrado, cítrico, + cáscara, almendra, aromática, | XH: ± +oxidación, + sulfurosa, tapada, +hoppy, más limpia, afrutada  | XV: ± +sulfuroso, + funky, vaso mal lavado, fruto seco, alcohol, café    | XH: + brett, + cerrado, + alcohol, + vinagre             |
| <b>Sabor</b>                                    | SV: + spicy, delgada, cítrica, rústica, banana, metal                         | XV: ± + <u>caramelo</u> , + <u>funky</u> , metal, + bitter   | SV: + dulce, + amplia, + madera, ± <u>ácida</u>                          | SH: banana, clavo  |
| <b>Sabor</b>                                    | SH: + redondo, ++ <u>metálico</u> , cerrado, + cremosa, alegre, caramelo,     | XH: + <u>ligero picor</u> , ++ <u>amargor astringente</u> , final agrio, + madera, corcho, + sabor, + creamy | XV: ++ <u>amargor residual</u> , + cítrica                               | XH: ++ <u>oxidación</u> , delgada, madera, corcho        |
| <b>Otros (drinkability, overall impression)</b> | SV: + fresca, + ligera, bebible, aguada                                       | XV: <u>gusta+ ±</u> , + ligera, <u>+bebible</u>  | SV: <u>gusta +</u>   | SH: + limpia,  |
| <b>Otros (drinkability, overall impression)</b> | SH: <u>gusta ±</u> , + matices,   | XH: no gusta, + interesante  | XV: <u>gusta + / no gusta</u> , + bebible                                | XH: <b><u>NO GUSTA</u></b> , menos gas,                  |

S'indica amb +subratllat quan coincideixen 2 panelistes. ++subratllat = 3 panelistes; ++subratllat negreta = 4 panelistes; **MAJUSCULA** = 5 panelistes.

Taula 7. Recull tast comparatiu Digresió.

| DIGRESIÓN                                       | DSV vs DSH  | DXV vs DXH  | DXV vs DSV  | DXH vs DSH   |
|---|---|---|---|--|
| <b>Sí Hay diferencias</b>                       | 100   | 100   | 75  | 75   |
| <b>Apariencia</b>                               | SV: burbuja + fina, <u>++clara</u>                                | XV: <u>+limpia</u> , menos espuma, + cloudy   | XV: <u>+limpia</u>  | XH: + clara  |
| <b>Apariencia</b>                               | SH: + espuma, <u>+ turbia</u> , + retención, encaje,              | XH: <u>+ turbia</u> , + retención, + encaje, + carbonatación,   | SV: + retención, encaje,  | SH: + retención encaje,  |
| <b>Aroma</b>                                    | SV: + funky, velado, afrutada, +plana, + aroma                    | XV: vino espumoso, dulce, piña, clavo, ésteres frutales   | XV: + dulce, + velada, +fresca  | XH: metálico, <u>++ sulfuroso</u> , +abierta, potente, cáscara |
| <b>Aroma</b>                                    | SH: <u>+ dulce</u> , + plana, + cítrico, <u>+ cerrado</u> , musty | XH: + metálico, + sulfuroso, + cítrico, + evolucionada, +yeasty, + potencia, acética, + funky, madera | SV: + +sulfuroso, <u>± aromática</u> , cítrica                              | SH: + brett, <u>± cerrado</u> , + musty, frutal                |
| <b>Sabor</b>                                    | SV: + carbonatación, + amarga, + brillo, + abierta                | XV: cítrica, amargor limpio, husky, cítrica   | XV: <u>+ácida</u> , delgada, matices, abierta, clean tart                   | XH: + sabor, + metálico, cuerpo, untuosa, + cerrada            |
| <b>Sabor</b>                                    | SH: <u>+ acidez</u> , + redonda, fruity, rústica                  | XH: + acidez, + redonda, <u>± persistència sabor</u> , amargor, <u>++ funky</u> , fruity              | SV: <u>++ acida</u> , amargor + <u>persistente</u> , +llena en boca, banana | SH: + acidez, + fresca, + redonda, + recorrido                 |
| <b>Otros (drinkability, overall impression)</b> | SV: <u>gusta +</u>  | XV: gusta +   | XV: delgada, amarga, + bebible, +madera                                     | XH: <u>gusta ±</u> , +compleja, oleosa                         |
| <b>Otros (drinkability, overall impression)</b> | SH: <u>gusta ++</u> , <u>++ completa</u> , amable                 | XH: gusta +, <u>±</u> corta en boca, + bebible, + brett   | SV: gusta +, + defectuoso   | SH: + ligera, bebible  |

S'indica amb +subratllat quan coincideixen 2 panelistes. ++subratllat = 3 panelistes; **++subratllat negreta** = 4 panelistes; **MAJUSCULA** = 5 panelistes.

