



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA  
Dipartimento Territori e Sistemi Agro Forestali

Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Viticole ed Enologiche

## **L'ARMONIA DEL VINO**

**Docente di riferimento:**

Professor Simone Vincenzi

**Laureanda:** Beatrice Ruzzon

Matricola n. 2007500

ANNO ACCADEMICO 2022/2023

# Indice

## **I. RIASSUNTO INTRODUTTIVO DEL PROGETTO**

## **II. L'ARMONIA DEL VINO: L'EFFETTO DELLE VIBRAZIONI SONORE SU VITE, LIEVITI, VINO E PERSONE**

### **1. VITE E MUSICA: analisi degli effetti delle vibrazioni musicali sulla biologia e sulla fisiologia della piante dell'uva: la vite.**

Come le vibrazioni sonore siano in grado di influenzare:

- lo stato di salute della pianta, analizzando le implicazioni che le stesse hanno sul microbioma della vite;
- i meccanismi cellulari dietro la capacità di risposta (resistenza indotta proprio dagli stimoli sonori applicati) ad eventuali patogeni od avversità in seguito al trattamento “armonizzante”.

### **2. LIEVITI E FERMENTAZIONE ALCOLICA: possono le vibrazioni musicali influenzare l'operato di *Saccharomyces cerevisiae*?**

Confronto tra ceppi di lieviti (birrai ed enologici), relegate *boundary conditions*, ed ulteriore paragone di questi con le modifiche intracellulari e genomiche (RNA) verificatesi altresì in microrganismi più semplici (batteri), come *Escherichia coli*

### **3. AFFINAMENTO E TRASPORTO DEL VINO: come può la musica “cullare” il riposo del vino? E come le vibrazioni sonore possono impattare la qualità dello stesso, a partire dal periodo post-imbottigliamento, durante la distribuzione, sino a giungere al calice del consumatore finale?**

Esperimento dapprima condotto su:

- un vino rosso commerciale (Castello d'Albola Chianti Classico 2001);

- due vini bianchi fermi ed uno spumante a base di Riesling (prodotti nella zona di Rheinpfalz)

#### **4. “ORCHESTRA MULTISENSORIALE”: vino, musica e psicologia.**

Indagine interdisciplinare per comprendere:

- come il consumatore medio percepisce il profilo sensoriale di un dato vino, se sottoposto all’assaggio dello stesso in distinte condizioni di degustazione che prevedano svariate colonne sonore di sottofondo (così da ricreare ambientazioni diverse);
- la psicologia alla base della percezione sensoriale di un vino in fase di assaggio, testata ora su esperti di settore

#### **5. ENOSTESIA ED ENOMUSICOLOGIA**

**La professione del *sound sommelier*: un approccio scientifico.**

#### **6. “VMM”: VINO, MUSICA E *MARKETING***

Comprendere quali siano le leve “musicali” più efficaci da utilizzare per orientare il consumatore verso precisi *target* di prodotto e di mercato.

### **III. RIASSUNTO CONCLUSIVO**

Considerazioni finali e discussione della tesi

### **IV. SITOGRAFIA**

### **V. BIBLIOGRAFIA**

## **I. RIASSUNTO INTRODUTTIVO DEL PROGETTO**

Questo progetto di laurea nasce dalla visione di un reportage di “Le Iene”, intitolato “Il vino che cambia con la musica”.

In quel programma il direttore d’orchestra e maestro musicale Giuseppe Vessicchio sosteneva come, grazie a dei trattamenti detti di “esposizione musicale”, il vino potesse risultare, nel complesso, più armonico. Per far questo aveva preparato un brano cosiddetto *passee-partout* giusto per l’occasione, un connubio di note musicali passanti per più tonalità, che lui reputava adatto a rendere “migliore” il vino.

L’esperimento era proseguito con la somministrazione del vino a quattro esperti degustatori, tra cui Luca Gardini, miglior sommelier del mondo 2010 ed importantissimo critico enologico, definito dalla stampa “Il Maradona del vino”.

Ebbene, tre degustatori su quattro erano stati in grado di individuare senza dubbi il vino armonizzato.

Del resto, la musica, alla stessa stregua di altre vibrazioni fisiche (quali la temperatura, a dir poco essenziale per il servizio e la somministrazione di bevande quali il vino), potrebbe influenzare le componenti della materia vino (come, a titolo di esempio, fenoli ed antociani per i vini rossi, flavonoli per i bianchi, eventuali componenti quali terpeni, composti solforati, eccetera), cambiandone la percezione sensoriale.

Dinanzi a ciò, può sorgere spontaneo l’interrogativo circa quanto di questo sia mera strategia di marketing e quanto realtà.

*Dunque, il vino può realmente cambiare con la musica?*

Con questo elaborato di tesi ho voluto cercare di dare una risposta a questo quesito, grazie ad una ricerca approfondita di articoli che trattano di tematiche quali l’impatto vibrazionale sulla materia vino, anche durante vari passaggi della filiera (si pensi, a titolo di esempio, alle vibrazioni cui sono sottoposti i vini durante il trasporto o le esportazioni, alle vibrazioni che possono sussistere in cantina, ancora, in vigneto, eccetera).

La vibrazione è uno dei fattori che partecipa all’accelerazione dei processi di invecchiamento del vino (e degli alimenti in generale), quindi, un elemento assai importante da approfondire e monitorare.

Per rispondermi, dunque, ho voluto svolgere un’accurata ricerca bibliografica calandomi nell’argomento, ed analizzando minuziosamente, nella fattispecie, come le vibrazioni musicali possano influenzare tutti gli *steps* della filiera produttiva del vino, a partire dalla pianta “madre” di questa bevanda, la vite (ponendo attenzione sulle reazioni fisiologiche e biologiche che si attivano all’interno delle cellule vegetali costituenti le piante esposte ai trattamenti “armonizzanti”, e ciò che le onde sonore stimolano a livello del microbioma delle piante stesse), continuando con uno studio sui lieviti (e, dunque, sulla fermentazione alcolica), proseguendo con affinamento e trasporto, *marketing* e psicologia in fase di degustazione (concentrandomi in particolare su come la musica possa influenzare la psiche di un potenziale degustatore -medio od esperto- in fase di assaggio, e, consecutivamente, le successive scelte di acquisto).

## **II. L'ARMONIA DEL VINO: L'EFFETTO DELLE VIBRAZIONI SONORE SU VITE, LIEVITI, VINO E PERSONE**

### **1. VITE E MUSICA: analisi degli effetti delle vibrazioni musicali sulla biologia e sulla fisiologia della vite.**

Il microbioma vegetale, in tal caso associato alla vite, è di basilare importanza per il buono stato di salute della pianta (e, dunque, relativo incremento di resilienza della stessa nei confronti delle avversità dovute a fattori ambientali) e per la capacità di questa di rispondere prontamente ad eventuali attacchi patogenici, che rappresentano una realtà presente e costante in vigneto.

Si tratta di una comunità dinamica di microrganismi (come batteri e funghi) ubiquitari del suolo e consociati alla vite stessa, la cui composizione varia durante il ciclo di vita delle piante, e che, peraltro, viene trasmesso verticalmente alle progenie (Berg et al., 2018).

Tali microrganismi sono in grado di far fronte ai patogeni attivando direttamente i metabolismi alla base di due sistemi di auto-difesa fondamentali per la corretta fisiologia vegetale; trattasi della così detta via della resistenza sistemica indotta (in sigla, dall'anglosassone, "ISR") e della resistenza sistemica acquisita ("SAR"), le quali, entrambe, funzionano concentrando maggiormente composti antimicrobici quali acido jasmonico ed acido salicilico (Van Loon et al., 2007).

Ma oltre ciò, da recenti studi, è emerso come anche le vibrazioni sonore (sia naturali, che sintetiche) percepite dalle piante, e, dunque, trasdotte in segnali biologici, siano in grado di attivare metabolismi come quello dell'ISR.

