El vi:

l'elixir antioxidant

Milena Abreu

Tutors: Albert Alava, Fèlix Busquè, Gregori Ujaque

2n batxillerat C

INS Serrallarga

Blanes

12/01/2015

Agraïments

M’agradaria donar les gràcies al meu tutor de recerca, Albert Alava, pels consells i per les hores extres dedicades a la part pràctica del treball, que no han estat poques. També al Nacho Pérez, per orientar-me en la part pràctica i respondre sempre a les meves preguntes. Gràcies a l’Edgar Gago, per la seva paciència i la seva ajuda en general. Finalment, donar les gràcies als meus pares, als meus germans i als amics.

Índex

Introducció 6
1. Història del vi 8
1.1 Orígens del vi 9
1.2 Egipte 9
1.3 Mesopotàmia 10
1.4 Grècia 11
1.5 Roma 13
1.6 Vi i medicina a Grècia i Roma 15
1.7 Cristianisme 16
1.8 Vi i art 17
1.9 Actualitat 18
2. Fermentació 19
2.1 Fermentació alcohòlica 19
2.2 Fermentació malolàctica 24
3. Composició 25
3.1 Sucres 25
3.2 Alcohols 25
3.3 Àcids 26
3.4 Èsters 27
3.5 Compostos nitrogenats 27
3.6 Compostos fenòlics o polifenols 28
4. Propietats organolèptiques 29
4.1 Color 29
4.2 Tast 33
4.3 Aroma 34

5. “Paradoxa francesa” 38

6. Vi i salut 40

6.1 Polifenols 41

6.1.1 Resveratrol 42

7. Part pràctica 45

Conclusions 55

Bibliografia 57

Glossari 61

El vi és la més sana i natural de les begudes, sempre que es begui amb moderació.

Louis Pasteur

Introducció

El vi és gairebé tan vell com l'home i ha estat des de sempre considerat com l'elixir dels déus, tant pel seu bon tast com per la sensació d'alegria que s'experimenta quan es beu. Es va descobrir per casualitat a la Prehistòria, i des d'aleshores se li han atorgat propietats medicinals. Els metges grecs i romans el receptaven per curar gairebé tots els mals. A més, al contenir alcohol, garantia la netedat de la beguda i el feia molt més segur que l'aigua, en moltes ocasions contaminada. A moltes cultures antigues, el vi no podia faltar a les festes, i era un signe d'estatus.

Avui dia sabem que aquests pioners metges no estaven del tot equivocats, ja que, tot i que no curi el mal de cap o el mal de panxa, el vi realment conté substàncies beneficioses per al cos humà, com els polifenols. No obstant, han fet falta moltíssims estudis per demostrar-ho, i encara en fan falta més per descobrir-ne tots aquests beneficis.

Com que sempre m'he interessat per la química i la biologia, i veient que durant el procés de fabricació del vi es duen a terme dues fermentacions: l'alcohòlica i la malolàctica, en les quals hi tenen lloc moltes reaccions químiques, m'ha semblat interessant triar aquest tema, amb l'objectiu de saber una mica més sobre aquesta complexa beguda que tothom beu amb ignorància. A més, volia saber el motiu pel qual tothom diu que beure una copa de vi al dia és bo per a la salut, quan se suposa que l'alcohol és perjudicial, i fer una petita demostració al laboratori de les seves propietats antioxidants. Al haver-hi tanta propaganda sobre els beneficis de la ingesta de vi, m'he plantejat la següent hipòtesi:

El vi és realment bo per a la salut, o és un qüestió de màrqueting?

A l'inici del treball, vaig llegir diferents llibres sobre viticultura i sobre la història del vi. Aquests m'han ajudat a saber del vi en general, però també, juntament amb els articles d'Internet, a decidir quin enfocament li donaria al meu treball, ja que el que més interessant m'ha semblat és el fet d'utilitzar el vi a la medicina, en el camp del càncer i l'Alzheimer.

Arrel d'aquesta prèvia "investigació" sobre el món del vi, he estructurat el treball en dues parts. Una primera part teòrica en la qual faig una ràpida passada per

les diferents cultures tenint en compte el paper que el vi hi tenia, també explico els dos processos de fermentació per formar el vi i parlo de les propietats organolèptiques que aquest presenta. A continuació parlo de la "paradoxa francesa" i faig una recerca bibliogràfica de diferents articles de revistes científiques que han estudiat els efectes beneficiosos del vi i dels seus components sobre diferents éssers vius, ja que jo no tinc ni les eines ni el temps necessaris per fer tals estudis. La segona part és la pràctica, en la qual m'he proposat comprovar al laboratori si el vi és realment un antioxidant. Per fer-ho, he comparat l'oxidació de la Vitamina C en presència i en absència de vi.

Contràriament al que esperava, el més llarg i complicat ha estat la decoloració del vi, ja que es necessitava molt més carbó actiu del que pensava, i perquè he hagut de fer més d'un filtrat per aconseguir que el vi surtís aproximadament incolor. El meu tutor i jo ens vam passar una tarda sencera per només aconseguir decolorar uns 10 cm^3 de vi. A més, els resultats no han estat els previstos: jo esperava demostrar que el vi protegeix la Vitamina C de la seva oxidació, però els resultats de la part pràctica han estat pràcticament al revés.

Un altre aspecte difícil ha estat trobar informació d'articles científics, perquè la majoria de revistes científiques, a més d'estar en anglès, són privades i s'ha de pagar per poder llegir l'article sencer. És per això que de la majoria d'articles només he pogut llegir l'*abstract* (resum de l'article). A més, com que és un tema que encara s'està estudiant, he trobat diversos estudis amb conclusions contradictòries, però m'he basat en els més recents, perquè he suposat que serien els més fiables.

Tot i que el fet de no haver aconseguit els resultats esperats m'ha decebut, ha estat gratificant i sorprenent descobrir tot el que hi ha sota una beguda tan antiga com el vi: la història, totes les substàncies químiques que conté i les reaccions necessàries per fer-lo, i, sobretot m'han cridat molt l'atenció els estudis que utilitzen els polifenols del vi per a tractar malalties com l'Alzheimer o el càncer. No descarto, en un futur, amb els coneixements i els estris necessaris, seguir aquests estudis per poder, si no curar-les, retardar els efectes o millorar la vida de les persones que les pateixen.

1. Història del vi

Essent Dionís molt jove, després de caminar un llarg tret, s'assegué a descansar. Encara li quedava un llarg tret per recórrer per a finalitzar el seu terrenal viatge i una gran pedra al costat del camí li semblà el més tou dels coixins. Al poc temps, mirant al seu voltant, observà que del sòl emergia una petita planta d'un intens i brillant color verd.

La portaré amb mi, va pensar, per a plantar-la al meu palau, però abans he de buscar un recipient adequat perquè l'abrasador sol de migdia no la panseixi. Amb delicadesa divina la col·locà a l'interior d'un os d'ocell que trobà pels voltants. Continuà el seu viatge i, amb el pas del temps, la planta creixé tant que la seva tija sortia per ambdós extrems de l'os. Necessita la planta un habitacle major, es digué. Mirant al seu voltant, va trobar un os de lleó en el qual la dipositá amb una mica de terra i l'osset d'ocell, el seu recipient primigeni. Al poc temps, el nou test tornà a quedar petit, tiges i fulletes queien pels seus extrems. Buscà novament i fou un gran os d'ase el que trobà en aquesta ocasió. Allí col·locà la verda planta amb els dos envasos primitius.

Figura 1. *Dionís, déu grec del vi.*

Al finalitzar el viatge desitjà trasplantar-la, però no pogué separar les seves arrels dels ossos en els quals s'havia desenvolupat. Féu un sot i sembrà tot el conjunt. Creixé la, en altre temps, planteta amb rapidesa i produí uns raïms vermellosos, plens d'un suc tan dolç com la mel. El déu els estrenyí entre les seves mans i, després d'abocar el most en un recipient de fang cuit, elaborà el primer vi que en acabat oferí als homes.

Al començar a beure'l, observà Dionís, els humans cantaven com els ocells; quan bevien més es tornaven valents com un lleó, però si abusaven d'aquell líquid meravellós, abaixaven el cap i bramaven com els ases.

1.1 Orígens del vi

Com en el cas de la cervesa, els orígens del vi es perden a la prehistòria, ja que la seva invenció, o descobriment, és tan antiga que només s'ha registrat de manera indirecta en mites i llegendes. No obstant, els testimonis arqueològics suggereixen que el vi es va produir per primer cop durant el Neolític, entre 9000 i 4000 a.C., als monts Zagros. Les primeres proves físiques de la seva presència, en forma d'un residu vermellós dins d'un atuell de ceràmica, provenen de Hajii Firuz Tepe, un poblat neolític dels monts Zagros. L'atuell s'ha datat del 5400 a.C. El probable origen del vi en aquesta regió queda reflectit a la història bíblica de Noé, que se suposa que va plantar la primera vinya al vessant del proper mont Ararat (Armènia), després de sobreviure al diluvi. En aquest país pot haver tingut els seus orígens la *Vitis vinifera* i, del seu fruit, els primers vins. És més, la paraula *vino*, en castellà i en italià, pot derivar de *voino*, antic vocable que definia el suc del raïm fermentat en aquelles terres, avui conegudes com Geòrgia i Azerbaidjan.

El vi no és un altra cosa que el suc fermentat de raïms aixafats. Els llevats naturals, presents a la pell d'aquests, transformen els sucres del suc en alcohol. Per tant, els intents d'emmagatzemar raïms o most durant llargs períodes a recipients de ceràmica hauria donat com a resultat el vi.

1.2 Egipte

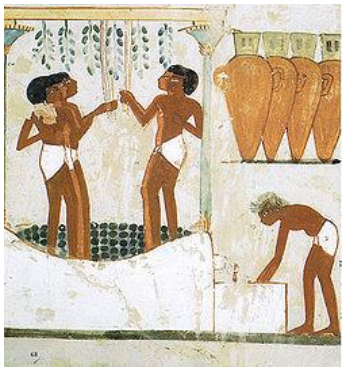

Figura 2. *Elaboració del vi a l'Antic Egipte.*

La vinya, blanca i negra, es cultivava al delta del Nil; i el vi, "el do d'Osiris"[1], corria amb abundància entre la població. Es conserva l'anotació que un abastador de palau va fer arribar al magatzem de Pi Ramses 1500 tines de vi, degudament segellades, catalogant els vins, sempre abocats, pel nombre de tràfecs als quals havien estat sotmesos. Quants més tràfecs, millor qualitat.

[1] Déu bo a qui els egipcis atribuïren la invenció del vi.

1.3 Mesopotàmia

Un dels banquets més esplèndids de la història va ser el que va celebrar el rei Assurnasirpal II d'Asiria, als voltants del 870 a.C., per a senyalar la fundació de la seva nova capital a Nirmud. Al centre de la nova ciutat hi havia un gran palau envoltat de canals i cascades, i d'horts i jardins. El festeig es va prolongar durant deu dies. Hi van assistir 69.574 persones, entre homes i dones de tot l'imperi, nous habitants de Nirmud, dignataris estrangers i funcionaris de palau. L'objectiu era mostrar el poder i la riquesa del rei, tant als del seu propi poble com als representants estrangers. Es van servir un total de 1000 vedelles, 10000 ovelles, 15000 xais, 1000 xaiets, 500 gaseles, 1000 ànecs, 1000 oques, 20000 coloms, 12000 ocellets d'altres classes, 10000 peixos, 10000 jerbus (una espècie de petit rosegador), 10000 ous i 1000 capses de verdura.

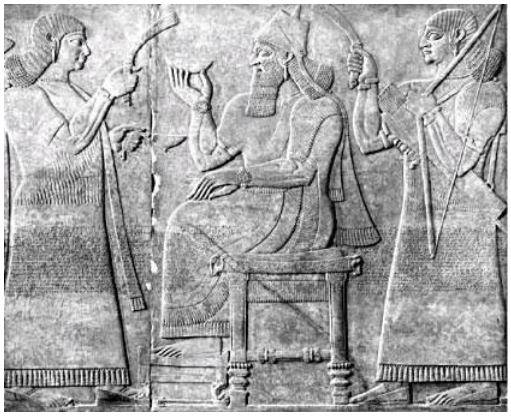

Figura 3. *Assusnasirpal II sostenent un petit bol de vi.*

Tot i això, el més impressionant i significatiu va ser l'elecció de la beguda per part del rei. Com que tenia herència mesopotàmica, va servir deu mil gerres de cervesa, però també hi havia deu mil odres de vi, una quantitat que implicava un desplegament de riquesa molt més impressionant. El vi només estava present a Mesopotàmia en petites quantitats, ja que s'havia d'importar de les muntanyoses terres de vinyars del nord-est, i el cost del transport el tornava deu vegades més car que la cervesa, de manera que a la cultura mesopotàmica se'l considerava una exòtica beguda estrangera. Com a conseqüència, només l'elit podia permetre's beure'l, i el seu ús principal era religiós, perquè la seva raresa i el seu elevat preu el feien mereixedor del consum dels déus, quan es podia obtenir. La majoria de la gent no arribava a tastar-lo mai.

Així doncs, els regnats d'Assurnasirpal i del seu fill Salmanasar van marcar un abans i un després. El vi va arribar a veure's com una beguda social a més de religiosa, i va començar a posar-se cada cop més de moda en tot Orient Pròxim i en el Mediterrani oriental.

1.4 Grècia

A l'antiga Grècia, el vi es bevia als *simposion* (festes formals destinades a això), que eren ocasions per al debat lúdic en les quals els bevedors intentaven superar-se en ingeni, poesia o retòrica. De vegades anava acompanyat d'entreteniment, amb músics i ballarins contractats. L'ambient formal i intel·lectual dels *simposion* recordava als grecs quant civilitzats eren, a diferència dels bàrbars, que bevien cervesa o, pitjor, bevien vi però no ho sabien fer d'una forma mereixedora de l'aprovació grega. Tucídides, autor grec del segle V a.C. que va ser un dels historiadors més important del món antic, va dir: *Els pobles del Mediterrani començaren a emergir de la barbàrie quan van aprendre a cultivar l'olivera i la vid*. Segons una llegenda, Dionís, el déu del vi, va fugir a Grècia per a escapar de la cervesera Mesopotàmia. Una altra tradició grega més generosa diu que Dionís va crear la cervesa pel bé del poble als països on no es podia cultivar la vinya. A Grècia, no obstant, Dionís havia posat el vi a disposició de tothom, com va expressar el poeta tràgic Eurípides: *A rics i a pobres ha concebut la delectança del vi, que fa que cessi qualsevol mal*.