Taula 8. Resum tast de les dues cerveses.

|  | SV VS SH   | XV VS XH   | SV VS XV  | SH VS XH  |
|--|--|--|---|---|
| Diferencias (%)                          | 100  | 100  | 100   | 75  |
| Apariencia                               | SV: + Encaje espuma, <u>± clara(7)</u> , burbuja + fina,   | XV: + encaje espuma, <u>± clara</u> , + limpia(3), menos espuma, + cloudy  | SV: + retención, turbidez   | SH: + brillante, + retención (2)  |
|  | SH: burbuja + gruesa, espuma + cremosa, + limpia y brillante; <u>± turbia (3)</u> , + retención, encaje                                    | XH: + persistencia espuma(2), + turbia(3), + encaje, + carbonatación,  | XV: + encaje espuma, + turbia, <u>+ clara(7)</u> mejor cabeza,  | XH: <u>+ clara, (4)</u> + gas   |
| Aroma                                    | SV: + alcohol, <u>± aromática(3)</u> , <u>dulce(2)</u> , <u>+afrutada(2)</u> + funky, velado, +plana,                                      | XV: + naranja, + aromática, plain caramel, almendra, vino espumoso, dulce, piña, clavo, ésteres frutales   | SV: + alcohol, pasas, <u>± aromática (4)</u> , + limpia, +sulfuroso, cítrica  | SH: + brett, + cerrado, + musty, frutal,+ sulfuroso, naranja, banana, + expresiva                                     |
|  | SH: + sulfuroso, + redondo, <u>+ cerrado(2)</u> , <u>+ cítrico(2)</u> , + cáscara, almendra, aromática, <u>± dulce(3)</u> , + plana, musty | XH: <u>+ oxidación(4)</u> , +sulfurosa(2), tapada, +hoppy, +limpia, +afrutada, +metal, +cítrico, +evolucionada, +yeasty, +potencia, acética, + funky, madera                                     | XV: <u>+ +sulfuroso(5)</u> , + funky, vaso mal lavado, no gusta, + olor pies,+ dulce, + velada, +fresca fruto seco, alcohol, café | XH: + brett, <u>± cerrado, (3)</u> + alcohol, + vinagre, metálico, <u>+ sulfuroso(5)</u> , +abierta, potente, cáscara |
| Sabor                                    | SV: + spicy, delgada, cítrica, rústica, banana, metal, + carbonatación, + amarga, + brillo, + abierta                                      | XV: <u>+caramelo(5, Ambrée)</u> , + funky, metal, + bitter, cítrica, amargor limpio, husky, cítrica  | SV: +dulce, +amplia, +madera, <u>+ácida(5)</u> , <u>amargor + persistente(3)</u> , <u>+llena en boca(2)</u> , banana              | SH: + acidez, + fresca, + redonda, + recorrido banana, clavo  |
|  | SH: <u>+ redondo (2)</u> , <u>+ metálico (4)</u> , cerrado, + cremosa, alegre, caramelo, <u>+ acidez(3)</u> , + redonda, fruity, rústica   | XH: <u>+ligero picor(3)</u> , <u>+amargor astringente(4)</u> , final agrio, + madera, corcho, <u>+ sabor(4)</u> , + creamy, + acidez, + redonda, +amargor, <u>± funky(4, Digestión)</u> , fruity | XV: <u>+ amargor residual(5)</u> , + cítrica, + ácida, delgada, matices, abierta, clean tart                                      | XH: <u>+ oxidación(4)</u> , delgada, madera, corcho, + sabor, + metálico, cuerpo, untuosa, + cerrada                  |
| Otros (drinkability, overall impression) | SV: <u>gusta +(3)</u> , + fresca, + ligera, bebible, aguada  | XV: <u>gusta+ (5)</u> , + ligera, <u>+bebible(3)</u>   | SV: <u>gusta +(4)</u> , defectuoso  | SH: + limpia, + ligera, bebible   |
|  | SH: <u>gusta +(8)</u> , + matices, <u>+ completa (4)</u> , amable  | XH: + interesante, corta en boca, + bebible, + brett   | XV: <u>gusta + / no gusta</u> , + bebible (2),+ amarga, delgada, madera   | XH: <u>NO GUSTA (6)</u> , menos gas, gusta +, +compleja, oleosa   |

Es destaquen aquelles descripcions on han coincidit més d'un tastador i s'indica el nombre d'aquests en parèntesi.

Taula 9. Registre mitjana pH tast comparatiu.

|      | pH                 | Ambrée | Digresión |
|------|--------------------|--------|-----------|
| Suro | <i>Horitzontal</i> | 4,19   | 3,63      |
|      | <i>Vertical</i>    | 4,19   | 3,61      |
| Xapa | <i>Horitzontal</i> | 4,20   | 3,65      |
|      | <i>Vertical</i>    | 4,16   | 3,67      |