Questo si traduce, al di là di una maggiore resistenza agli attacchi dei patogeni vegetali, come, ad esempio, di *Botrytis cinerea* (Choi et al., 2017), anche in un miglioramento della salute delle piante (Jung et al., 2018), attraverso l'attivazione di meccanismi molecolari mirati a migliorare fasi fisiologiche della vite quali germinazione, crescita e sviluppo, incrementando, così, sia le rese colturali che la tolleranza a stress come quello rappresentato dalla siccità (Mishra et al., 2016; López-Ribera et al., 2017).

A conferma di questa sensibilità del regno vegetale nei confronti delle vibrazioni acustiche, studi pregressi hanno dimostrato la capacità delle stesse di rispondere a suoni come quello della masticazione delle larve di insetto (Appel et al., 2014), al ronzio delle api durante l'impollinazione (De Luca et al., 2013), e ci sono addirittura le piante che dipendono dai pipistrelli (per quanto concerne la possibilità di diffondere i propri semi) che sono in grado di attirare gli stessi poiché hanno evoluto dei sistemi di ecolocalizzazione basati su riflettori acustici, in grado di riprodurre onde sonore simili a quelle gradite a questi animali (Schöner et al., 2015). Ciò evidenzia la capacità delle piante nel riconoscere e discriminare le frequenze sonore rilevanti da quelle non rilevanti, in una prospettiva ecologica.

Come per i lieviti, per i quali è stato dimostrato l'effetto delle onde acustiche (di cui si parlerà approfonditamente nel successivo capitolo), si ipotizza che anche gli organismi unicellulari rispondano a livello di crescita, metabolismo, tolleranza agli antibiotici emessi da altri microrganismi antagonisti ed allo stress, quando sottoposti a vibrazioni sonore (Gu

et al., 2016; Sarvaiya et al., 2015), ma finora nessuno studio aveva indagato l'effetto sull'intero microbiota.

Per far chiarezza a riguardo, Wasserman et al., (2021) hanno voluto verificare sperimentalmente l'ipotesi che le vibrazioni sonore non agiscano solamente sugli agenti patogeni, ma bensì sull'intero microbioma della pianta, ponendolo in uno stato di equilibrio che permette di mediare una migliore salute generale della vite.

Per dimostrare questo, è stata utilizzata, appunto, *Vitis vinifera L.* come modello di analisi, in quanto il microbioma indigeno (Salomon et al., 2014; Pacifico et al., 2019) ed i patogeni (Rathnayake et al., 2018) associati a tal pianta sono stati solidamente studiati e caratterizzati.

Nella fattispecie, per valutare l'effetto delle vibrazioni sonore (sotto forma di suono udibile) sul microbiota nativo della fillosfera relativa a tal pianta sono state esaminate delle foglie di *cultivar* Syrah, le quali sono state esposte continuamente a musica classica (principalmente barocca) per tutta la durata della stagione di crescita, mediante l'uso di altoparlanti collocati nell'appezzamento.

Queste, sono state poi confrontate con foglie non esposte.

Analizzando, dunque, le librerie di ampliconi del gene 16S rRNA e dei frammenti ITS, sono emerse differenze sostanziali tra la composizione del microbioma delle foglie esposte ai suoni acustici rispetto a quello del campione di controllo, a partire dalla significativa abbondanza relativa di specifici batteri e funghi benevoli associati al gruppo di piante trattato.

Tra questi ultimi, è emerso che i *taxa* dei microbi associati alle piante esposte alla musica:

- producono una quantità consistente di metaboliti che sono positivamente correlati alla composizione chimica del vino finito (Bokulich et al., 2016);
- incrementano la produzione di *VOC (Volatile Organic Compounds)*, composti aromatici (Verginer et al., 2010);
- sono rappresentati maggiormente da lieviti, i quali, svolgendo un ruolo basilare nei processi fermentativi, contribuiscono in maniera decisiva circa qualità e profilo aromatico del prodotto (Prakitchaiwattana et al., 2004).

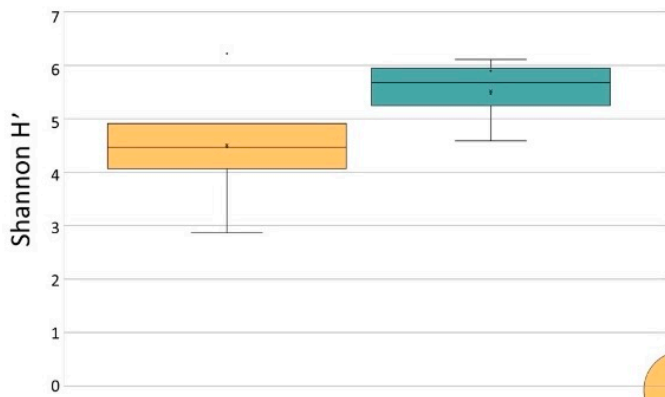
Da ciò, è possibile pensare, in una prospettiva di innovazione delle tecniche agricole da adottare in vigneto, di considerare la musica come un parametro di gestione non invasivo, che possa concretamente modificare il microbioma della vite sino a giungere ad una composizione favorevole, influenzando, così, qualità e caratteristiche del vino.

A titolo di esempio, le vibrazioni sonore, intese come stimolanti fisici, potrebbero certo offrire una possibilità ecologica circa il controllo dei patogeni (alternativa, dunque, ai pesticidi), rappresentando una proposta *eco-friendly* sul mercato inerente.

Sebbene tali risultati riportino le positività a lungo termine che potrebbero emergere dall'adozione di tecniche sonorizzanti in vigneto (finalizzate nel migliorare la resilienza della vite con questa applicazione insolita ma innovativa), sono necessari, tuttavia, ulteriori studi meccanici per comprendere totalmente le interazioni alla base di questi processi fisiologici indotti.