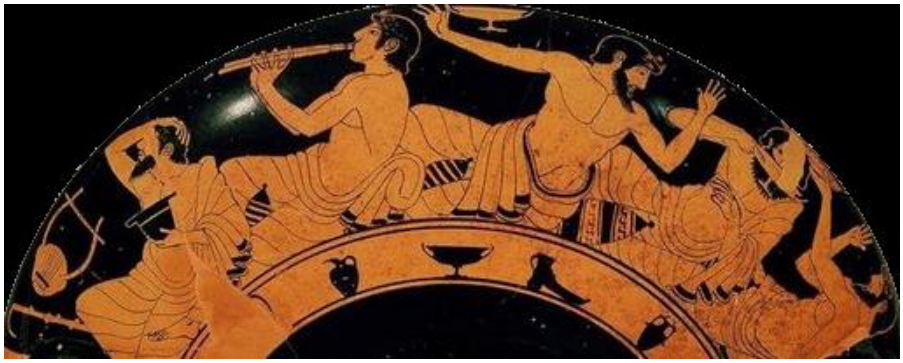

Figura 4. *Bevedors d'un simposion grec.*

Els grecs van ser els primers en produir vi a escala comercial, i en adoptar un apropament metòdic, fins i tot científic, a la viticultura. El vi es va convertir en una de les principals exportacions gregues, i es comercialitzava per via marítima a canvi d'altres mercaderies. *El vi era riquesa; cap al segle VI a.C., les classes terratinents d'Atenes es classificaven en virtut de l'extensió de vinyars que posseïen: la classe més baixa posseïa menys d'unes tres hectàrees,*

mentre que les següents tres tenien al voltant de cinc, sis i deu hectàrees, respectivament.[2]

A mesura que el vi es feia més assequible (fins i tot els esclaus el bevien), l'important ja no era beure vi o no, sinó de quin tipus. Després de la regió d'origen del vi, el més important era l'edat; el vi vell era un signe d'estatus, i quant més vell fos, millor. Per als grecs, beure vi era sinònim de civilització i refinament: el tipus de vi que es bevia i la seva edat indicaven el grau de cultura que es tenia.

El que més distingia la forma de beure vi dels grecs, de les altres cultures, era la pràctica de barrejar-lo amb aigua. Consideraven que no barrejar-lo era propi de bàrbars. Creien que només Dionís podia beure vi pur sense risc. Els mortals només podien veure aquell vi la força del qual s'havia atenuat amb aigua; sinó podien tornar-se extremadament violents o, fins i tot, bojos. L'aigua feia que el vi fos segur, però el vi també feia segura l'aigua, ja que aquest conté agents antibacterians naturals alliberats durant la fermentació. Els filòsofs grecs comparaven aquesta mescla amb la mescla del bé i el mal en la naturalesa humana. No beure gens de vi es considerava igual de dolent que beure'l pur. L'ideal grec era un estadi intermedi.

Plató considerava que el *simposion* reflectia la naturalesa humana i tenia aspectes bons i dolents. No obstant, sempre que se seguissin les regles correctes, els seus aspectes positius podien superar els negatius. De fet, quan va fundar la seva acadèmia on ensenyava filosofia, el *simposion* va proporcionar el model pel seu estil d'ensenyament. Després de cada jornada de lectures i debats, Plató i els seus estudiants menjaven i bevien junts per a *gaudir de la seva mútua companyia i sobre tot per a recrear-se amb erudites tertúlies*.

Gràcies als grecs, el vi va suplantar la cervesa per a convertir-se en la més sofisticada i civilitzada de les begudes.

[2] STANDAGE (2006), p.62.

1.5 Roma

De la mateixa manera que van assimilar i després distribuir tants altres aspectes de la cultura grega, els romans van adoptar els millors vins i tècniques vinícoles dels seus veïns. Per als romans, el vi representava el lloc d'on provenien. Després d'una campanya d'èxit, els soldats eren recompensats amb parcel·les de terra de cultiu, el més prestigiós de les quals era la vinya. Al cultivar-la, no només gaudien de grans banquets i festes amb beguda, sinó que es podien convèncer que romanien fidels a les seves arrels. Cultivar las vinya també representava allò en què s'havien convertit, ja que el vi resultant era un símbol de civilització.

Al voltant del 146 a.C., la península italiana es va convertir en la primera regió productora de vi del món, alhora que Roma es convertia en la potència mediterrània més destacada, amb la caiguda de Cartago al nord d'Àfrica i el saqueig de la ciutat grega de Corint. Al 70 a.C., l'escriptor romà Plini el Vell calculava que existien vuitanta vins de prestigi al món romà, dos terços dels quals es cultivaven a Itàlia. A mesura que la producció vinícola s'intensificava Roma, el consum s'estenia per les regions on arribava el seu domini i més enllà. Els britans adinerats van deixar de banda la cervesa i l'hidromel (beguda híbrida elaborada mitjançant la fermentació de grans de cereal amb mel) per a consumir vins importats de llocs tan allunyats com l'Egeu, i s'enviava vi italià a regions com el Nil meridional i el nord de l'Índia. Al segle I, la producció de vi es va accelerar en les províncies romanes del sud de la Gàl·lia i Hispania, per a mantenir el ritme de la demanda, tot i que els vins italians encara es consideraven els millors. El vi es transportava d'un extrem a un altre del Mediterrani en naus que tenien capacitat per a dues mil o tres mil àmfores de ceràmica, juntament amb esclaus, fruita seca, cristalleria, perfums i altres articles de luxe.

Igual que els grecs abans que ells, els romans consideraven el vi un producte de primera necessitat. El bevien el César i els esclaus per igual. No obstant, es va convertir en un símbol de diferenciació social, un indicador de la riquesa i la cultura del bevedor. Per als romans adinerats, la capacitat de reconèixer i citar

els millors vins demostrava que eren suficientment rics per a permetre's els millors vins i que havien dedicat temps a distingir entre ells.

El millor vi era el falern, que s'havia d'elaborar amb raïms cultivats en regions estrictament acotades de les vessants del mont Falern, situat al sud de la ciutat de Neàpolis (actual Nàpols). El millor falern era un vi blanc, envellit durant al menys deu anys, tot i que l'ideal era esperar molt més, fins que adquirís un color daurat. La zona de producció limitada i el llarg envelliment feien del falern un vi extremadament car, que es va convertir de forma natural en el vi de l'elit. Fins i tot es deia que tenia orígens divins i Bacó (versió romana del grec Dionís), el vagabund déu del vi, havia cobert de vinyars el mont Falern en senyal de gratitud a un noble granger que, sense saber la identitat del déu, va oferir-li un lloc on passar la nit. La història també narra que Bacó va convertir en vi tota la llet de la casa.

Figura 5. *Bacó, déu romà del vi.*

Era tan afinada l'estratificació del vi segons la condició social, que als bevedors d'un banquet romà, o *convivium*, se'ls servien vins diferents en funció de la seva posició en la societat. Mentre que el *simposion* grec era un fòrum en el qual els participants bevien com a iguals d'una crater compartida, en busca de plaer i potser d'il·luminació filosòfica, el *convivium* era una oportunitat per a recalcar les divisions socials, no per a deixar-les de banda.

Els romans, com els grecs, bevien el vi de forma "civilitzada", és a dir, barrejat amb aigua. No obstant, cada bevedor mesclava el vi i l'aigua pel seu compte, i la crater comunitària gairebé mai s'utilitzava. La disposició dels seients també era menys igualitària que la del *simposion*, ja que alguns estaven vinculats a una posició superior a la dels altres. El *convivum* reflectia el sistema de classes romà, que es basava en el concepte de patrons i clients. Si un patró convidava un client a un *convivium*, a aquest li servirien vi i menjar inferiors a la resta de convidats. Plini el Jove, que va viure a finals del segle I d.C., relata un sopar en la que es va servir bon vi a l'amfitrió i els seus amics, vi de segona a la resta de convidats i vi de tercera als lliberts (antics esclaus).

El *muslum*, una mescla de vi i mel, es va popularitzar com a aperitiu durant el regnat de Tiberi a principis del segle I, mentre que el *rosatum* era una beguda similar aromatitzada amb roses. Tot i això, les herbes, la mel i altres additius com la brea, la sal o l'aigua marina (també utilitzada pels grecs) es mesclaven amb vins de baixa qualitat, o bé com a conservants, o per a camuflar les seves imperfeccions. Alguns romans fins i tot portaven herbes i altres aromatitzants a sobre quan viatjaven, per a millorar el sabor de vi de mala qualitat. Aquest ús d'additius per part dels grecs i els romans es podria comparar amb la moderna utilització del roure com a agent aromatitzant.

Per sota d'aquests vins adulterats hi havia la *posca*, una beguda que s'elaborava barrejant aigua amb vi picat i avinagrat, que s'assignava als soldats romans quan no hi havia millors vins disponibles. A la pràctica, era una forma de matar els gèrmens de l'aigua. Quan un legionari oferí a Jesucrist una esponja molla en vinagre durant la seva crucifixió, es possible que el vi en qüestió fos *posca*. L'últim escaló de l'escala romana dels vins l'ocupava la lora, la beguda que difícilment podria qualificar-se com a vi i que bevien els esclaus. S'elaborava mullant i premsant les pells, llavors i talls sobrants de la preparació del vi per a produir un "vi" clar, fluix i amarg.

1.6 Vi i medicina a Grècia i Roma

Des de l'antiguitat, s'ha atribuït al vi un caràcter terapèutic. Hipòcrates, un famós metge grec, receptava vi per a cicatritzar les ferides i com a antídot per a diversos verins. També per a pal·liar la hidropesia, i considerava el de Creta com un remei contra el tètanus. La seva prescripció com a medicament preventiu era rotunda: *L'home, per a mantenir-se sa, s'ha d'emborratxar, al menys, un cop al mes.* Plini afirmava: *el vi és per si sol un remei. Nodreix de forces la sang de l'home, alegra l'estómac, adorm les penes i les preocupacions.*

El metge Galè ja havia utilitzat quan era jove el vi com a desinfectant, pràctica habitual en aquella època. Va néixer a Pèrgam (actual Bergama de Turquia), una ciutat de parla grega de l'Imperi Romà, i receptava amb regularitat vi i

remeis basats en el vi. Basant-se en les idees d'Hipòcrates, creia que la malaltia era el resultat d'un desequilibri dels quatre "humors" corporals: sang, flegma, bilis groga i bilis negra. Els diferents aliments, que es classificaven en calents o freds, humits o secs, podien influir en els humors: es pensava que els aliments freds i humits produïen flegma, i els calents i secs, bilis groga. El vi, com altres aliments, també es podia utilitzar per a regular els humors. Es considerava calent i sec, de manera que propiciava la bilis groga i reduïa la flegma. Això volia dir que l'havia d'evitar qui tenia febre (malaltia calent i seca), però podia prendre's com a remei a un refredat (malaltia freda i humida). Galè creia que com millor fos el vi, més eficàcia medicinal tindria.

1.7 Cristianisme

Amb la caiguda de l'Imperi romà i la invasió de les tribus del nord d'Europa, es va produir una fusió cultural entre les tradicions romanes, cristianes i germàniques. Tot i això, la cultura mediterrània del vi va sobreviure; els "bàrbars" no només l'acceptaven, sinó que la defenien. El codi visigot, per exemple, redactat entre els segles V i VII, especificava càstigs detallats per a qualsevol que fes malbé un vinyar. Un altre factor de la pervivència de la cultura del vi va ser la seva vinculació amb el cristianisme, el sorgiment del qual durant el primer mil·lenni va elevar el vi a una posició d'absoluta rellevància simbòlica. Segons la Bíblia, el primer miracle de Crist va ser la transformació de sis tines d'aigua en vi, en unes bodes celebrades a prop del mar de Galilea. Crist va contar diverses paràboles sobre el vi, i sovint es va comparar amb una vinya: *Jo soc la vinya, vosaltres els sarments,* va dir als seus seguidors. L'oferiment del vi que va fer als seus deixebles al Sant Sopar va

Figura 6. *El Darrer Sopar, Juan de Juanes.*

conduir, després, el seu paper a la eucaristia, el crucial ritual cristià en el qual el pa simbolitza el cos de Crist i el vi, la seva sang.

Els cristians consideraven el consum de vi una modalitat de comunió sagrada, no obstant, cap a 1100 era cada cop més habitual que només el sacerdot oficiant begués del calis, metre que els fidels es limitaven a rebre el pa. La major part del vi produït pels vinyars en terreny eclesiàstic o adjudicats a monestirs es destinaven al consum diari dels membres de les ordres religioses. Els monjos benedictins, per exemple, rebien gairebé mig litre de vi al dia. En algunes ocasions, la venta de vi elaborat en les terres de l'Església era una valuosa font d'ingressos.

1.8 Vi i art

L'arquitectura, l'escultura, la literatura, la poesia, la pintura, la música, en general totes les arts han tingut el vi com a musa inspiradora. Els escriptors, escultors, poetes i músics de tots els temps han cantat al vi i l'han reflectit en les seves obres. Els museus guarden taules, llenç i cobres dels pintors més famosos, els motius bàquics dels quals alegren sala rere sala, fent oblidar escenes tenebroses, batalles, naufragis, etc.

Figura 7. *La festa del déu del vi, Baco, de Tiziano.*

Algunes cites sobre el vi:

De pressa, porteu-me una copa de vi, perquè em remulli l'enteniment i digui alguna cosa intel·ligent. Aristòfanes, poeta còmic grec.

El bronze és el mirall de la forma exterior; el vi és el mirall de la ment. Esquilo, poeta grec.

...la seva arribada és l'alegria i no hi ha tristesa major que el seu allunyament. Quan marxa, les gotes de l'ampolla són llàgrimes i, quan ve, la boca del vas riu amb les bombolles. Ibn Said, metge jueu cordovès.

Un got de vi, en el moment oportú, val més que totes les riqueses de la terra.
Gustav Mahler, compositor i director d'orquestra austríac.

1.9 Actualitat

La distinció entre cervesa al nord i vi al sud és encara vigent avui dia. El consum de vi, normalment amb moderació i amb els àpats, encara predomina al sud d'Europa, dintre les antigues fronteres de d'Imperi romà. Al nord del continent, més enllà de la influència dels romans, el consum de cervesa, normalment sense acompanyament de menjar, és més habitual. Avui dia els primers productors de vi són França, Itàlia i Espanya, mentre que Luxemburg, França i Itàlia en són els principals consumidors, amb una mitjana del voltant de cinquanta-cinc litres per persona i any.