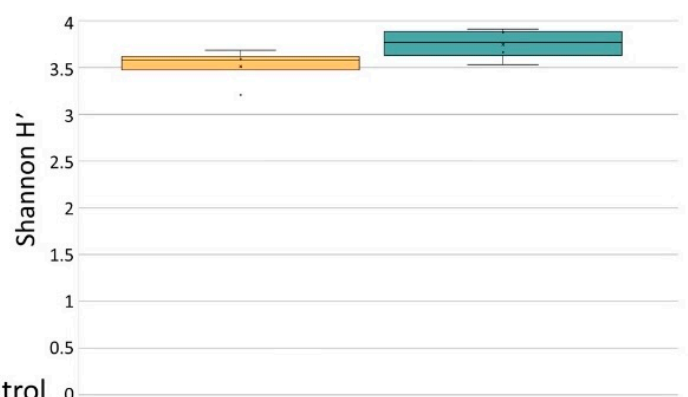
## Bacteria

A



## Fungi

B

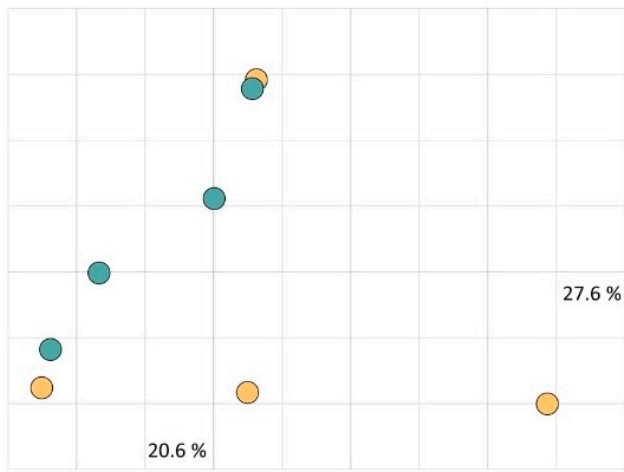


Control

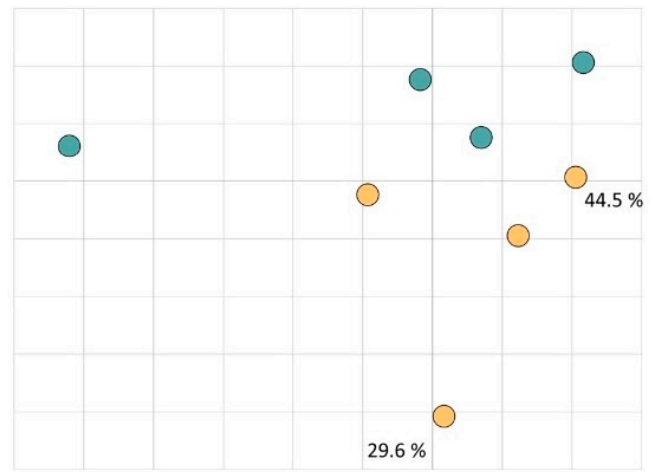


Music

C

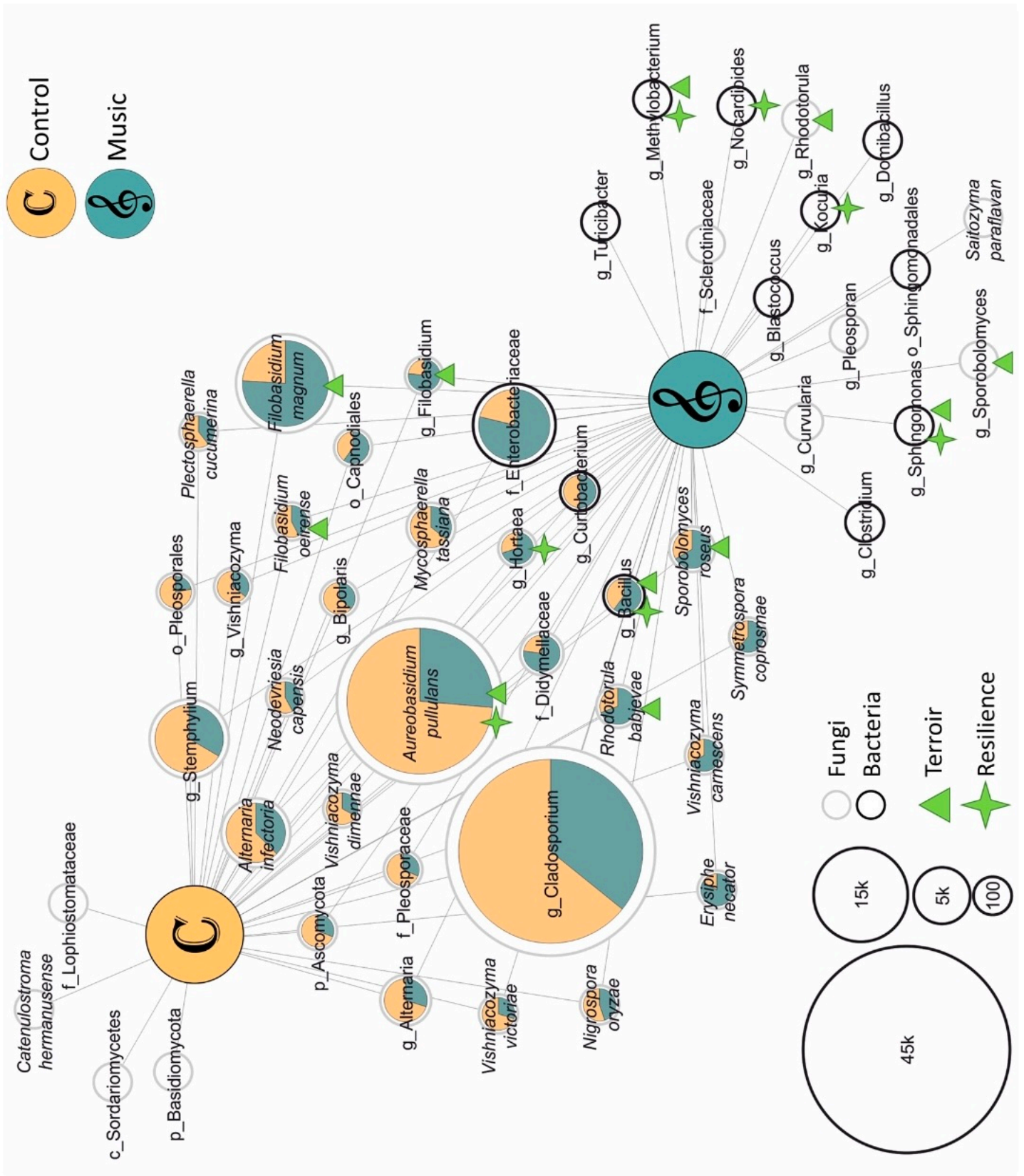


D



### Figura 1.

Confronto della diversità *alfa* e *beta* delle comunità batterica e fungina associate alle foglie di vite. I campioni “Controllo” e “Musica” sono rappresentati rispettivamente in giallo e in blu, come indicato dalla legenda al centro della figura. I riquadri con le ascisse rappresentano la diversità *alfa* batterica (A) e fungina (B), basata sull'indice di Shannon  $H'$ . Si presenta l'analisi delle coordinate di principio di Bray Curtis (PCoA) bidimensionale codificata a colori, oltre alla visualizzazione del raggruppamento delle comunità batterica (C) e fungina (D). Le differenze nella diversità *alfa* e *beta* non sono risultate significative tra i due gruppi, secondo il test di Kruskal-Wallis e l'analisi di similarità (ANOSIM) ( $p < 0,05$ ), rispettivamente.





## Figura 2.

Ecco rappresentati in questo schema a mappa gli specifici *taxa* microbici condivisi in foglie di vite esposte a vibrazioni sonore e di controllo.

Soltanto i *taxa* batterici e fungini (a livello di specie) rilevati in almeno il 75% delle repliche del campione sono stati inclusi nell'analisi della rete.

La dimensione dei nodi corrisponde all'abbondanza assoluta nel *set* di dati ed i contorni dei nodi indicano i batteri (neri) ed i funghi (in grigio), mentre il colore dei nodi condivisi è riferito alle foglie "di controllo" (giallo) e "musicali" (blu).

I simboli verdi attaccati ai nodi indicano il potenziale del microbiota nel sostenere la resilienza dell'ospite (asterischi) e/o nel contribuire al *terroir* (triangolo).

Oltre all'effetto sul microbioma della vite, come accennato in precedenza, le piante stesse sono in grado di "percepire" le vibrazioni esterne.

Le fondamenta di una possibile "risposta acustica" nei vegetali, che si contrappone certo alla visione "Aristoteliana" che sempre li ha distinti dal Regno animale, partì dall'osservazione delle piante carnivore; se le stesse possono percepire il contatto, perché non dovrebbero sentire anche la musica?

Fu così che iniziarono, a partire dagli anni '50 del secolo scorso, studi inerenti l'acustica delle piante e la loro sensibilità verso gli stimoli sonori (Ekici et al., 2007).

È quindi plausibile che le vibrazioni sonore fungano da stimolo a lungo raggio che evoca meccanismi di segnalazione ecologicamente rilevanti per le stesse piante.

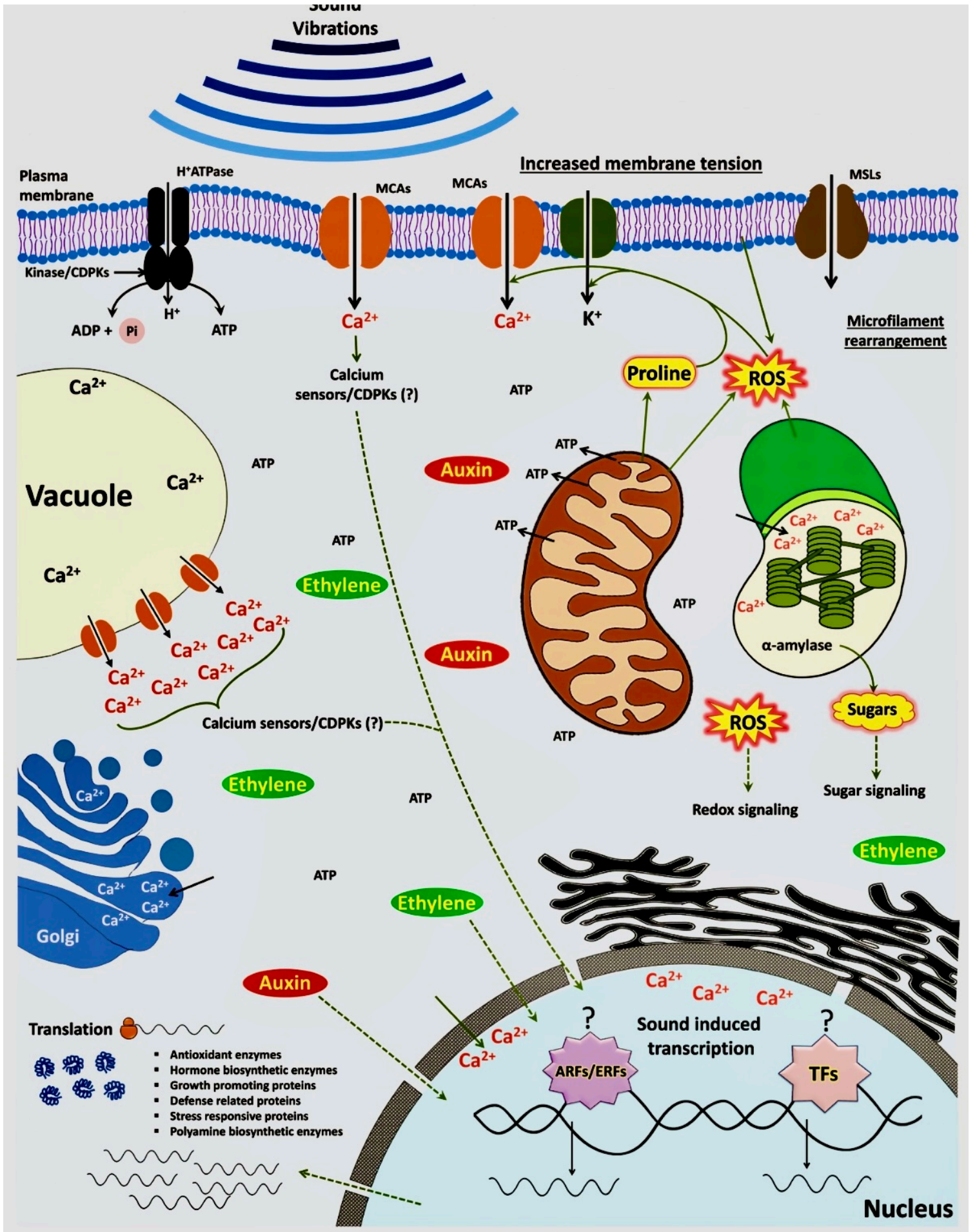
Ma, a livello cellulare, come si attivano i metabolismi che stanno alla base di questo incremento di resilienza, sia verso fattori abiotici, che biotici?

Per rispondere, alcuni studi hanno suggerito che le vibrazioni sonore possano aumentare la trascrizione di certi geni, dunque il contenuto di proteine solubili, favorendo sia crescita, sia sviluppo delle piante.

A livello cellulare, le vibrazioni potrebbero infatti agire per molteplici, strategiche vie, quali:

- modificare la struttura secondaria delle proteine della membrana plasmatica;
- influenzare i riarrangiamenti dei complessi proteici stessi;
- produrre segnali mediante la maggiore concentrazione di ioni calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ );
- provocare aumenti delle *protein-chinasi*, degli enzimi protettivi, delle perossidasi, degli enzimi antiossidanti, delle amilasi, delle attività delle  $\text{H}^+$ -ATPasi/canali  $\text{K}^+$
- aumentare i livelli di poliammine, zuccheri solubili ed auxina (fitormone).

In un lavoro (Mishra et al., 2016), è stato proposto un modello di segnalazione fine a spiegare gli episodi molecolari che le vibrazioni sonore possono indurre all'interno della cellula vegetale.



### Figura 3.

Immagine rappresentativa di un modello che riassume gli eventi molecolari innescati, all'interno di una cellula vegetale, dalla stimolazione "impartita" dalle vibrazioni sonore.

Le onde provocano, difatti, la modifica della parete cellulare ed il riarrangiamento dei microfilamenti nelle cellule vegetali.

Il sito principale di attività è la membrana plasmatica, la quale, quando disturbata dalle vibrazioni acustiche, evoca una reazione a cascata di segnali che, finalmente, culmina in una risposta biologica.

Il candidato molecolare più promettente, che agisce come secondo messaggero delle vibrazioni sonore, è l'ione calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ).

I *Mechano-Sensitive channels of small conductance-like* (siglato MSL) ed i *Mid1-Complementing Activity* (MCA) costituiscono i due possibili canali localizzati nel plasmalemma, i quali facilitano l'efflusso/influsso di ioni  $\text{Ca}^{2+}$  mediato dalle vibrazioni sonore.

Ciò determina la generazione di transienti di cationi  $\text{Ca}^{2+}$  critici per la segnalazione acustica.

Il  $\text{Ca}^{2+}$  viene eventualmente percepito dalla cellula attraverso vari sensori specifici e/o CDPK (*Calcium-Dependent Protein Kinase*), che passano il messaggio attraverso la fosforilazione/de-fosforilazione a diverse proteine di segnalazione o a fattori di trascrizione, determinando infine l'espressione genica.

La prolina ed i ROS (*Reactive Oxygen Species*), sempre più sintetizzati nelle cellule trattate con le vibrazioni sonore, facilitano l'ulteriore attivazione dei canali del  $\text{Ca}^{2+}$  e dei canali del  $\text{K}^+$ .

L'attività dell' $\alpha$ -amilasi e, di conseguenza, i livelli di zucchero, aumentano nelle cellule trattate.

Insieme,  $\text{Ca}^{2+}$ , ROS e zuccheri possono evocare una cascata di segnali precisi e distinti che portano ad un aumento dell'espressione genica.

L'auxina e l'etilene, implicati nella risposta mediata dalle onde acustiche, possono indirizzare direttamente le ARFs (*Auxin Response Factors*) e le ERFs (*Ethylene Response Factors*), rispettivamente, per mediare la regolazione genica.

Sono mostrate in figura diverse classi di geni/complessi proteici che vengono espressi/attivati in modo differenziato in seguito alla stimolazione della cellula vegetale da parte delle vibrazioni sonore.

L'energia necessaria per i processi sopra descritti deriva dall'ATP (adenosina trifosfato), che viene sintetizzata in misura crescente nelle cellule sensibilizzate al suono.

Le linee solide del modello rappresentano le fasi supportate dagli studi pubblicati, mentre quelle tratteggiate l'ipotesi presentata da questo studio, che quindi deve essere analizzata nelle future ricerche sull'acustica delle piante.