Les actituds gregues i romanes respecte del vi han sobreviscut també d'altres maneres i s'han estès arreu del món. Allà on es pren alcohol, el vi és considerada la més culta i civilitzada de les begudes. És el vi i no la cervesa el que se serveix en banquets oficials, fet que il·lustra el durador vincle del vi amb l'estatus, el poder i la riquesa. El *simposion* i el *convivium* sobreviuen a la moderna festa de classe mitja, en la quan el vi anima una tertúlia sobre certs temes (política, negocis, progrés professional...) en un ambient lleugerament formal i amb normes concretes sobre l'ordre en el qual es consumeix el menjar, la col·locació dels coberts, etc. L'amfitrió és responsable de l'elecció del vi, i s'espera que aquesta reflecteixi la importància de l'ocasió i la condició social, tant d'ell com dels seus convidats.

2. Fermentació

La fermentació i la civilització són inseparables.

John Ciardi, poeta dels Estats Units (1916-1986).

El mot *fermentació* prové de la paraula llatina *fervere*, que vol dir *bullir*, ja que en aquesta fase el most s'enterboleix, s'escalfa i desprèn bombolles de gas, com si bullís. Va ser descoberta per Louis Pasteur, que la va descriure com *la vie sans l'air* (la vida sense l'aire).

La fermentació és un procés catabòlic en el qual no hi intervé la cadena respiratòria i, per tant, és sempre anaeròbic. En la fermentació, la molècula que es redueix, és a dir, guanya electrons, sempre és orgànica, per això sempre hi haurà algun compost orgànic entre els seus productes. Segons el producte orgànic resultant, es distingeixen diferents tipus de fermentacions. Les dues fermentacions amb les que s'elabora el vi són la fermentació alcohòlica i la fermentació malolàctica.

2.1 Fermentació alcohòlica

El most, obtingut prèviament del premsat, es porta a recipients de fermentació (avui dia, dipòsits d'acer inoxidable) perquè s'iniciï el procés. La fermentació la porten a terme els enzims dels llevats del gènere *Sccharomyces cerevisiae*, ja que són ràpids, eficaços i no deixen productes secundaris desagradables. Els llevats són anaeròbics facultatius[3], i han de transformar una gran quantitat de sucres, glucosa i fructosa, en alcohol, per tal d'assegurar les seves necessitats, ja que la fermentació és només un procés generador de coenzims oxidats, que permet l'obtenció d'energia en forma d'ATP mitjançant la glicòlisi (degradació de glucosa a àcid pirúvic), sense que les reaccions fermentatives generin per elles mateixes energia a la cèl·lula. No hi ha síntesi d'ATP en les ATP-sintetases, només hi ha síntesi d'ATP en substrat (pas d'un grup fosfat des d'una molècula que el conté fins l'ADP, convertint-se aquest en ATP). Això

[3] Fan la respiració quan hi ha oxigen i la fermentació quan no n'hi ha.

explica el baix rendiment energètic de les fermentacions, en comparació amb les respiracions. És a dir, una glucosa produeix només produeix 2 ATP quan es degrada per fermentació, en canvi, en produeix 38 quan es degrada per respiració, ja que durant el cicle de Krebs[4] es generen els 36 ATP restants.

Els llevats descomponen el sucre en etanol i diòxid de carboni, fonamentalment, alhora que alliberen energia. En teoria, amb 180 grams d'hexoses ($C_6H_{12}O_6$) s'obtenen 92 grams d'alcohol etílic (CH_3-CH_2-OH), 88 grams de diòxid de carboni (CO_2) i 24 kilocalories. A la pràctica hi ha un rendiment del 90%, ja que també es formen compostos secundaris com els poliols, el glicerol, diversos àcids orgànics i nombrosos components volàtils que constitueixen el seu aroma. L'enòleg pot afavorir o frenar aquestes formacions, controlant així els efectes secundaris. A més dels llevats propis del vi, n'hi ha d'altres espècies que atorguen al vi olors i sabors estranys, però van morint a causa de la formació d'alcohol dels llevats vínics i de la falta d'oxigen.

Com que és un procés exotèrmic, és a dir, allibera energia en forma de calor, s'ha de controlar l'augment de temperatura, ja que si arriba als 25-30ºC, els llevats poden morir i parar el procés fermentatiu. Per aquesta raó, la fermentació té lloc en dipòsits d'acer inoxidable amb camises de refrigeració mitjançant aigua freda i controlant que la temperatura no sobrepassi els 16ºC. La temperatura de fermentació en negres sempre és superior a la dels blancs, entre altres motius perquè les baixes temperatures propicien l'extracció de matèria tànnica de baixa qualitat, excessivament astringent.

Figura 8. *Operació de remuntat del vi negre.*

En la vinificació en negre, perquè el vi adquireixi el seu color característic, la fermentació alcohòlica del most es fa abans de la filtració, en contacte amb la pell i les llavors i, simultàniament a aquesta, es dóna la maceració fermentativa, que busca l'extracció selectiva dels compostos fenòlics de les pells i la polpa, i determina les característiques organolèptiques finals del vi, tals com el color (relacionat amb

[4] Etapa de la respiració cel·lular amb la finalitat d'eliminar àtoms de carboni.

els antocians i els tanins), els gustos (associats majoritàriament a polifenols i tanins) i les olors (extractes i aromes). Cal dir que els factors favorables d'extracció són les temperatures elevades, la presència d'alcohol, i les operacions de remuntat, que consisteixen en extreure most per la part inferior del dipòsit i afegir-lo per la part superior, mullant homogèniament el barret, que es forma quan el gas carbònic produït impulsa les pellofes i les llavors cap amunt.

Si la fermentació es fa després del filtrat, és a dir, només del most, s'obté un vi blanc, independentment de si el raïm es blanc o negre (excepte si es fa amb una varietat tintorera, que té la polpa vermella). Si el raïm és negre s'ha de separar el most de la pell immediatament, perquè no li doni color. El diòxid de sofre (SO_2) ajuda a extreure els colorants de la pell. En la vinificació en blanc s'afegeixen enzims pectolítics per trencar les pectines de la pell, que són una mescla de polímers àcids i neutres que produeixen terboleses no desitjades al most.

A la fermentació, primer es fa la glucòlisi, que degrada la glucosa ($C_6H_{12}O_6$) en àcid pirúvic (CH_3-CO-COOH). A continuació es transforma l'àcid pirúvic en acetaldehid (CH_3-CHO) i diòxid de carboni (CO_2) i, finalment, l'acetaldehid es transforma en etanol (CH_3-CH_2-OH):

$$C_6H_{12}O_6 + 2(ADP+P) \longrightarrow 2CH_3\text{-}CH_2\text{-}OH + 2CO_2 + 2ATP$$

En aquest procés hi ha dotze reaccions intermèdies:

- <u>Reacció 1:</u> L'enzim hexoquinasa, amb l'ajuda del coenzim ATP, en presència de ions magnesi, transforma la glucosa en glucosa-6-fosfat.
- <u>Reacció 2:</u> La glucosa-6-fosfat es transforma en fructosa-6-fosfat (isomerització) per l'acció de l'enzim glucosa-fosfat-isomerasa.
- <u>Reacció 3:</u> L'enzim fosfofructoquinasa amb una altra molècula d'ATP com a coenzim, en presència de ions magnesi, fosforilitza la fructosa-6-fosfat en el carboni 1, per convertir-la en fructosa-1,6-difosfat.
- <u>Reacció 4:</u> Per l'acció de l'enzim aldolasa, la fructosa-1,6-difosfat es desdobla en dos trifosfats: glicerinaldehid-3-fosfat (GAP) i dihidroxiacetona-3-fosfat. Només es forma GAP en un 4%.

- Reacció 5: A partir de la dihidroxiacetona-3-fosfat i sota l'acció de l'enzim trifosfat-isomerasa, es genera GAP fins que s'arriba a l'equilibri entre els dos trifosfats.
- Reacció 6: Per l'acció de l'enzim glicerinaldehid-fosfat-deshidrogenasa i amb la captació de fòsfor inorgànic, en presència de l'enzim NAD^+ al GAP, aquest s'oxida fins àcid 1,3-difosfoglicèrid.
- Reacció 7: L'enzim àcid fosfoglicèrid-fosfoquinasa trasllada la resta fosfatada de l'àcid 1,3-difosfoglicèrid al coenzim ADP. S'origina àcid 3-fosfoglicèrid. Per cada molècula d'hexosa s'obtenen dues molècules d'ATP i dues molècules d'àcid fosfoglicèrid. Així es recuperen les molècules d'ATP utilitzades en les reaccions 1 i 3, i s'iguala el balanç energètic.
- Reacció 8: L'àcid 3-fosfoglicèrid es transforma en àcid 2-fosfoglicèrid, sota l'acció de l'enzim àcid fosfoglicèrid-mutasa.
- Reacció 9: L'enzim enolasa desprèn aigua de l'àcid 2-fosfoglicèrid, en presència de ions magnesi, originant l'enol de l'àcid fosfopirúvic.
- Reacció 10: L'àcid fosfopirúvic es desdobla en fosfat i àcid pirúvic, per efecte de l'enzim piruvat-quinasa, i es trasllada el fosfat a l'ADP, formant dues molècules d'ATP. L'energia alliberada resultant és aprofitada pel llevat per altres processos bioquímics.

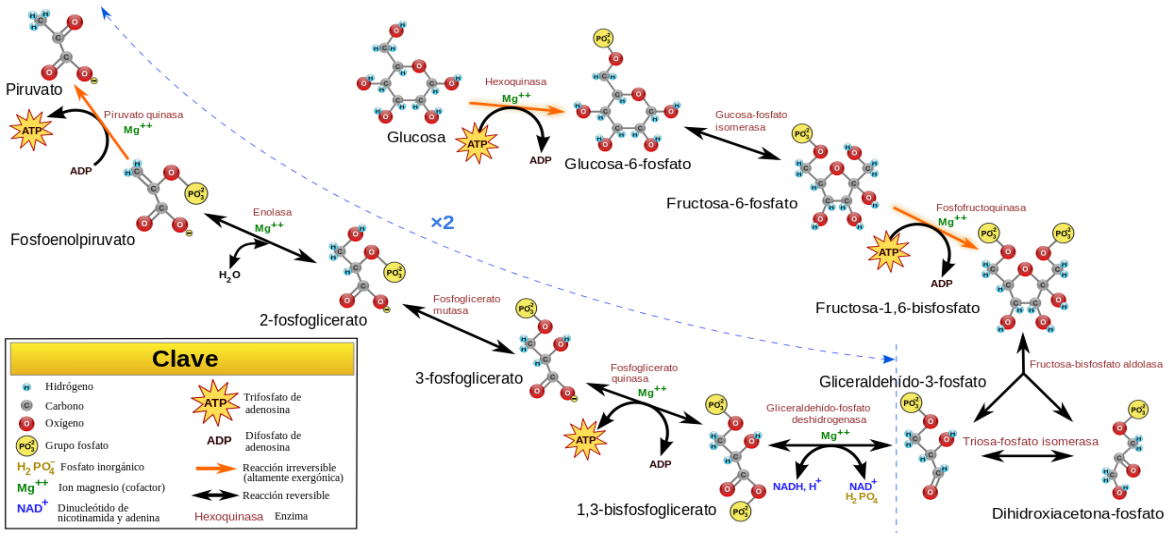

Figura 9. *Glucòlisi.*

- Reacció 11: Per l'acció de l'enzim piruvat-descarboxilasa, l'àcid pirúvic es desdobla en acetaldehid i diòxid de carboni.
- Reacció 12: L'enzim alcohol-deshidrogenasa, amb l'ajuda del coenzim NAD^+, produeix la reducció de l'acetaldehid a etanol.

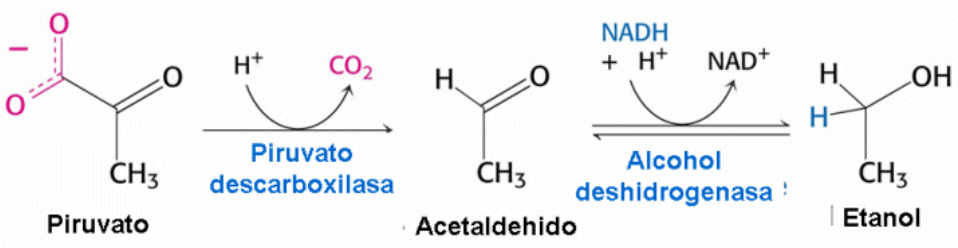

Figura 10. *Transformació d'àcid pirúvic a etanol (fermentació).*

La fermentació del vi passa per quatre fases:

1. Fase de demora: Els llevats s'acostumen a les condicions del most, a les altes concentracions de sucres, al baix nivell de pH (acidesa), a la temperatura i al SO_2. La població no augmenta. Dura dos o tres dies.
2. Creixement exponencial: Els llevats comencen a reproduir-se en creixement exponencial, arribant al màxim de la seva densitat de població (al voltant dels 100 milions de llevats per cm^3). Les concentracions de sucre del most disminueixen notablement, a causa del consum que en fan els llevats. Dura dos dies, aproximadament.
3. Fase estacionària: La població de llevats es manté constant i, per tant, la velocitat de fermentació i la temperatura també. Dura aproximadament tres dies.
4. Fase declinant: Succeeix quan la concentració de sucres es molt baixa i la d'alcohol, molt alta, cosa que provoca la disminució de la població de llevats i, per tant, de la velocitat de fermentació. En aquesta fase s'augmenta una mica la temperatura perquè la fermentació no s'aturi i acabar d'aprofitar els llevats. Dura dos o tres dies.

2.2 Fermentació malolàctica

Una vegada acabada la fermentació alcohòlica es pot produir una segona biotransformació anomenada fermentació malolàctica, duta a terme per bacteris làctics que transformen l'àcid màlic en àcid làctic, alhora que alliberen diòxid de carboni i augmenten els polifenols i el glicerol. És també anaeròbica i serveix principalment per millorar les propietats organolèptiques del vi, ja que amb aquest procés perd acidesa (el màlic és diàcid i el làctic monoàcid, per tant, menys àcid) i astringència[5], i guanya suavitat. També s'aconsegueixen notes vegetals i aromes làctiques, de mantega i de poma.