Riportando altri studi sperimentali interessati all'applicazione degli stimoli sonori, è stato dimostrato che:

- nelle tecniche di coltura dei tessuti vegetali, è stato suggerito che le vibrazioni acustiche possano aumentare l'organogenesi (Da Silva e Dobranszki, 2014);
- gli ultrasuoni (suoni ossia superiori rispetto la gamma dell'udibile, intercompresa essa tra i 20 Hz ed i 20 kHz) sono stati utilizzati con successo per migliorare la trasformazione mediata da *Agrobacterium* di diverse piante, come *Glycine max*, *Vigna unguiculata*, *Triticum aestivum* e *Zea mays* (Trick e Finer, 1997);
- le onde sonore stimolano la crescita e lo sviluppo *in vitro* di varie specie di piante, come *Daucus carota* (Wang et al., 1998), *Oryza sativa* (Liu et al., 2003b), *Aloe arborescens* (Liu et al., 2003a), ed altre;
- l'indice di germinazione aumenta in maniera significativa nelle piante esposte al *sound* (Wang et al., 2003a), con incremento dell'altezza dei germogli, del peso fresco, dell'attività dell'apparato radicale e della penetrabilità della membrana cellulare, in tal caso specifico, del risone, trattato con onde meccaniche di frequenza pari a 400 Hz e 106 dB (tuttavia, le onde superiori a questo intervallo hanno causato effetti dannosi, suggerendo che le vibrazioni sonore possono migliorare l'attività

fisiologica delle cellule soltanto se circoscritte all'interno di un intervallo ottimale preciso e specie-specifico).

- le vibrazioni possono fungere da regolatori di crescita positivi, mentre gli ultrasuoni causano effetti botanici negativi (Hassanien et al., 2014). Di conseguenza, il *Qingdao Physical Agricultural Engineering Research Center*, con sede in Cina, ha sviluppato un generatore di frequenza acustica delle piante (PAFT) che produce vibrazioni sonore ad otto livelli di frequenza variabili per facilitare la produzione agricola.

Per giunta, ulteriori ricerche sperimentali hanno provato che le piante stimolate dalle onde acustiche non soltanto beneficiano di un'incrementata capacità di accrescimento e di una maggiorata resilienza nei confronti di eventuali patogeni, bensì anche di una più forte resistenza nei confronti di fattori ambientali (abiotici) come la siccità (tematica più che attuale, data l'entità del *climate change* a livello globale).

Si ritiene, infatti, che le piante possano utilizzare i segnali sonori indotti dall'aridità per comunicare con gli individui vicini al fine di prepararli all'imminente scarsità d'acqua (Gagliano, 2013b).

Le piante che sperimentano la siccità, difatti, presentano delle bolle d'aria all'interno dei propri vasi xilematici (chiamasi processo di cavitazione) che producono emissioni acustiche (la cui entità sonora è compresa tra i 50 ed i 250 Hz) quando scoppiano (Zweifel e Zeugin, 2008).

Inoltre, si è visto che il messaggio di "allarme" parta addirittura dalle radici, e viaggi attraverso il terreno per giungere agli individui limitrofi (Gagliano et al., 2012a).

Trattare le viti a rischio di siccità con le vibrazioni sonore, dunque, rappresenterebbe un'ingegnosa tecnica viticola per consentire un aumento del contenuto idrico nei tessuti delle stesse, una maggiore e migliorata conduttanza stomatica e, a catena, un incremento del rendimento dei processi fotosintetici (Jeong et al., 2008; Jeong et al., 2014).

Questo perché il trattamento sonorizzante agisce come innesco sulla cellula vegetale, regolandone, così, le condizioni fisiologiche, di modo da rendere le piante in grado di tollerare la siccità più rapidamente e con maggiore efficacia rispetto a quelle non trattate.

A livello molecolare, l'avvento della siccità provoca principalmente l'accumulo di specie reattive dell'ossigeno (*ROS*).

L'aumento dei *ROS* evoca una cascata di segnali collegata ai flussi di zuccheri e di ioni  $\text{Ca}^{2+}$  che innescano risposte di acclimatazione (Cruz de Carvalho, 2008).

## **2. LIEVITI E FERMENTAZIONE ALCOLICA: possono le vibrazioni musicali influenzare l'attività di *Saccharomyces cerevisiae*?**

Il suono è una vibrazione meccanica che si propaga attraverso mezzi elastici, come fluidi (liquidi ed aria) e solidi.

Esso può riguardare diverse intensità, con una gamma di frequenze udibili nell'aria comunemente accettata per gli esseri umani compresa tra 20 Hz e 20 kHz.

È stato dimostrato che il suono, attraverso l'intero spettro, influenza sia gli organismi dotati di vie uditive tradizionali, come gli esseri umani, sia gli organismi privi di vie uditive, come alcune varietà di piante.

Oltre queste categorie di esseri viventi, il suono ha effetto pure sui microrganismi: difatti, le vibrazioni al di sotto ed al di sopra della gamma dell'udibile, rispettivamente gli infrasuoni e gli ultrasuoni, influenzano in modo significativo la crescita e lo sviluppo degli stessi. Tuttavia, si sa poco, al momento, dell'effetto della gamma sonora udibile sulle cellule microbiche; ad esempio, sperimentalmente si sono verificati effetti distinti delle vibrazioni sonore applicate a batteri, come *Escherichia coli* e *Bacillus carboniphilus* (Koda et al., 2009), e ai lieviti *Saccharomyces cerevisiae* (Villas-Boas et al., 2005).

Per capire come il suono influisce sui microrganismi è necessario comprendere dapprima i cambiamenti cellulari ed altri meccanismi inerenti che guidano la risposta microbica.

Ad ogni modo, data la complessità delle vibrazioni sonore, tali reazioni microbiche potrebbero manifestarsi in maniera estremamente diversificata, e per questo è necessario fare riferimento ad un organismo modello ben caratterizzato.

Per questo motivo, in un lavoro sperimentale (Harris et al., 2021) è stato scelto il lievito *S. cerevisiae*, organismo modello eucariotico unicellulare, avente una rete proteica ben caratterizzata ed una risposta metabolica pronunciata e chiara in molte condizioni. Inoltre, tal lievito è ampiamente utilizzato nei processi industriali. Pertanto, rappresentava l'essere vivente perfetto per poter estendere la comprensione dell'effetto sonoro sui microrganismi.

Il metabolismo di questi esseri viventi unicellulari è difatti assai importante per molti processi industriali, tra cui la produzione di un'ampia varietà di prodotti alimentari e di molecole di alto valore. Tra questi, la produzione di bevande alcoliche da parte di *S. cerevisiae* rimane ad oggi uno dei maggiori usi industriali dei microrganismi.

La produzione di metaboliti secondari da parte del lievito, come alcoli superiori, esteri e fenoli, influisce sul profilo aromatico dei prodotti di fermentazione, quali vino e birra.

In particolare, i composti volatili rappresentano una parte importante del profilo sensoriale delle due bevande alcoliche, caratterizzando per altro la qualità finale percepibile del prodotto, ad oggi sempre più ambita dai produttori, ricercata dai consumatori e valutata dalla critica.

I composti generati sono determinati dal ceppo di lievito utilizzato, dal tasso di crescita e dalle condizioni ambientali durante la fermentazione (Nagodawithana et al., 1976; Berbegal et al., 2020). Molti di questi composti volatili sono prodotti durante la fase di crescita esponenziale della fermentazione (Rowan, 2011).

Di conseguenza, l'applicazione di suoni per alterare il tasso di crescita, modificando così la durata della fase iniziale di crescita esponenziale, può comportare cambiamenti nella composizione dei metaboliti volatili prodotti durante la fermentazione stessa.

In questo studio è stato testato l'effetto del suono sulla crescita di *S. cerevisiae* CLIB382 e sulla produzione di metaboliti volatili durante la fermentazione (Harris et al., 2021).

Sia il terreno di coltura sia il ceppo di lievito sono stati selezionati per imitare, in tal caso, la produzione di birra.

Il lievito è stato esposto ad un tono continuo di 90 dB ad una pressione di 20  $\mu$ Pa a diverse frequenze (0,1 kHz, 10 kHz e silenzio). Le caratteristiche della fermentazione sono state monitorate per 50 ore in estratto di malto liquido, con particolare attenzione al tasso di crescita ed alla resa in biomassa.

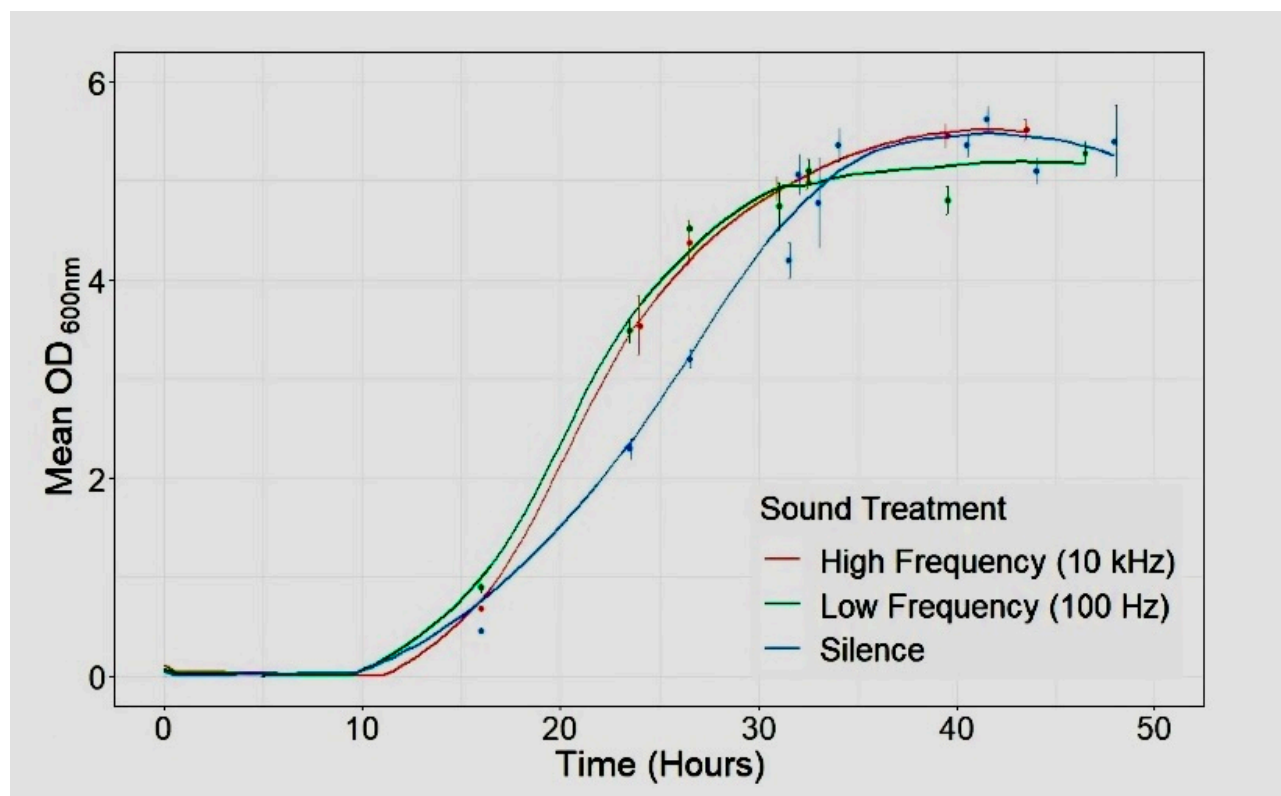
Il profilo dei metaboliti volatili nella successiva fase stazionaria della fermentazione è stato caratterizzato mediante gascromatografia-spettrometria di massa.

L'effetto più comunemente riportato dai lavori scientifico-sperimentali attinenti all'influenza delle vibrazioni sonore della banda dell'udibile sui microrganismi è l'aumento del tasso di crescita rispetto alle colture condotte in silenzio (Aggio et al., 2011; Aggio et al., 2021).

Le misure effettuate hanno confermato che dopo la fine della fase *lag* (16 ore), si registrava una biomassa significativamente maggiore nelle fermentazioni esposte ad ambo i trattamenti sonori rispetto a quelle trattate con il silenzio (come mostra la figura 4 in seguito riportata;  $p < 0,001$ ).

Inoltre, è stata osservata una OD<sub>600nm</sub> significativamente più alta nelle fermentazioni esposte a bassa frequenza ( $0,893 \pm 0,07$ , 100 Hz) rispetto a quelle ad alta frequenza ( $0,683 \pm 0,02$ , 10 kHz,  $p < 0,01$ , figura 4).

Tuttavia, la biomassa alla fine delle fermentazioni (33 ore) non era significativamente diversa tra le colture esposte ad entrambi i trattamenti sonori ed al silenzio ( $p > 0,05$ ).



Didascalia

**Figura 4.**

Curve di crescita di *Saccharomyces cerevisiae* esposte a diverse condizioni sonore.

La media dei due esperimenti di crescita condotti in condizioni di silenzio (controllo) è riportata in blu.

Sono presentate le curve di crescita esposte a suoni ad alta frequenza di 10 kHz (in rosso) e a suoni a bassa frequenza di 100 Hz (verde).

I valori riportati sono le medie delle repliche biologiche (n=3) di ciascun punto temporale e le barre di errore ( $\pm$ errore standard).

Dunque, sono stati confrontati i tassi di crescita massimi, calcolati sulla base della variazione della biomassa, nelle fermentazioni durante la fase di crescita esponenziale.

Il tasso di crescita massimo delle colture coltivate senza stimolo sonoro è stato di 0,137 ore  $\pm$  0,005 inferiore ai tassi di crescita massimi delle colture esposte a suoni a bassa e alta frequenza (0,155 h  $\pm$  0,008 e 0,177 h  $\pm$  0,011, rispettivamente).

Tuttavia, solo il tasso di crescita massimo delle colture esposte a suoni ad alta frequenza ha mostrato una significatività statistica rispetto alle colture di controllo esposte al silenzio ( $p < 0,05$ ).

Comunque, la durata della fase di crescita esponenziale si è ridotta a 26,5 ore con entrambi i trattamenti sonori rispetto alle 34,00 ore del controllo silenzioso, confermando dati precedenti (Stahl et al., 2004).

I composti volatili prodotti con i due trattamenti sonori sono stati confrontati con il controllo del campione esposto al silenzio.

Sono stati identificati in totale ben 522 composti nello spazio di testa dei campioni analizzati utilizzando la libreria spettrale di massa NIST 2017.

L'analisi differenziale di espressione (*fold change*) tra i diversi trattamenti ha rivelato che l'esposizione al suono sembra influenzare in modo significativo lo sviluppo dei composti aromatici.

È stato identificato un totale di 24 metaboliti volatili espressi in maniera significativamente diversa. Di questi, i livelli degli aromi legati agli agrumi, in particolare, hanno dimostrato un aumento complessivo (Figura 5).

Ad esempio, il limonene (l'aroma associato ai profumi di arancia e buccia di agrumi) è stato rilevato a livelli 7,8 volte superiori nel trattamento sonoro ad alta frequenza rispetto al controllo del silenzio.

Tuttavia, i composti associati ai frutti dolci, come l'aroma di albicocca (ottanoato di etile), sono stati significativamente ridotti con i trattamenti sonori ad alta e bassa frequenza rispetto al silenzio (come esibito in figura 5).

Mentre la maggior parte delle differenze significative si è verificata tra i due trattamenti sonori ed il silenzio, sono state osservate anche alcune divergenze tra i trattamenti sonori ad alta e bassa frequenza.

Ad esempio, la produzione di benzoato da parte di *S. cerevisiae* è risultata significativamente ( $p < 0,001$ ) più elevata nei fermenti esposti al trattamento sonoro ad alta frequenza rispetto a quello a bassa frequenza (Figura 5).