Els responsables són bacteris làctics presents de forma natural al raïm, dels gèneres *Leuconostoc, Pedicoccus* i *Lactobacillus*, sota l'acció d'enzims malolàctics a l'interior de la seva cèl·lula. Gràcies a aquests enzims, es produeix una descarboxilació de l'àcid màlic, desprenent una molècula de diòxid de carboni i una d'àcid làctic.

$$COOH\ CHOH\ CH_2\ COOH \longrightarrow COOH\ CHOH\ CH_3 + CO_2$$

La fermentació malolàctica és inexistent per sota de 15ºC i per sobre de 30ºC, i els bacteris làctics són sensibles a baixos nivells de pH. Per aquest motiu, s'ha de fer entre 20 i 25ºC i amb un pH entre 2,9 i 4,5. Cal realitzar-la en la majoria de vins negres, i en alguns vins blancs i rosats.

Aquesta fermentació dura entre una i dues setmanes, i el final ha de ser controlat i manipulat adequadament, ja que pot produir transformacions no desitjades (àcid cítric a acètic).

[5] Sensació de sequedat i rugositat experimentada, en major o menor grau, després de tastar els vins negres.

3. Composició

El most abans de la fermentació es compon principalment d'aigua i sucres, així com àcids (màlic i tartàric), a més d'altres components químics, en menor mesura, que són responsables de la composició final del vi. Existeixen més de sis-cents components al vi, des d'àcids orgànics i sals, fins a complexes estructures moleculars.

3.1 Sucres

Com ja he dit abans, els llevats s'alimenten principalment de glucosa i fructosa, per tant, hi ha sucres que no es consumeixen durant la fermentació. Aquests s'anomenen sucres residuals i la seva concentració pot augmentar durant la maduració en fusta, a causa de la separació de molècules de glucòsids presents a la fusta. El sucre residual és important a la tonalitat dolça del vi, i dóna lloc a *vins secs*, pobres en sucre residual, i *vins dolços*, rics en sucre residual.

3.2 Alcohols

A més de l'etanol, els vins poden tenir petites quantitats d'altres alcohols, com l'alcohol metílic (CH_3OH), resultat de la hidròlisi[6] de les pectines (polisacàrids existents a la pell del raïm) mitjançant acció enzimàtica. Com que el metanol està més present a les pectines que al most, els vins blancs en tenen molt menys que els negres. En ocasions es pre-escalfa el most per reduir l'alcohol metílic a quantitats molt baixes (menys de 30 ppm). Tot i que és tòxic, les quantitats que posseeix el vi no són del tot dolentes, ja que per prendre una dosi letal, una persona mitjana de 70 kg hauria de beure dos centenars de litres de vi. També existeixen altres alcohols en molt petita concentració, com els polialcohols. Un dels tri-alcohols més importants és la glicerina, un líquid dens i de tast dolç que se sintetitza majoritàriament gràcies al fong *Botrytis cinerea,* tot

[6] Descomposició d'una substància química per acció de l'aigua.

i que n'hi ha certa presència al raïm sa. La concentració de la glicerina està directament relacionada amb la temperatura de fermentació, amb el contingut global d'alcohols (més alcohol, més glicerina) i amb el color del vi (més glicerina als vins negres).

3.3 Àcids

Els àcids tenen la capacitat de conservar el vi. La presència d'una certa quantitat d'àcid fa que es reforcin de forma natural altres sabors del vi. Gairebé la meitat de l'acidesa del vi l'aporta l'àcid màlic (COOH-CH(OH)-CH_2-COOH), present al raïm, la funció del qual és aturar la maduració de la fruita, sobre tot als períodes calorosos. Aquest àcid desapareix a conseqüència de la fermentació malolàctica, transformant-se en àcid làctic.

Un altre àcid present al raïm és l'àcid tartàric (HOOC-CHOH-CHOH-COOH), que serveix per acidificar el vi i disminuir-ne el pH. Aquest àcid reacciona amb el potassi del raïm, generant tartrat potàssic (COOK-CHOH-CHOH-COOK · 1/2 H_2O), una sal tartàrica que disminueix l'acidesa dels vins.

Els llevats, al final de la fermentació, transformen part de l'etanol a acetaldehid i aquest a àcid acètic (CH_3-COOH), la concentració del qual (menys de 300 mg/L) reforça les olors i el tast del vi. La presència d'aquest àcid fa que se sintetitzin èsters d'acetat que proporcionen al vi aromes afruitats. L'àcid acètic també pot aparèixer per la degradació d'àcid cítric combinat amb els lacto bacteris del vi, o per la degradació de sucres del most. L'àcid succínic (HOOC–CH_2–CH_2–COOH) és present al vi també a causa de la fermentació, i té un sabor entre salat i agre. Si no s'ha forçat la fermentació malolàctica, que transforma l'àcid màlic en àcid làctic, l'àcid làctic està present al vi en petites quantitats.

Els àcids del vi tenen un efecte antimicrobià, ja que moltes varietats de microbis no creixen en medis de pH baix.

3.4 Èsters

De tots els grups funcionals al vi, els èsters són els més abundants: n'hi ha més de 160 diferents. Són els principals responsables de proporcionar al vi el seu buquet. En la maduració, després de la fermentació, els alcohols reaccionen amb els àcids naturals del raïm per a formar èsters (esterificació). En enologia, el èsters es diferencien segons si provenen de reaccions enzimàtiques o si es formen químicament per esterificació. Existeix una altra classificació orientada al tast del vi: èsters volàtils i no-volàtils. Un dels èsters volàtils més importants i que es troba al vi, és l'acetat d'etil (CH_3-COO-CH_2-CH_3). Els vins joves solen tenir una major concentració d'èsters volàtils.

3.5 Compostos nitrogenats

Els compostos nitrogenats són fonamentals al most per què es porti a terme la correcta fermentació, ja que són necessàries per a l'alimentació dels llevats. Són importants com a substàncies nutritives, però gairebé no influeixen en el tast. Entre els aminoàcids predominants al raïm estan la prolina ($C_5H_9NO_2$) i l'arginina ($C_6H_{14}N_4O_2$). La primera forma una part important del metabolisme del nitrogen als llevats. Com a segon grup d'aminoàcids dominants hi ha la glutamina ($C_5H_{10}N_2O$) i l'alanina ($C_3H_7NO_2$).

El contingut d'aminoàcids disminueix durant la fermentació, ja que la majoria d'ells entren d'una forma o altra dins el metabolisme dels llevats. Entre els compostos nitrogenats que conté el vi es troben les proteïnes, que segons les circumstàncies poden coagular, provocant inestabilitat al vi. Per això es fa la clarificació, per treure aquestes proteïnes inestables del vi.

3.6 Compostos fenòlics o polifenols

Els compostos químics en forma de polifenols són constituents naturals del raïm i són abundants al vi. De fet, després dels hidrats de carboni i dels àcids, són el compost més important. Dintre dels polifenols s'agrupen diferents compostos amb diferent estructura química: àcids hidroxibenzoics, àcids hidroxicinàmics, estilbens, alcohols, flavanols, flavonols, antocians y tanins. Els compostos fenòlics afecten directament als sabors, a les olors i a la vista, és per això que els viticultors tenen molta cura de la seva evolució durant el procés de vinificació

Un dels compostos són els tanins, uns compostos fenòlics molt reactius que en solució poden reaccionar amb les proteïnes i precipitar. Un altre compost fenòlic són les antocianines que aporten color al vi . Els fenols tenen un paper molt important als processos d'oxidació i reducció (oxidació fenòlica), una de les reaccions més habituals en la maduració dels vins negres.

4. Propietats organolèptiques

El vi afecta la majoria dels sentits: les aromes, l'olfacte; els sabors, el gust; els colors, la vista. Tots ells tenen un origen químic que s'ha anat identificant al llarg de finals del segle XX i principis del XXI.

4.1 Color

A grans trets, pot afirmar-se que el color dels vins està constituït per dos grans grups de components: grocs i vermells. Els primers estan presents a tots els vins i procedeixen principalment dels tanins. Els tanins enològics exerceixen un paper important en l'estabilitat del vi, i augmenten la tonalitat del color amb el pas dels anys, per condensació.

El color del vi negre, així com la seva evolució en el temps, estan determinats per la seva composició química, especialment pels compostos fenòlics, que es classifiquen en no flavonoides i flavonoides. El primer grup inclouria els àcids fenols i els estilbens, trobats a la raspadura, a la pell, a la polpa i a les llavors. Aquests no contribueixen de forma directa al color del vi, no obstant, es poden oxidar per via enzimàtica donant lloc a tonalitats grogues/marrons. Aquest fenomen anomenat *terrejament* és el responsable que els vins blancs vells tinguin tons més foscos que quan eren joves. A més, els compostos fenòlics no flavonoides poden actuar com a copigments i modular el color gràcies al fenomen de la copigmentació. Els flavonoides estan formats per tres grans famílies:

- Els flavonols es troben a la pell del raïm blanc i són els responsables del seu color i, per tant, d'una part del color groc del vi blanc i del negre també. Però la seva participació directa en el color del vi negre té poca importància, tot i que són bons copigments.
- Els antocians (del grec *anthos,* flor, i *kyanos,* blau) són els responsables del seu color vermell blavós, i òbviament del color del vi negre. Aquest compost fenòlic policíclic es troba

Figura 11. *Interior de la* Vitis Vinifera.

a la capa exterior de la pell del raïm negre, i durant el procés de maceració s'extreu abans que els tanins. La polpa del raïm no té coloració, el que fa que la majoria dels mosts siguin incolors i que, per tant, la maceració sigui un procés molt important en la coloració dels vins. Els vins blancs elaborats amb raïm negre s'anomenen *blanc de noirs,* mentre que els elaborats amb raïm blanc, *blanc de blancs.* Hi ha varietats de *Vitis vinifera* anomenades tintoreres*,* perquè tenen color a la polpa i ja aporten al most un color vermellós, però aquestes són una excepció. En algunes ocasions, els vinicultors introdueixen petites quantitats d'aquestes varietats per potenciar el color vermell dels seus vins. El color vermell o rosat depèn totalment de la forma en què s'extreuen les antocianines de la pell del raïm durant la fermentació. Durant la maceració, la proporció d'antocianines blaves canvia fins a virar des de colors porpra-vermellosos fins a ataronjats. Als vins joves, el color és principalment a causa de les antocianines, però, com que són compostos químics inestables, es van enllaçant amb els tanins formant polímers més estables i amb capacitat de pigmentació.

- Els flavan-3-ols es troben a la raspadura, a la pell i a les llavors. Representen una complexa família composta per les diferents formes isomèriques de la catequina ($C_{15}H_{14}O_6$) i els seus polímers anomenats tanins condensats o proantocianidines. Els flavan-3-ols no participen directament en el color del vi, però hi poden contribuir com a copigments o mitjançant complexes reaccions químiques en les quals reaccionen entre ells i/o amb els antocians que originen nous pigments. A més, els flavan-3-ols són els responsables del tast amarg, de l'astringència, del cos i de la capacitat d'envellir del vi.

Els antocians, a més del color vermell, poden presentar altres coloracions en funció del pH i de la seva interrelació amb altres polifenols. A pH molt àcid, la forma majoritària és el catió flavili, de color vermell a causa de la deslocalització de la càrrega positiva. No obstant, quan el pH del medi augmenta,

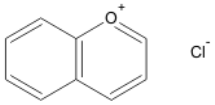

Figura 12. *Estructura química de l'ió flavili, formant una sal amb l'ió clorur.*

la forma flavili es transforma en la base quinona ($C_6H_4O_2$) de color violaci i, amb l'entrada d'una molècula d'aigua, l'alliberació d'un protó i l'atac nucleòfil[7] de l'hidroxil de l'aigua (el qual neutralitza la càrrega i fa desaparèixer el color vermell), en la forma carbinol (base hidratada incolora). És a dir, la hidratació del flavili és la causa de la seva pèrdua de color. La presència de l'anió bisulfit (HSO_3^-), provinent del sofre utilitzat com a antisèptic i antioxidant, també comporta una decoloració del flavili mitjançant un mecanisme semblant.

Per altra banda, el carbinol pot transformar-se en les calcones *cis* i *trans* que presenten un lleuger color groc. Aquesta transformació es veu afavorida per les altes temperatures. Finalment, la calcona *trans* pot oxidar-se donant lloc a àcids fenòlics. Totes aquestes reaccions són reversibles excepte l'oxidació, que comportaria la pèrdua irreversible del color del vi. Per tant, l'estabilitat del color del vi negre estarà compromesa si les temperatures són elevades, factor que afavoreix molt la formació de calcones i la seva posterior oxidació.

Segons el que he dit abans sobre els antocians i el pH, el vi negre al seu pH habitual (entre 3,5 i 3,9) hauria de tenir molt poc color i ser blavós. Això no succeeix per dues raons: el vi està fortament condicionat per la copigmentació i els antocians poden reaccionar amb altres molècules i originar nous pigments.

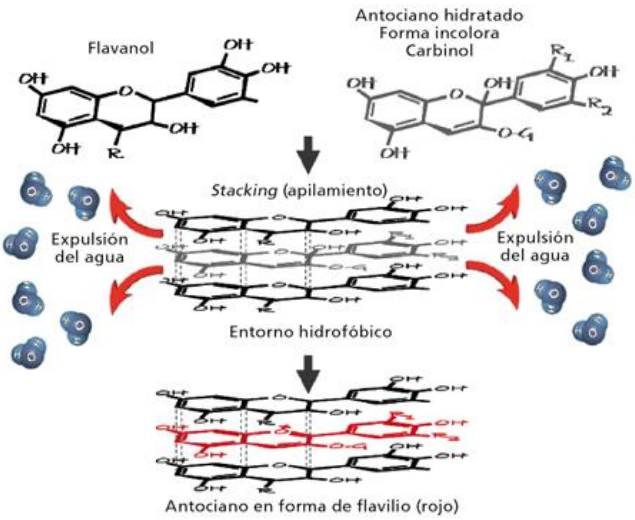

Figura 13. *Mecanisme de la copigmentació.*

El fenomen de la copigmentació es basa en que les molècules d'antocians són planes i poden formar associacions entre elles o amb altres molècules anomenades copigments, donant lloc a estructures com un entrepà. Les unions entre aquestes molècules són dèbils (Van der Waals, interaccions hidrofòbiques, etc.). Dintre d'aquestes agrupacions es genera un medi hidrofòbic que impedeix l'accés a les molècules d'aigua, de manera que no hi ha atac nucleòfil. Així és redueix la

[7] Que conté un excés de densitat electrònica.

formació de carbinol i es desplaça l'equilibri a la formació d'estructures acolorides (flavili). Per tant, hi haurà un major nombre d'antocians contribuint al color del vi (dels que correspondrien d'acord amb el pH), sempre i quan en el medi existeixin els copigments adequats (àcids fenols, flavonoides, aminoàcids, nucleòtids, polisacàrids, etc.). Els copigments no només incrementen el color del vi, sinó que també poden incrementar la seva tonalitat mitjançant desplaçaments batocròmics[8] o hipsocròmics[9], per tant, el color del vi podria presentar diferents tonalitats en funció de la seva composició en els diferents pigments. Alguns autors afirmen que la copigmentació és un pas previ a la formació d'unions més estables, ja que facilita la condensació dels antocians amb els flavan-3-ols i, finalment, els antocians poden reaccionar amb altres molècules i originar nous pigments amb coloracions diferents.

Els antocians poden unir-se de forma directa als flavan-3-ols originant un nou pigment molt més estable i que mantindria el color vermell. També poden unir-se als flavan-3-ols mitjançant un pont etil generat per la reacció del flavan-3-ol amb l'etanal, formant un pigment violaci. Els antocians també poden reaccionar amb l'etanal generant polímers d'antocians units mitjançant el pont etil, que mantindrien el seu color vermell, o bé formar un pigment anomenat vitisina B, que té un color ataronjat. Els antocians també poden reaccionar amb l'àcid pirúvic i generar la vitisina A, també ataronjada. Ambdues vitisines formen part dels piran antocians, una família de pigments de color ataronjat que inclouria també els aductos generats per la cicloaddició entre un antocià i un vinil-fenol, o un vinil-flavanol. Per últim, la vitisina A també pot reaccionar amb un vinil-fenol o un vinil-flavanol i originar pigments de color blau.

El color d'un vi jove depèn de la seva composició en antocians, del seu pH i dels fenòmens de copigmentació, per això és vermell amb matisos violacis. Posteriorment, durant la criança, la micro oxigenació moderara que té lloc a les barriques provoca l'oxidació d'etanol a etanal, reacció que origina nous pigments: aductes entre antocians i flavan-3-ols mitjançant ponts etil, i pirano antocians. Per això el vi evoluciona a una tonalitat teula. Finalment, quan el vi és molt vell, els antocians desapareixen completament i els pirno antocians i

[8] Viratge cap a tonalitats més blavoses del color vermell del vi negre.
[9] Increment de la intensitat del color vermell que té el vi negre amb copigmentació.

altres pigments encara més complexos donen el color al vi, que és de tonalitats marronoses.

L'edat del cep és directament proporcional a l'estabilitat del color. A partir de vinyes amb més de vint anys l'estabilitat millora, augmenta.

4.2 Tast

Els principals components del tast del raïm són els sucres, els àcids (tartàric, màlic, làctic, succínic, cítric i acètic) i els polifenols (tanins). Aquests components proporcionen al vi tres dels cinc sabors bàsics: dolç, àcid i amarg. Tot i això, hi ha una gran quantitat de substàncies en quantitats ínfimes al raïm que acaben proporcionant un sabor. Donen al raïm el *sabor primari,* que caracteritza la varietat de *Vitis vinifera*. La majoria de components del sabor es troben a la part interior de la pell del raïm, és per això que el premsat ocupa un procés fonamental a l'hora de proporcionar sabors primaris al vi. En alguns vins, com el xerès o el fi, hi ha un "toc" salat a causa del medi salí de la maduració, aportat pels àcids o les sals minerals (fosfat, sulfat, clorur, etc.).

L'astringència és una sensació de sequedat que se sent, en major o menor mesura, al tastar tots els vins negres i els vins criats en fusta. Això és a causa dels tanins, que coagulen la proteïna mucina (component de la saliva encarregat de lubricar la llengua), perdent aquesta la seva acció lubricant i deixant a la llengua aquesta "sequedat", i un sabor amarg produït per les mateixes substàncies. Els tanins amb les proteïnes formen grans polímers que precipiten en forma de flòculs. La intensitat d'aquesta sensació depèn del nivell de tanins dels vins, però també del tipus. Els tanins de les llavors, que es troben poc polimeritzats, són molt "radioactius" i coagulen una gran quantitat de mucina, produint una sensació molt astringent. Són els "tanins dolents". En canvi, els tanins polimeritzats, o bé entre ells o bé amb polisacàrids o antocians, són menys astringents i aporten al vi una sensació de cos o volum. Aquests tanins s'anomenen "bons" o "dolços".

El vi blanc té pocs tanins perquè el seu contacte amb la pell és menor. En el cas del vi negre, amb la maceració s'extreuen els tanins de la pell i, per tant, en tindrà més i serà més astringent.

Els tanins condensats provinents del raïm i els hidrolitzables extrets de la fusta durant la criança en barrica són les principals substàncies responsables de l'astringència dels vins. Els flavonols monòmers i l'àcid gàl·lic de la fusta són els tanins més amargs i astringents, i els oligòmers i polímers formats durant l'envelliment es suavitzen perdent el caràcter amarg.

4.3 Aroma

En enologia existeix una distinció entre aroma i buquet: l'aroma és una olor específica provinent de la varietat de raïm utilitzat, mentre que el buquet és una olor adquirida durant la criança, tant en barrica com en ampolla. Així, dos vins del mateix raïm tenen la mateixa aroma, però, si s'han madurat de forma diferent, tindran diferent buquet, i un vi jove tindrà aromes primaris i secundaris, però mai podrem parlar de buquet. Hi ha aromes primàries (provinents de la fruita), secundàries (produïdes durant la o les fermentacions) i terciàries o buquet (adquirides durant la criança).

L'aroma primària del vi és el resultat dels compostos odorants ja presents al raïm i dels que es formen en els processos als quals se sotmet el raïm des de la collita fins a la fermentació alcohòlica (premsat, despalillat, etc.). Aquests processos provoquen el trencament del gra del raïm, permetent l'actuació d'alguns sistemes enzimàtics, principalment oxidacions enzimàtiques d'àcids grassos que porten a terme seqüencialment lipases, lipoxigenases, isomerases i alcohol deshidrogenases. Com a resultat s'originen alcohols i aldehids de sis àtoms de carboni (1-hexanol, cis-3-hexen-1-ol), relacionats amb aromes vegetatius, herbacis, etc.

L'aroma secundària del vi està formada pels diferents compostos volàtils que es produeixen com a conseqüència de la fermentació alcohòlica i malolàctica. Els llevats poden produir com a metabòlits secundaris durant la glicòlisi nombrosos compostos aromàtics, com alcohols lineals (C_3-C_5) y alcohols

ramificats (2-feniletanil). Durant la fermentació alcohòlica, a més, es produeixen diferents tipus d'èsters, com els acetats d'alcohols superiors i èsters etílics d'àcids grassos, associats a aromes fruitals i florals als vins joves. També es produeixen els àcids grassos volàtils lineals de cadena curta, mitjana i llarga, i els ramificats (2-metil propanoic, 2-metil butanoic, etc.), i s'ha comprovat que a mesura que augmenta la longitud de la seva cadena, la volatilitat disminueix i l'olor canvia d'àcid a ranci. Als vins en els quals té lloc la fermentació malolàctica, com a resultat d'aquesta es poden produir altres compostos odorants com la 2-3-butanodiona (diacetil), que contribueix a l'aroma de mantega dels vins.

L'aroma terciària està formada per tots els compostos que s'originen durant l'emmagatzemament i l'envelliment del vi. En aquesta fase, els carotenoides poden patir una hidròlisi i alliberar compostos aromàtics com els vitispirans (associats a aromes de fruits secs). La composició terpènica dels vins també és modificada per les reaccions àcid catalitzadores i per la hidròlisi dels terpens presents en forma glicosilada. Aquesta hidròlisi i el seu posterior re arreglament molecular és el mecanisme a partir del qual es formen alguns norisoprenoides aromàtics dels vins (β-Damascenona). La bóta de roure aporta components que enriqueixen i afinen l'aroma del vi, per tant en els vins envellits en barrica de fusta es produeix l'extracció de molts compostos volàtils de la fusta, com la whisky lactona, que contribueix a l'aroma de fusta, coco, etc. d'aquests vins. El guaiacol i els seus 4-etil-γ-vinil- derivats, juntament amb l'eugenol i l'isoeugenol són els principals fenols volàtils que tenen impacte sensorial als vins envellits en barrica.

Algunes varietats procedents d'Amèrica, com la *vitis la brusca* i la *vitis rutundifolia,* així com els seus híbrids, tenen un aroma característic que durant molts anys s'ha denominat "foxy" (petita guineu). Aquesta aroma correspon al compost metil antranilat ($C_8H_9NO_2$).

Alguns aromes desitjats al vi

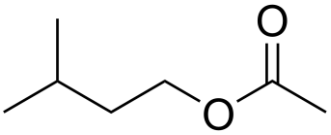

Figura 14. *Acetat d'isoamil (plàtan.)*

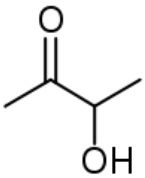

Figura 15. *Acetoïna o 3-hidroxibutanona (ametlla).*

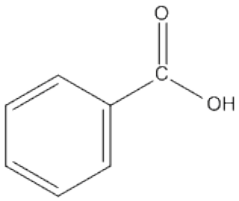

Figura 16. *Benzaldehid (ametlla amarga).*

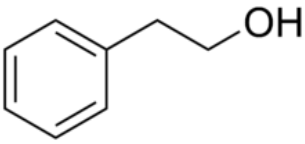

Figura 17*: Alcohol fenil etílic (rosa).*

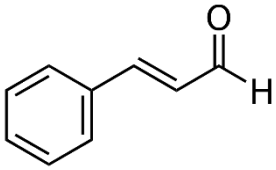

Figura 18. *Cinamaldehid o (2E)-3-fenilprop-2-enal (canyella)*

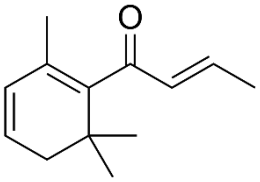

Figura 19. *β-Damascenona (torrat)*

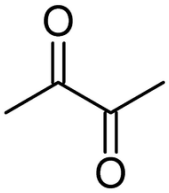

Figura 20. *Diacetil o Butà-2,3-diona (ametlla, mantega)*

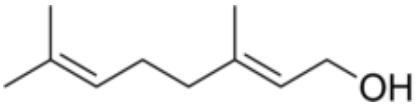

Figura 21. *Geraniol o 3,7-dimetil-2,6-octadien-1-ol (rosa)*

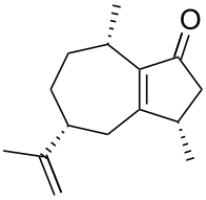

Figura 22. *Rotundona (pebre negre)*

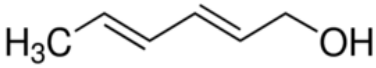

Figura 23. *Hexadienol (gerani)*

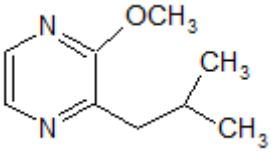

Figura 24. *2-metoxi-3-isobutil-pirazina (pebrot verd)*

Aromes extrets de la criança al roure

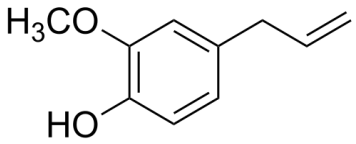

Figura 25. *Eugenol o 4-Allyl-2-methoxyphenol (clau d'olor)*

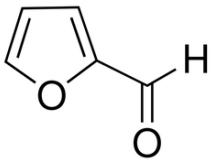

Figura 26. *Furfural o Furan-2-Carbaldehíd (caramel cremat)*

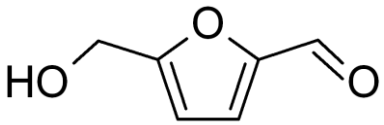

Figura 27. *Hidroximetilfurfural, HMF o 5-(hidroximetil)furfural (ametlles)*

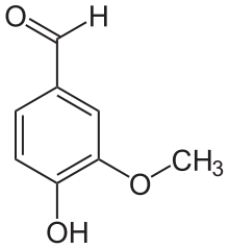

Figura 28. *Vanil·lina o 4-Hidroxi-3-metoxibenzaldehid (vainilla)*

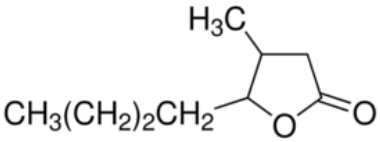

Figura 29. *Whisky lactona o γ-Butil-β-metil-butil lactona (nou de coco, fusta)*

Aroma no desitjat

Tot i que n'hi ha d'altres, l'aroma no desitjat més conegut és l'olor a vinagre o a vi picat.

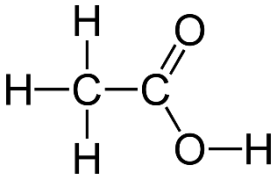

Figura 30. *Àcid acètic o àcid etanoic.*

5. "Paradoxa francesa"

L'evidència que el consum de vi, especialment el vi negre, pugui protegir contra les malalties cardiovasculars o fins i tot tenir un efecte preventiu contra el càncer, va sorgir el 1991, de l'anomenada "paradoxa francesa".

Se sap que els francesos tenen un alt consum en àcids grassos saturats, el que hauria d'incrementar els valors sanguinis de colesterol i, per tant, elevar el risc d'incidència de malalties cardiovasculars, com l'infart de miocardi. Tot i això, no només França sinó altres països del Mediterrani com Itàlia, Grècia i Espanya mostren menor mortalitat cardiovascular que els del nord d'Europa, que són més propensos als "alcohols blancs" (vodka, ginebra, aiguardent, etc.), o que els d'Amèrica del Nord. Aquest fenomen s'ha anomenat "paradoxa francesa", a causa de l'aparent compatibilitat d'una dieta alta en greixos i factors de risc per a malalties cardiovasculars (com l'hàbit de fumar i nivells elevats de colesterol sanguini), i baixa incidència de cardiopatia isquèmica, que ha sigut atribuïda al consum regular de vi negre en aquests països.

L'any següent de la revelació d'aquesta paradoxa a les televisions nord-americanes, les vendes de vi havien augmentat en un 39% als Estats Units.