#### **Figura 5.**

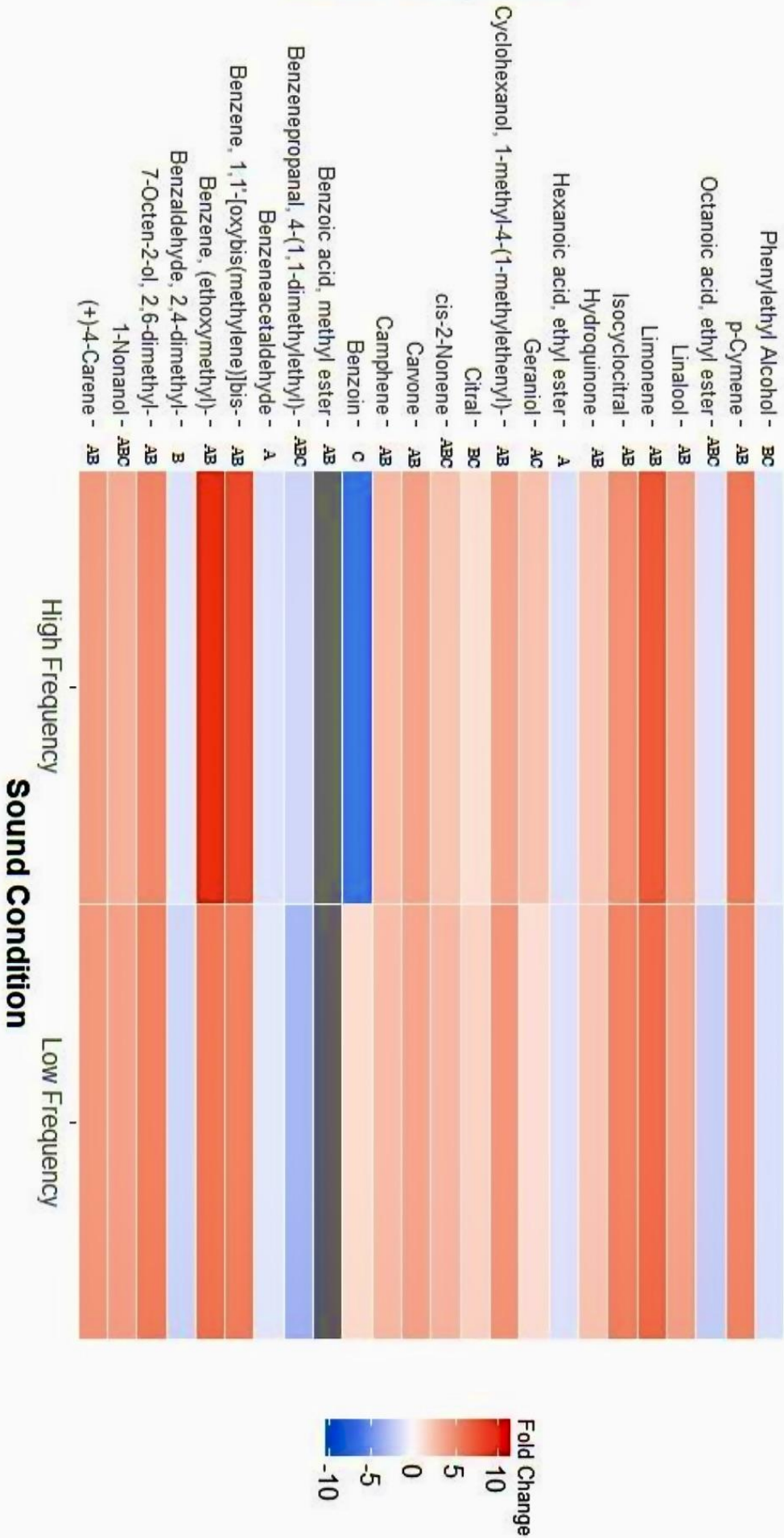
Variazioni dei livelli di metaboliti volatili associati agli aromi prodotti dall'esposizione a suoni ad alta frequenza (10 kHz) e a bassa frequenza (100 Hz) rispetto al silenzio.

I dati sono visualizzati sotto forma di *heat map* (a destra), con l'ombra rossa che indica l'aumento dell'abbondanza e l'ombra blu che indica la diminuzione dell'abbondanza (rispetto al silenzio).

La significatività a coppie per ciascun composto è stata valutata utilizzando un'ANOVA *post-hoc* di Tukey ( $p < 0,05$ ).

Il benzoato di metile, di colore grigio, è risultato al di fuori dell'intervallo, con un'abbondanza significativamente più elevata per entrambi i trattamenti sonori ad alta e bassa frequenza (rispettivamente 33 e 30 volte).

# Aroma Compounds



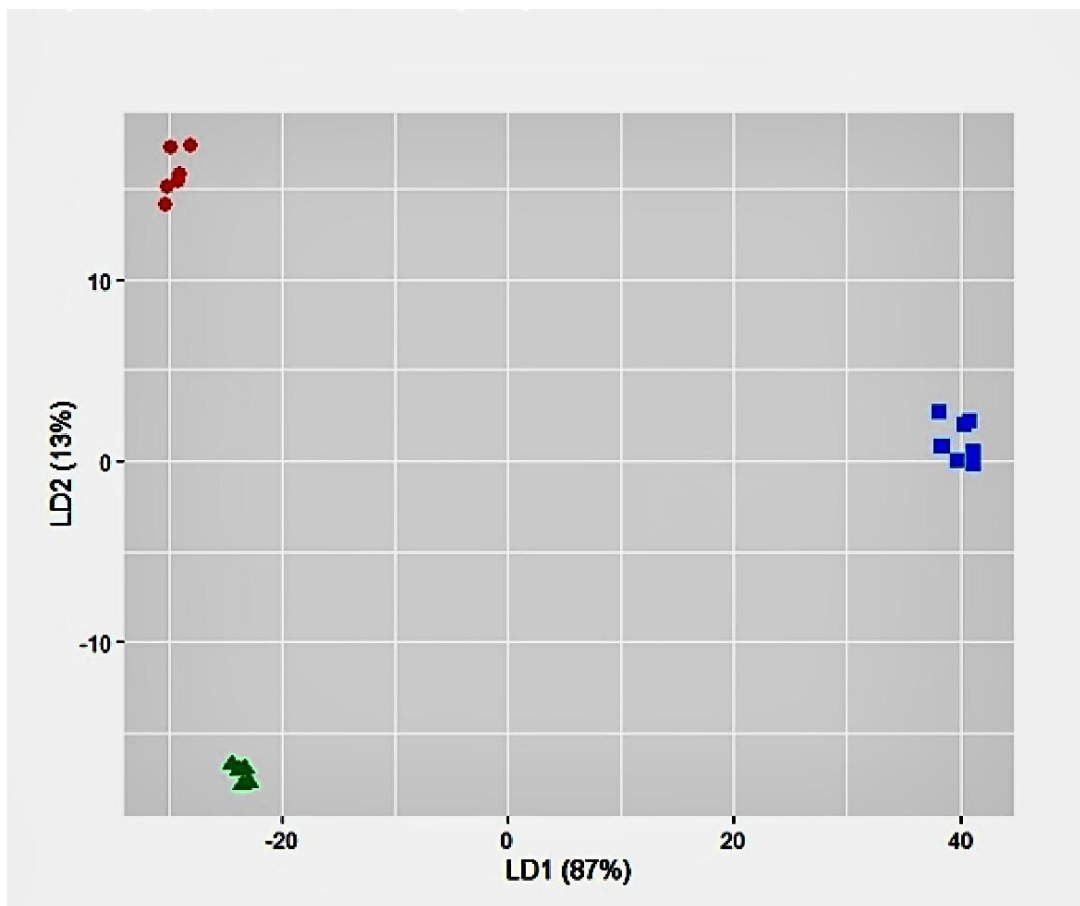


**Figura 6.**

I composti aromatici identificati dalla SPME GC-MS hanno separato con successo i diversi trattamenti acustici.

I dati di abbondanza relativa trasformati in scala logaritmica dei 24 composti aromatici identificati da ciascun fermento sono stati proiettati su di uno spazio bidimensionale (dopo la normalizzazione rispetto ad uno standard interno), dando origine a tre *clusters* distinti:

rosso = alta frequenza (10 kHz), verde = bassa frequenza (100 Hz), blu = silenzio.