Des de llavors, nombrosos estudis han intentat explicar els efectes positius del consum moderat de vi (una o dues copes, 10-30 grams d'alcohol). Aquests estudis realitzats fonamentalment en models *in vitro* (cultius cel·lulars), suggereixen que diferents substàncies com els polifenols i en particular el resveratrol (alcohol secundari que es troba a la pell i a les llavors del raïm negre), al ser antioxidants molt potents, podrien tenir un efecte preventiu davant de diferents malalties com les cardiovasculars i el càncer. A més, l'alcohol per si sol eleva les HDL (High Density Lipoprotein) i redueix la capacitat d'oxidació de les LDL (Low Density Lipoprotein). Així, el vi té els efectes beneficiosos del poc alcohol que conté i els efectes dels seus components no alcohòlics, bàsicament els polifenols.

De les investigacions sorgides per entendre aquesta paradoxa va sortir la recomanació, per part de tots els entesos en nutrició, de la dieta mediterrània:

oli d'oliva, peix blau i vi negre. Segons l'OMS, un total d'alcohol que no superés els 75 centilitres de vi per persona i dia, repartits entre els menjars.

6. Vi i salut

En la composició del vi hi ha polifenols d'un fort efecte antioxidant, com el resveratrol, així com antocians i vitamines molt beneficioses per a corregir i compensar algunes carències exercint, alhora, una evident protecció cardiovascular.

Les cèl·lules endotelials progenitores de la medul·la òssia (EPC) són cèl·lules derivades que es mobilitzen en la circulació perifèrica quan es necessita una reparació vascular. Un nombre cada cop major d'EPC s'associa amb un menor risc de patir malalties cardiovasculars. A l'estudi "Red wine consumption improves in vitro migration of endothelial progenitor cells in young, healthy individuals" publicat el 2010 a *The American Journal of Clinical Nutrition* es va investigar sobre el mecanisme molecular de la migració d'EPC en voluntaris joves sans que van veure 250 mil·lilitres de vi negre al dia, durant 21 dies. Els resultats van mostrar que el consum diari moderat de vi negre millora les activitats de les EPC i que aquests efectes podrien estar relacionats amb els mecanismes de protecció cardiovascular.

L'Associació Americana del Cor ha divulgat nombrosos estudis científics que associen el consum de vi a una menor incidència de mort per episodis cardiovasculars. Segons aquests estudis, el vi protegeix el cor i les artèries a causa de la seva forta acció anticoagulant, ja que inhibeix l'acció de les plaquetes (responsables de formar coàguls) i redueix la producció de fibrinogen i factor tissular, dues proteïnes d'acció coagulant.

També s'ha observat que el vi és un potent antiinflamatori i que, a més, és bo per a la gestió dels greixos, ja que incrementa els nivells de colesterol "bo" (HDL), i per a la gestió dels sucres, perquè reforça l'acció de la insulina (hormona reguladora de la glucosa en sang).

6.1 Polifenols

Segons l'estudi "Walnuts May Boost Memory and Improve Cognitive Function: New Results from Landmark PREDIMED Study" publicat el 2012 a *Journal of Alzheimer's Disease* fet a persones d'alt risc cardiovascular, amb edats d'entre 55 i 80 anys i que porten a terme la dieta mediterrània, el consum moderat de vi s'associa amb millor funció cognitiva global. Això és degut al seu alt contingut en polifenols, unes molècules altament bioactives amb efectes beneficiosos sobre la modulació dels radicals lliures causats per l'oxidació.

Els radicals lliures són molècules inestables i reactives que modifiquen les molècules del seu voltant i provoquen l'aparició de nous radicals, creant una reacció en cadena que, en concentracions elevades, ataca els teixits i les altres cèl·lules. Com a conseqüència, els radicals lliures causen danys que afavoreixen l'envelliment i l'aparició de malalties com l'Alzheimer o el càncer. També poden provocar quadres inflamatoris crònics. Quan els polifenols (antioxidants) troben un radical lliure el reparen i eviten que la persona en qüestió emmalalteixi o envelleixi abans de temps.

Els polifenols són un conjunt heterogeni de molècules que tenen a la seva estructura diversos grups benzènics substituïts per funcions hidroxíliques. Estan presents en la natura i són els antioxidants més abundants en la nostra dieta: els trobem en fruites i verdures, com pomes i cebes, i en begudes com el te i el vi. Aquests compostos han estat estudiats i s'ha demostrat una activitat protectora molt forta en les cèl·lules, ja que tenen efectes inhibidors sobre agents que les fan malbé, com els tòxics, els radicals lliures i altres compostos nocius sobre el seu material genètic.

Els seus beneficis s'han certificat tant en la ingesta de raïm com de vi negre, però aquest paper només es manté amb quantitats diàries petites, ja que, sobrepassada aquesta quantitat (no més de 75 centilitres de vi diaris), els efectes perjudicials superen els beneficiosos.

6.1.1 Resveratrol

El resveratrol, un polifenol que es troba a la pell i a les llavors del raïm negre i que passa al vi durant el procés de maceració, és un dels components del vi negre (entre 0,2 i 5,8 mil·ligrams per ampolla) que més interès ha despertat a la comunitat científica. Diversos estudis revelen els seus efectes en la salut, entre els quals destaquen la seva acció antiinflamatòria, antioxidant, i els seus efectes sobre l'aparició de cèl·lules tumorals i la progressió de tumors. Té efectes preventius contra els accidents coronaris, ja que actua a l'organisme impedint la formació de coàguls dins les venes.

Fins i tot abans de provar-se en mamífers, el resveratrol havia provocat l'interès dels científics pels seus efectes en el metabolisme de les mosques, els cucs o els llevats. Aquests efectes incloïen una vida més llarga i probablement més saludable.

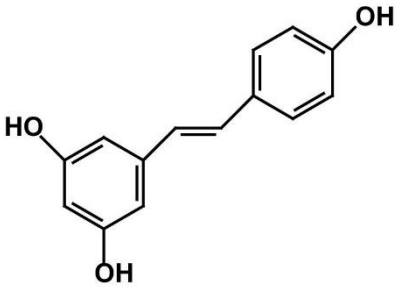

Figura 31. *Resveratrol.*

A l'experiment "Resveratrol improves health and survival of mice on a high-calorie diet" publicat a la revista *Nature* el novembre de 2006, ratolins sotmesos a una dieta molt rica en greixos, complementada amb altes dosis de resveratrol, no van patir algunes de les pitjors conseqüències de l'obesitat, com la degeneració hepàtica, la predisposició a la diabetis i altres símptomes d'envelliment que solen acabar amb una mort prematura. També van prologar la seva vida respecte dels que no havien pres resveratrol. En un altre experiment, "Resveratrol Improves Mitochondrial Function and Protects against Metabolic Disease by Activating SIRT1 and PGC-1α" publicat a la revista *Cell* el desembre del mateix any, els investigadors van apreciar un important augment de la despesa energètica als ratolins tractats amb resveratrol, amb la conseqüent protecció contra l'obesitat i la diabetis. Amb aquesta substància, les fibres musculars consumeixen més oxigen, tant durant l'exercici (en el qual es constata més resistència), com en períodes de repòs. Els investigadors van trobar que als mitocondris[10], presents en grans quantitats als músculs i responsables de la producció d'energia d'aquests, el resveratrol, mitjançant

[10] Orgànuls citoplasmàtics responsables de la respiració cel·lular.

l'activació de sirtuines (enzims), actua sobre la ruta metabòlica i, com que els músculs gasten més energia, es redueix la traducció de calories en augment de pes.

Si els activadors de sirtuines actuessin de la mateixa manera en humans i no tinguessin efectes perjudicials, es podrien utilitzar per a preveure o tractar trastorns metabòlics relacionats amb la disfunció mitocondrial, com la diabetis de tipus 2. També s'ha relacionat amb un menor risc de càncer colorectal i de progressió d'Alzheimer.

El resveratrol també té importants beneficis pel cor. La revista científica *Journal of Cardiovascular Pharmacology* va publicar una revisió de diversos estudis científics en éssers humans, en els quals es posa de manifest el paper del resveratrol en la protecció de les artèries i de la salut cardiovascular.

La investigació "Sulfate Metabolites Provide an Intracellular Pool for Resveratrol Generation and Induce Autophagy with Senescence" de *Science Translational Medicine* revela que el resveratrol no perd les seves propietats antitumorals un cop que es metabolitza al cos. Els autors de l'estudi creien que el resveratrol no es podia utilitzar en assajos clínics perquè podia perdre les seves propietats, però la investigació demostra que el producte químic resultant segueix sent eficaç. L'estudi també ha mostrat que el resveratrol generat a partit de sulfat de resveratrol és capaç d'alentir el creixement de les cèl·lules canceroses i evitar la seva multiplicació.

De fet, l'estudi "Inhibition of human lung cancer cell proliferation and survival by wine" publicat a la revista *Cancer Cell International,* que mostra les investigacions *in vitro* utilitzant cèl·lules amb càncer per part d'un grup d'investigadors canadencs de la Universitat de Brock i la Universitat de McMaser, a Ontario, assegura que la capacitat anticancerosa del vi és deguda a l'alta concentració de resveratrol.

Els joves van exposar mostres de cèl·lules de càncer de pulmó a Cabernet Franc, Cabernet Sauvignon, Pinot Noir y Riesling, procedents de bodegues locals. Els resultats obtinguts van mostrar que ambdós tipus de vins, blancs i negres, van detenir la propagació del càncer de pulmó, però els negres van ser més efectius. El vi negre va parar eficaçment la propagació de les cèl·lules

canceroses, en comparació al grup control[11], al 2% de concentració. El vi blanc no va detenir la propagació fins el 5%.

[11] En un experiment, grup al qual no se li modifica cap de les variables, per tal de comparar-lo posteriorment amb els resultats obtinguts i evitar així l'efecte de l'atzar.

7. Part pràctica

Per tal de determinar si el vi té propietats antioxidants, he fet la següent pràctica al laboratori:

Objectiu:

Determinar experimentalment si el vi protegeix la Vitamina C de la seva oxidació.

Informació:

La Vitamina C o àcid ascòrbic ($C_6H_8O_6$) és una vitamina hidrosoluble imprescindible per al cos humà. Com que els éssers humans no la podem sintetitzar ni emmagatzemar, és necessari un subministrament constant d'aquesta per a les funcions del sistema immunològic, la cicatrització de ferides, l'absorció de ferro i el manteniment d'ossos i dents. L'hem d'ingerir a partir d'altres aliments com els cítrics, les hortalisses, els vegetals i la llet de vaca. La dosi diària recomanada és de 60 mg.

La Vitamina C és essencial en la formació de col·lagen, una substància necessària en la formació de la pell i els teixits connectius d'ossos, cartílags i tendons. També té propietats antioxidants que protegeixen el nostre organisme dels radicals lliures que hi ha a les toxines ambientals i dels que es produeixen quan el cos transforma aliments en energia. Aquests radicals contribueixen al procés d'envelliment i generen malalties com el càncer i el Parkinson, malalties del cor i artritis.

Des del punt de vista químic, presenta una de les estructures més senzilles de totes les vitamines. És una substància que s'altera fàcilment, ja que s'oxida amb l'oxigen de l'aire i es transforma en àcid deshidroascòrbic.

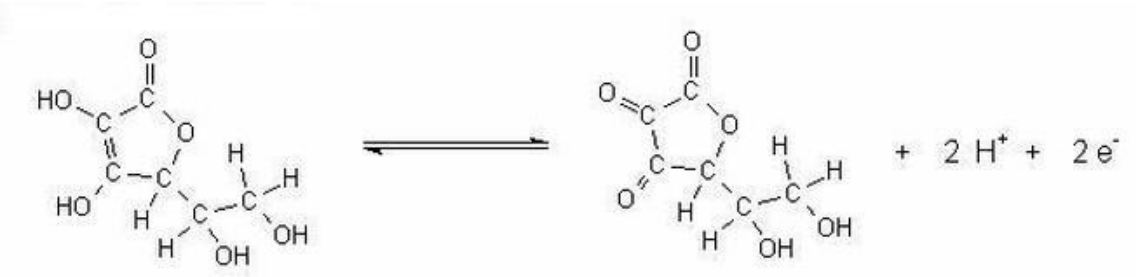

Figura 32. *Oxidació de l'àcid ascòrbic a àcid deshidroascòrbic.*

L'àcid ascòrbic té un gran poder reductor[12], a causa de la facilitat amb la que perd els dos hidrògens dels àtoms de carboni units al doble enllaç. Es pot oxidar amb el 2-6-diclorofenolindofenol (DCPIP), que capta aquests dos hidrògens alhora que es redueix (reacció de reducció-oxidació: es produeix una transferència d'electrons, una espècie s'oxida i l'altra es redueix). La forma reduïda del DCPIP és incolora, mentre que l'oxidada és blava en medi bàsic i vermella-rosada en medi àcid. Sabent això, es pot fer una volumetria per determinar la quantitat de vitamina C que queda al vi després d'estar una estona obert, en contacte amb l'oxigen de l'aire. Mentre quedi Vitamina C, el DCPIP es decolorarà, però, una vegada oxidada tota la Vitamina C, apareixerà el color vermell-rosat de la forma oxidada del DCPIP, si fem la volumetria en medi àcid.

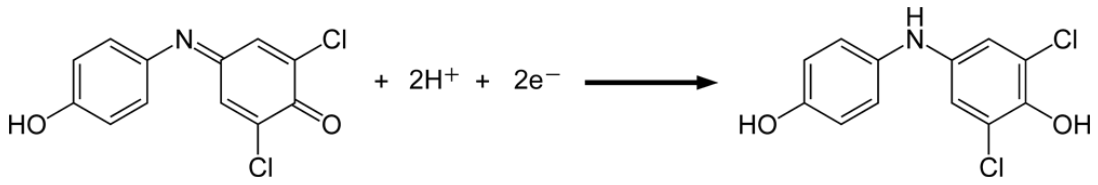

Figura 33. *Pas de la forma oxidada a la forma reduïda del DCPIP.*

$C_6H_8O_6 \longrightarrow C_6H_6O_6 + 2H^+ + 2e^-$ oxidació Vitamina C

$C_{12}H_6O_2Cl_2NNa + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow C_{12}H_8O_2Cl_2NNa$ reducció DCPIP

$C_6H_8O_6 + C_{12}H_6O_2Cl_2NNa \longrightarrow C_6H_6O_6 + C_{12}H_8O_2Cl_2NNa$ reacció global

[12] **Reductor:** molècula química que provoca la reducció d'una altra alhora que ella s'oxida.

VOLUMETRIA

Tècnica experimental que consisteix a deixar anar lentament una dissolució valorant, de concentració coneguda (DCPIP, en aquest cas), des d'una bureta fins a la dissolució d'anàlit (dissolució de vi amb o sense Vitamina C, o dissolució de Vitamina C) situada sota la bureta, en un matràs Erlenmyer, fins que s'observa un viratge de color, que determina el final de la reacció entre tots dos (punt d'equivalència). El viratge és degut a un indicador, en aquest cas, al propi DCPIP. Així, partir del volum de valorant gastat es pot calcular el volum d'anàlit.

Figura 34. *Volumetria.*

En aquesta pràctica faré una volumetria redox basada en la reacció de reducció-oxidació del DCPIP amb l'àcid ascòrbic.

Material:

- Proveta de 100 cm^3
- Pipeta graduada
- Pera
- Matrassos aforats de 100 i 1000 cm^3
- Bureta de 50 cm^3
- Matrassos Erlenmeyer
- Balança
- Peu, suport i nou
- Pinça
- Vasos de precipitats
- Matràs Kitasato
- Embut Büchner
- Trompa de buit
- Pipeta Pasteur
- Espàtula
- Full blanc
- Paper de filtre

Figura 35. *Proveta.*

Figura 36. *Pera.*

Figura 37. *Pipeta*

Figura 38. *Matràs aforat.*

Figura 39. *Bureta.*

Figura 40. *Matràs erlenmeyer.*

Figura 41. *Blança.*

Figura 42. *Peu, suport i nou.*

Figura 43. *Pinça.*

Figura 44. *Vas de precipitats.*

Figura 45. *Matràs Kitasato.*

Figura 46. *Embut Büchner.*

Figura 47. *Trompa de buit.*

Figura 48. *Pipeta Pasteur.*

Figura 49. *Espàtula.*

Productes:

- Vi negre
- Carbó actiu
- Àcid acètic 2M
- DCPIP 0,1g/dm^3
- Àcid ascòrbic 1g/dm^3
- Aigua destil·lada

Figura 50. *D'esquerra a dreta: DCPIP, àcid acètic, àcid ascòrbic, vi, carbó actiu.*

Figura 51. *Pictogrames de perillositat de l'àcid acètic.*

Figura 52. *Precaucions a l'hora de treballar amb àcid acètic.*

Càlculs i preparacions previs:

1. Preparació de 500 cm^3 de dissolució d'àcid acètic (HCH_2COOH) 2M:

$$500\ cm^3 \text{ de dissolució } HCH_2COOH \cdot \frac{2 \text{ mol } HCH_2COOH}{1000\ cm^3 \text{ de dissolució}} \cdot \frac{60{,}05 \text{ g } HCH_2COOH}{1 \text{ mol } HCH_2COOH} \cdot \frac{100\ HCH_2COOH \text{ comercial}}{99{,}5 \text{ g } HCH_2COOH} \cdot \frac{1\ cm^3 HCH_2COOH}{1{,}049 \text{ g } HCH_2COOH} = 57{,}53\ cm^3 HCH_2COOH$$

Figura 53. *Dissolució d'àcid acètic.*

Dins de la campana, amb la pipeta i la pera mesura 57,5 cm^3 d'àcid acètic i aboca'ls en un matràs aforat de 500 cm^3, i afegeix aigua destil·lada fins a arribar a l'aforament.

2. Preparació de 100 cm^3 de dissolució d'àcid ascòrbic ($C_6H_8O_6$) 1g/dm^3:

$$100\ cm^3 \text{ de dissolució } C_6H_8O_6 \cdot \frac{1\ dm^3}{1000\ cm^3} \cdot \frac{1 \text{ g } C_6H_8O_6}{1\ dm^3} \cdot \frac{100 \text{ g } C_6H_8O_6 \text{ comercial}}{99 \text{ g } C_6H_8O_6} = 0{,}1 \text{ g } C_6H_8O_6$$

Figura 54. *Dissolució d'àcid ascòrbic.*

Pesa 0,1 g d'àcid ascòrbic, introdueix-los en un matràs aforat de 100 cm^3 i afegeix aigua destil·lada fins a arribar a l'aforament.

3. Preparació d' 1 dm^3 de dissolució de DCPIP 0,1/ dm^3:

$$1\ dm^3 \text{ de dissolució DCPIP} \cdot \frac{0{,}1 \text{ g DCPIP}}{1\ dm^3} \cdot \frac{326{,}08 \text{ g DCPIP} \cdot 2H_2O}{290{,}08 \text{ g DCPIP}} = 0{,}11 \text{ g DCPIP} \cdot 2H_2O$$

Figura 54. *Dissolució de DCPIP*

Pesa 0,11 g de DCPIP, introdueix-los en un matràs aforat d'1 dm^3 i afegeix aigua destil·lada fins a arribar l'aforament.

Procediments:

1. Decoloració del vi mitjançant carbó actiu.

1. Mesura 75 cm^3 de vi i afegeix-hi 15 grams de carbó actiu, pesats prèviament amb la balança.
2. Deixa-ho reposar durant una hora, tapat i sense contacte amb la llum.
3. Filtra el vi amb un matràs Kitasato, un embut Büchner i una trompa de buit.
4. Torna a afegir-hi 15 g de carbó actiu i repeteix el procediment.

Figura 53. *Filtració del vi amb matràs Kitasato, embut Büchner i trompa de buit.*

2. Comprovació de la presència de Vitamina C al vi.

1. Mesura 10 cm^3 de vi decolorat amb la proveta de 100 cm^3.
2. Amb la pipeta i la pera, mesura 25 cm^3 d'àcid acètic 2M, afegeix aigua destil·lada fins arribar als 100 cm^3 i aboca'n el contingut al matràs erlenmeyer.
3. Munta un peu, una nou i una pinça. Aguanta la bureta amb la pinça i omple-la de DCPIP. Col·loca l'erlenmeyer sota la bureta i un paper blanc sota l'erlenmeyer.
4. Obre la clau de la bureta i deixa caure el DCPIP gota a gota, remenant contínuament fins observar el viratge a color vermell-rosat. Anota el volum de DCPIP gastat.
5. Repeteix la valoració 2 vegades més i troba el volum mig.
6. Calcula la quantitat de Vitamina C expressant-la en mg de Vitamina C per cada dm^3 de vi.

3. Determinació de l'efecte del vi com a antioxidant.

1. Mesura 10 cm^3 de vi decolorat amb la proveta de 100 cm^3. Afegeix-hi 1 cm^3 de la dissolució de Vitamina C i 25 cm^3 d'àcid acètic 2M.
2. Afegeix aigua destil·lada fins a arribar als 100 cm^3.
3. Aboca'n el contingut al matràs erlenmeyer i deixa'l reposar 15 minuts.
4. Mentre reposa, prepara dues dissolucions iguals a aquesta i deixa-les reposar.
5. Munta un peu, una nou i una pinça. Aguanta la bureta amb la pinça i omple-la de DCPIP. Col·loca l'erlenmeyer de la primera dissolució sota la bureta i un paper blanc sota l'erlenmeyer.
6. Obre la clau de la bureta i deixa caure el DCPIP gota a gota, remenant contínuament fins a observar el viratge a color vermell-rosat. Anota el volum de DCPIP gastat.
7. Repeteix la valoració amb les altres dues dissolucions i troba el volum mig.
8. En un altra proveta de 100 cm^3, mesura 1 cm^3 de la dissolució Vitamina C, afegeix 25 cm^3 d'àcid acètic 2M, i aigua destil·lada fins a 100 cm^3.
9. Aboca'n el contingut al matràs erlenmeyer i deixa'l reposar 15 minuts.
10. Mentre reposa, prepara dues dissolucions iguals a aquesta i deixa-les reposar.
11. Munta un peu, una nou i una pinça. Aguanta la bureta amb la pinça i omple-la de DCPIP. Col·loca l'erlenmeyer sota la bureta i un paper blanc sota l'erlenmeyer.
12. Obre la clau de la bureta i deixa caure el DCPIP gota a gota, remenant contínuament fins observar el viratge a color vermell-rosat. Anota el volum de DCPIP gastat.
13. Repeteix la valoració amb les altres dues dissolucions i troba el volum mig.
14. Compara els valors obtinguts amb presència de vi i sense, tenint en compte el volum inicial de Vitamina C al vi.

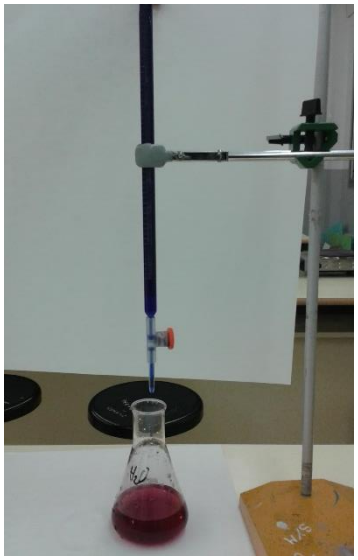

Figura 56. *Viratge del DCPIP, inicialment incolor..*

Si no hi ha carbó actiu al laboratori:

1. En un vas de precipitats, aboca 50 cm^3 de solució concentrada de sacarosa.
2. Afegeix, amb una pipeta, 7 cm^3 d'àcid sulfúric concentrat. Immediatament ennegrirà a causa de la formació de carbó procedent del sucre deshidratat.

Anàlisi de resultats:

He recollit en dues taules els resultats obtinguts:

	Volum de DCIP gastat per oxidar la Vitamina C present en 10 cm^3 de vi (cm^3)
Valoració 1	1,3
Valoració 2	1,1
Valoració 3	1,2
Volum mig	1,2

Taula 1. *Resultats procediment 2.*

La mitjana aritmètica dels tres volums obtinguts és 1,2 cm^3, per tant, la quantitat de Vitamina C al vi serà:

$$\frac{1{,}2\ \mathrm{cm^3 dissolució\ DCPIP}}{10\ \mathrm{cm^3 vi}} \cdot \frac{0{,}1\ \mathrm{g\ DCPIP}}{1000\ \mathrm{cm^3 dissoluió\ DCPIP}} \cdot \frac{1\ \mathrm{mol\ DCPIP}}{290{,}08\ \mathrm{g\ DCPIP}} \cdot \frac{1\ \mathrm{mol\ àcid\ ascòrbic}}{1\ \mathrm{mol\ DCPIP}} \cdot \frac{104\ \mathrm{g\ àcid\ ascòrbic}}{1\ \mathrm{mol\ àcid\ ascòrbic}} \cdot \frac{1000\ \mathrm{mg}}{1\ \mathrm{g}} \cdot \frac{1000\ \mathrm{cm^3}}{1\ \mathrm{dm^3}} = 4{,}3\ \frac{\mathrm{mg\ àcid\ ascòrbic}}{\mathrm{dm^3\ vi}}$$

Temps de repòs (minuts)	Volum de DCPIP gastat per oxidar 1 cm^3 de dissolució de Vitamina C en presència de vi (cm^3)	Volum de DCPIP gastat per oxidar 1 cm^3 de dissolució Vitamina C en absència de vi (cm^3)
15	10,3	11,6
25	10,1	10,4
35	9,2	8,9

Taula 2. *Resultats procediment 3.*

Tenint en compte aquestes dades, la quantitat de Vitamina C restant, en cada cas, serà:

- En presència de vi al cap de 15, 25 i 35 minuts, respectivament:

$$10{,}3\ \mathrm{cm^3 dissolució\ DCPIP} \cdot \frac{0{,}1\ \mathrm{g\ DCPIP}}{1000\ \mathrm{cm^3 dissolució}} \cdot \frac{1\ \mathrm{mol\ DCPIP}}{290{,}08\ \mathrm{g\ DCPIP}} \cdot \frac{1\ \mathrm{mol\ àcid\ asòrbic}}{1\ \mathrm{mol\ DCPIP}} \cdot \frac{104\ \mathrm{g\ àcid\ ascòrbic}}{1\ \mathrm{mol\ àcid\ ascòrbic}} = 3{,}69 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{g\ àcid\ ascòrbic}$$

$$10{,}1\ \mathrm{cm^3 dissolució\ DCPIP} \cdot \frac{0{,}1\ \mathrm{g\ DCPIP}}{1000\ \mathrm{cm^3 dissolució}} \cdot \frac{1\ \mathrm{mol\ DCPIP}}{290{,}08\ \mathrm{g\ DCPIP}} \cdot \frac{1\ \mathrm{mol\ àcid\ asòrbic}}{1\ \mathrm{mol\ DCPIP}} \cdot \frac{104\ \mathrm{g\ àcid\ ascòrbic}}{1\ \mathrm{mol\ àcid\ ascòrbic}} = 3{,}62 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{g\ àcid\ ascòrbic}$$

$$9{,}2\ \mathrm{cm^3 dissolució\ DCPIP} \cdot \frac{0{,}1\ \mathrm{g\ DCPIP}}{1000\ \mathrm{cm^3 dissolució}} \cdot \frac{1\ \mathrm{mol\ DCPIP}}{290{,}08\ \mathrm{g\ DCPIP}} \cdot \frac{1\ \mathrm{mol\ àcid\ asòrbic}}{1\ \mathrm{mol\ DCPIP}} \cdot \frac{104\ \mathrm{g\ àcid\ ascòrbic}}{1\ \mathrm{mol\ àcid\ ascòrbic}} = 3{,}29 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{g\ àcid\ ascòrbic}$$

- En absència de vi al cap de 15, 25 i 35 minuts, respectivament:

$$11{,}6\ \mathrm{cm^3 dissolució\ DCPIP} \cdot \frac{0{,}1\ \mathrm{g\ DCPIP}}{1000\ \mathrm{cm^3 dissolució}} \cdot \frac{1\ \mathrm{mol\ DCPIP}}{290{,}08\ \mathrm{g\ DCPIP}} \cdot \frac{1\ \mathrm{mol\ àcid\ asòrbic}}{1\ \mathrm{mol\ DCPIP}} \cdot \frac{104\ \mathrm{g\ àcid\ ascòrbic}}{1\ \mathrm{mol\ àcid\ ascòrbic}} = 4{,}15 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{g\ àcid\ ascòrbic}$$

$$10{,}4\ \mathrm{cm^3 dissolució\ DCPIP} \cdot \frac{0{,}1\ \mathrm{g\ DCPIP}}{1000\ \mathrm{cm^3 dissolució}} \cdot \frac{1\ \mathrm{mol\ DCPIP}}{290{,}08\ \mathrm{g\ DCPIP}} \cdot \frac{1\ \mathrm{mol\ àcid\ asòrbic}}{1\ \mathrm{mol\ DCPIP}} \cdot \frac{104\ \mathrm{g\ àcid\ ascòrbic}}{1\ \mathrm{mol\ àcid\ ascòrbic}} = 3{,}7 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{g\ àcid\ ascòrbic}$$

$$8{,}9\ \mathrm{cm^3 dissolució\ DCPIP} \cdot \frac{0{,}1\ \mathrm{g\ DCPIP}}{1000\ \mathrm{cm^3 dissolució}} \cdot \frac{1\ \mathrm{mol\ DCPIP}}{290{,}08\ \mathrm{g\ DCPIP}} \cdot \frac{1\ \mathrm{mol\ àcid\ asòrbic}}{1\ \mathrm{mol\ DCPIP}} \cdot \frac{104\ \mathrm{g\ àcid\ ascòrbic}}{1\ \mathrm{mol\ àcid\ ascòrbic}} = 3{,}19 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{g\ àcid\ ascòrbic}$$

A partir d'aquests càlculs, s'observa que, contràriament al que esperàvem, la quantitat de Vitamina C és major en les dues primeres valoracions en absència de vi. En la tercera, en canvi, aquesta quantitat és major en presència de vi. No obstant, si restem la quantitat de Vitamina C present inicialment al vi (4,3 mg/dm^3), el resultat segueix sent menor que en absència de vi.

Conclusions

Segons els càlculs anteriors, el vi no protegeix la Vitamina C de la seva oxidació, sinó que aquesta s'oxida més ràpidament en presència de vi que en la seva absència.

Els resultats no són exactament els esperats, ja que, si el vi hagués protegit l'àcid ascòrbic de la seva oxidació, s'hauria d'haver gastat més DCPIP en oxidar la Vitamina C en presència de vi que en la seva absència, perquè com més Vitamina hi hagi, més DCPIP es necessita per oxidar-la. A més, tenint en compte la quantitat inicial de Vitamina C ja present al vi, els valors de DCPIP gastat haurien d'haver estat bastant més elevats.

No obstant, el que sí s'observa és que la quantitat de Vitamina C al llarg del temps disminueix més acusadament en absència de vi. És a dir, en presència de vi es passa de $3{,}69 \cdot 10^{-4}$ a $3{,}29 \cdot 10^{-4}$ grams d'àcid acètic, mentre que, en absència de vi, es passa de $4{,}15 \cdot 10^{-4}$ a $3{,}19 \cdot 10^{-4}$ grams d'àcid acètic. Això mostra que la quantitat de Vitamina C en vi, al llarg del temps, disminueix $4 \cdot 10^{-5}$ grams, i en aigua, $9{,}6 \cdot 10^{-5}$ grams, el que suposa més de la meitat que en vi. Mirant només aquest aspecte sí que es podria afirmar que el vi protegeix la Vitamina C de la seva oxidació. Potser això vol dir que els polifenols del vi són antioxidants a llarg termini, ja que amb el pas del temps sí que s'aprecia aquesta conservació de l'àcid ascòrbic.

Probablement, aquest error ha estat a causa de la manca de material precís, ja que he treballat al laboratori de l'institut. A més, és possible que part del material estigués contaminat, perquè l'utilitzen cada dia molts alumnes. Per altra banda, també és possible que no hagi estat suficientment curosa amb les preparacions de les dissolucions, tant d'àcid acètic com d'àcid ascòrbic. Comparant els valors absoluts de l'aigua i el vi, pot ser que hi hagi hagut un error de volumetria en la preparació de les dissolucions de Vitamina C i vi, i Vitamina C i aigua.

Tot i això, sí que he complert el meu altre objectiu, que era aprendre sobre el vi i les seves característiques. A més, m'he adonat que, tot i que molts estudis revelen que té efectes beneficiosos sobre la salut, els fabricants de vi se

n'aprofiten i ho exageren. Per tant, contestant a la hipòtesi inicial, el vi a la salut no deixa de tenir un component de màrqueting per incentivar la compra d'aquesta beguda, ja que fins i tot hi ha marques que venen pastilles de resveratrol, quan no hi ha cap estudi que defensi que la seva ingesta sola tingui algun efecte beneficiós. Hi ha molts metges que defensen que no qualsevol persona pot prendre vi com un hàbit, ja que depèn de l'edat, de l'estil de vida i de les malalties que pateixi. Així doncs, tot i que el vi té efectes antioxidants i anticoagulants, com que encara no està del tot clar si la seva ingesta diària és saludable, és millor esperar a que surtin nous resultats.

Bibliografia

BROWN, V. A. i altres. (2013) "Sulfate Metabolites Provide an Intracellular Pool for Resveratrol Generation and Induce Autophagy with Senescence" a Science Translational Medicine. http://stm.sciencemag.org/content/5/205/205ra133.abstract?sid=e89457fb-856d-425c-a5b6-bab017f147c7 [Consulta: 14 de desembre de 2014]

CASARES FAULÍN, A.B. (2010) Análisis de polifenoles en los vinos mediante técnicas de separación. Projecte Final de Carrera, Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/10677/4/PFC_VOL_IV.pdf [Consulta: 6 d'agost de 2014]

Centre de Documentació i Experimentació en Ciències. Anàlisi d'experiències sobre fermentació. http://apliense.xtec.cat/arc/sites/default/files/Guia_%20Experiencies_Fermentacio.pdf [Consulta:16 de juny de 2014]

CUSCÓ I MARIGÓ, J. Projecte d'un celler d'elaboració de vi D.O. Penedès. Memòria. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/11335/1/Mem%C3%B2ria.pdf [Consulta:16 de juny de 2014]

ESTRUCH, R. "Efectes beneficiosos del vi sobre el sistema cardiovascular: nivell d'evidència científica" a ACE. Revista d'enologia. http://www.acenologia.com/dossier55b.htm#arriba [Consulta: 14 de desembre de 2014]

FERREIRA, V. (2012) "Bases moleculares del aroma del vino" a ACE. http://www.acenologia.com/cienciaytecnologia/bases_moleculares_aroma_cienc1212.htm [Consulta: 27 d'agost de 2014]

GARCIA COROMINAS, J. (2009) Viabilitat tècnica i econòmica de la implantació del mètode Ganimede® en un procés de vinificació. Projecte Fi de Carrera (Annex). Girona: Universiat de Girona. Escola Politècnica Superior. http://dugi-doc.udg.edu/bitstream/handle/10256/1901/4%20Annexos.pdf?sequence=4 [Consulta: 19 de maig de 2014]

GARCÍA DEL RÍO, F. (1999). El llibre del degustador de vins. Madrid. Alianza Editorial.

HAMER, S. i altres. (2010). "Red wine consumption improves in vitro migration of endothelial progenitor cells in young, healthy individuals" a The American Journal of Clinical Nutrition. http://ajcn.nutrition.org/content/92/1/161.full?sid=40edf084-41dc-44d4-a342-22ec583ca4a4 [Consulta: 14 de desembre de 2014]

Journal of Cardiovascular Pharmacology (2009) http://journals.lww.com/cardiovascularpharm/pages/results.aspx?txtkeywords=resveratrol [Consulta: 14 de desembre de 2014]

LAGOUGE, M. i altres. "Resveratrol Improves Mitochondrial Function and Protects against Metabolic Disease by Activating SIRT1 and PGC-1α" a Cell. http://www.cell.com/cell/abstract/S0092-8674%2806%2901428-0 [Consulta: 14 de desembre de 2014]

LÓPEZ ALEJANDRE, M. (2005). Viticultura, enologia i degustació per a aficionats. Madrid. Edicions Mundi-Prensa.

MARQUES-LOPES, I. (2014) "Uva, fruta milenaria llena de propiedades saludables" a Fundación Española del Corazón. http://www.fundaciondelcorazon.com/corazon-facil/blog-impulso-vital/2646-uva-fruta-milenaria-llena-de-propiedades-saludables.html [Consulta: 10 de desembre de 2014]

MOORE, J. i altres. (2014). "Inhibition of human lung cancer cell proliferation and survival by wine" a Cancer Cell International. http://www.cancerci.com/content/14/1/6 [Consulta: 14 de desembre de 2014]

OLIAS, J. (2013) "La acidez del vino" a Sabrosía, 11 de març. http://www.sabrosia.com/2013/03/la-acidez-del-vino/ [Consulta: 6 d'agost de 2014]

PALMA GÁMIZ, J. L. (2014) "A vueltas con el vino" a Fundación Española del Corazón. http://www.fundaciondelcorazon.com/corazon-facil/blog-impulso-vital/2626-a-vueltas-con-el-vino.html [Consulta: 1 de desembre de 2014]

PALOU GARCÍA, M. (2002). Elaboració de petites produccions de vi. Lleida. Pagès editors.

PEARSON, K. J. i altres. (2006). "Resveratrol improves health and survival of mice on a high-calorie diet" a Nature. http://www.nature.com/nature/journal/v444/n7117/full/nature05354.html [Consulta: 14 de desembre de 2014]

QUÍMICA ORGÁNICA. Isómeros geométricos o cis – trans. http://www.quimicaorganica.org/estereoquimica/87-isomeros-geometricos-o-cis-trans.html [Consulta: 25 d'agost de 2014]

RUIZ, M. (2007). "Las promesas del resveratrol" a Eroski consumer http://www.consumer.es/web/es/salud/investigacion_medica/2007/01/29/159357.php [Consulta: 14 de desembre de 2014]

SALTER, R. i altres. (2012). "Walnuts May Boost Memory and Improve Cognitive Function: New Results from Landmark PREDIMED Study" a Journal of Alzheimer's Disease. http://www.j-alz.com/node/159 [Consulta: 14 de desembre de 2014]

STANDAGE, T. (2006). La historia del mundo en seis tragos. Barcelona. Debate.

TORRES, L. (2013) "¿Por qué se dice que es saludable tomar una copa de vino al día?" a ABC http://www.abc.es/ciencia/20130119/abci-dice-saludable-tomar-copa-201301181529.html [Consulta: 18 de novembre de 2014]

XTEC. Metabolisme. http://www.xtec.cat/iesblume/seminaris/nat/BIO-2/METABOLISME2.pdf [Consulta:16 de juny de 2014]

ZAMORA MARÍN, F. "La química del color del vino" a Sociedad Española de Bioquímica i Biología Molecular. http://www.sebbm.com/revista/articulo.asp?id=4825&catgrupo=262&tipocom=24 [Consulta: 30 de juliol de 2014]

Glossari

Aminoàcid: macromolècula formada per la unió de proteïnes.

ATP: adenosina trifosfat. Molècula transportadora d'energia des de la reacció que n'allibera fins la que en necessita.

Catabolisme: fase del metabolisme amb la finalitat d'obtenir energia. En aquesta fase es van degradant les macromolècules fins a arribar a CO_2. L'energia alliberada s'emmagatzema en els enllaços rics en energia de l'ATP.

Clarificació: procés en el qual s'extreuen les substàncies que enterboleixen el vi.

Coenzim: cofactor orgànic (un cofactor és la part no proteica d'un enzim).

Enzim: molècula que provoca que augmenti la velocitat de reacció, disminuint l'energia d'activació (energia necessària per iniciar una reacció química).

Fenol: compost que conté un o més grups hidroxil units a un anell aromàtic, especialment a l'anell benzènic.

Infart de miocardi: mort del teixit cardíac, causat per una disminució o una interrupció de la circulació coronària. S'associa més freqüentment a persones amb factors de risc cardiovascular com les fumadores, les que tenen el colesterol o la tensió arterial elevats, o les diabètiques. El símptoma principal és el dolor al pit.

Ió: àtom o grup d'àtoms que tenen una càrrega elèctrica positiva o negativa.

Isòmer: Molècula que té la mateixa fórmula molecular que una altra, però té els àtoms disposats de manera diferent. L'isòmer que té els hidrògens a la mateixa banda s'anomena cis, i el que els té a bandes oposades, trans.

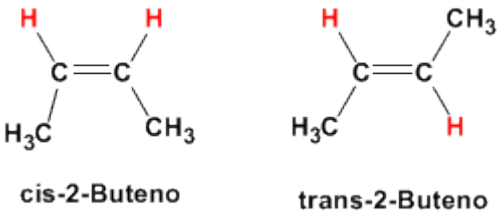

Figura 57. Isomeria cis i trans.

Llevat: fong microscòpic unicel·lular, eucariota, que està acostumat a viure en ambients on hi ha una absència total d'oxigen. L'única finalitat biològica que té és obtenir energia anaeròbica per sobreviure (ATP), per aquesta raó dissocia

les molècules de glucosa i així obté energia, produint etanol i CO2 com a productes finals del procés.

Metabolisme: conjunt de reaccions químiques que es produeixen a l'interior de les cèl·lules .

Monosacàrid: glúcid més senzill, sòlid cristal·lí de color blanc, soluble en aigua.

Nombre d'oxidació: càrrega elèctrica que tindria un àtom d'un element si tot el compost del qual forma part estigués constituït íntegrament per ions positius i negatius.

Nucleòtid: molècula formada per 3 estructures moleculars: un monosacàrid de 5 àtoms de carboni, un compost nitrogenat anomenat base nitrogenada i un àcid fosfòric.

Oxidació: augment del nombre d'oxidació d'una espècie química.

pH: Número que indica el grau de basicitat o d'acidesa d'una dissolució. El seu valor va de l'1 al 14, sent de l'1 al 7 els valors àcids i del 7 al 14 els bàsics. Els valors normals del vi oscil·len entre 3 i 4.

Polisacàrid: molècula d'elevat pes molecular formada per centenars o milers d'unitat estructurals (monosacàrids).

Quinona: compost amb dos grups carbonil en la molècula, producte de l'oxidació d'alguns sistemes aromàtics, en què es produeix el reemplaçament de dos grups –CH= de l'anell per dos grups =C=O i la reorganització dels dobles enllaços del sistema.

Reducció: disminució del nombre d'oxidació d'una espècie química.

Sulfitat: consisteix en l'aplicació de diòxid de sofre (SO_2) al most, el qual té un paper molt important en les vinificacions en negre. Cal destacar la seva múltiple acció: antioxidant (reductora), antisèptica selectiva, dissolvent (afavoreix la maceració) i estabilitzant (fixació dels compostos fenòlics).

Vitis vinifera: única espècie del gènere *Vitis sp.* apta per a l'elaboració de vi. Originària de l'Europa mediterrània, amb fruits en forma de baies agrupades en raïms.