Al fine di verificare la possibilità di distinguere i campioni dei diversi trattamenti sonori in base al profilo delle molecole associate ai loro relativi sentori, sono stati proiettati i livelli di questi composti aromatici, derivanti appunto dai tre trattamenti effettuati, su di uno spazio utilizzando l'analisi discriminante lineare (LDA, riportata alla figura 6 soprastante).

Tale analisi ha rivelato separazioni molto nette tra ciascun trattamento acustico, con un'accuratezza del 100% basata sulla convalida incrociata *leave-one-out*.

I composti più significativi che hanno determinato questa separazione ( $R$ -quadrato  $\geq 0,9$ ) sono stati l'aroma cis-2-nonene ed i composti aromatici 1-nonanolo e p-cimene, associati rispettivamente alla citronella ed al cumino/timo.

In questo studio è stato confermato che la composizione delle molecole volatili prodotte durante la fermentazione alcolica è risultata notevolmente alterata dall'applicazione del suono.

Nella fattispecie, è stato osservato che il suono può influenzare la produzione di molti composti aromatici associati agli agrumi ed ai fiori, come il limonene, il geraniolo ed il linalolo.

La produzione di questi composti è direttamente influenzata dal metabolismo del lievito e dal tasso di fermentazione.

Ad esempio, è stato dimostrato che una maggiore crescita del lievito aumenta la produzione di oli di fuso (o di flemma, formati questi principalmente da alcoli più altobollenti dell'etanolo, che si formano durante la fermentazione in piccole quantità come prodotti secondari) e composti solforati.

Pertanto, non è inaspettato che un aumento del tasso di crescita dovuto al suono possa comportare cambiamenti nella frazione volatile. Inoltre, anche lo stress fisiologico può alterare la produzione di molte di queste molecole.

Il suono, che produce zone mutevoli di alta e bassa pressione, può sollecitare direttamente la membrana cellulare del lievito, causandone la flessione strutturale e quindi potenzialmente aumentandone la tensione. Lo stress fisiologico sulla stessa può, a sua volta, alterare la produzione di metaboliti secondari, come le molecole volatili.

Tuttavia, il meccanismo attraverso il quale il suono produce gli effetti che si riportano non è ancora stato determinato; ad esempio, è stato dimostrato che i suoni a bassa frequenza possono aumentare l'attività di numerose vie metaboliche del lievito, mentre i suoni ad alta frequenza deprimono l'attività delle vie associate alla biosintesi degli amminoacidi aromatici.

Mentre in *E. coli*, è stato dimostrato che il suono aumenta la motilità (Martirosyan et al., 2011), in particolare con il trattamento che utilizza suoni ad alta frequenza (Coda et al., 2009), che potrebbe aumentare l'accesso ai nutrienti e quindi la crescita. Inoltre, è stato dimostrato che il suono influisce sulla produzione di RNA intracellulare, il quale potrebbe determinare alcuni cambiamenti nel metabolismo, seppur le modificazioni nel trascrittoma del lievito devono ancora essere determinate con certezza.

Nel vino, l'effetto di ceppi non-*Saccharomyces* sulla produzione di composti volatili ha recentemente ricevuto maggiore attenzione (Tufariello et al., 2021). È stato dimostrato che questi organismi influenzano positivamente la qualità sensoriale grazie ai loro processi metabolici unici. Presumibilmente, il suono potrebbe influenzare in modo analogo il metabolismo di questi organismi, determinando un'impronta sul profilo sensoriale ancora maggiore di quella suggerita da questo studio. Molti di questi ceppi entrano nella fermentazione del vino direttamente dal vigneto piuttosto che attraverso un'aggiunta mirata da parte dell'enologo.

D'altra parte, estendendo la ricerca circa l'impatto delle vibrazioni sonore anche alla vite, recentemente uno studio ha dimostrato che il suono può alterare il microbioma vegetale autoctono nel vigneto (punto trattato precedentemente al capitolo "1. VITE E MUSICA").

Ciò potrebbe determinare ulteriori cambiamenti nel profilo di fermentazione, alterando la composizione di partenza dei microrganismi fermentanti.

### **3. AFFINAMENTO E TRASPORTO DEL VINO: come le vibrazioni sonore possono impattare sulla qualità del prodotto?**

La crescita dei mercati di esportazione (ad oggi sempre più marcata e scandita dal ritmo della così detta globalizzazione) ha portato alla realizzazione di numerosi studi interessati nell'analizzare i cambiamenti di composizione del vino durante il trasporto e la conservazione delle bottiglie (Du Toit e Piquet 2014, Crandles et al. 2016, Walther et al. 2018).

Le temperature elevate e l'esposizione alla luce, due "pericoli" molto frequenti durante tali manovre, possono difatti causare una diminuzione della qualità del vino stoccato (Ough 1985, Hopfer et al. 2012, Makhotkina et al. 2012, Cejudo-Bastante et al. 2013), ed inoltre, le bottiglie di vino sono per altro soggette a vibrazioni ed urti durante le spedizioni all'estero ed il trasporto su strada.

Le perdite economiche dirette dovute a danni meccanici causati da vibrazioni e collisioni sono un problema ben noto (Geyer et al. 2009, Aba et al. 2012, Tabatabaekoloor et al. 2013).

Vengono qui descritti e sintetizzati alcuni di questi studi.

I vini, specie i rossi, vengono solitamente sottoposti a lunghi affinamenti dopo l'imbottigliamento, antecedentemente la vendita, al fine di promuovere la maturazione degli aromi (e, sempre nel caso dei vini rossi, la polimerizzazione della componente tannica e fenolica) successivamente alla fermentazione alcolica.

Se durante tal periodo sono presenti condizioni adeguate, come temperatura, umidità e luce, i vini incorrono in importanti modificazioni biochimiche che ne migliorano le caratteristiche organolettiche (Jackson e Lombard, 1993; Shon, 2003; Kim, 2003).

Ma anche le vibrazioni sonore potrebbero essere un importante fattore in gioco circa la buona (o meno) conservazione del vino.

Lo studio di Hyun-Jung Chung et al., (2008) ha voluto indagare l'effetto di diversi livelli vibrazionali sulle proprietà fisico-chimiche di un vino rosso commerciale durante lo stoccaggio

È stato utilizzato, ai fini di questo esperimento, un vino rosso (Castello d'Albola Chianti Classico annata 2001), prodotto in Toscana (Italia). Ciascuna bottiglia impiegata conteneva 750 mL di vino, ed i numeri di lotto impressi su di queste erano i medesimi, ad indicare che i vini sono stati imbottigliati durante la stessa linea di lavorazione. I campioni di vino sono stati quindi conservati in cantina ad uguali condizioni di umidità e temperatura prima dell'acquisto. Dopo il trasporto, i vini sono stati immediatamente collocati nei sistemi di vibrazione (come esibisce la figura 7 sotto riportata). Sono stati inoltre prelevati campioni da tre bottiglie prima che venissero inserite nel sistema vibrazionale da usare come controllo.

Il sistema di vibrazione è stato progettato dall'LG Research Center (Seoul, Corea), per generare quattro diversi livelli di accelerazioni: 1, 5, 10 e 20 Gal ( $\text{cm/s}^2$ ).

Le bottiglie di vino sono state collocate nella macchina e lasciate invecchiare per 18 mesi in condizioni di oscurità costante e con una temperatura controllata di  $20 \pm 1$  °C.



**Figura 7.** Armadio per vini utilizzato per la conservazione con un vibratore elettrodinamico

Successivamente questo periodo, sono state svolte le analisi inerentemente pH, acidità totale (espressa in termini di acido tartarico), livelli di acido succinico, contenuti di zuccheri e glucosio, tannini ed alcoli superiori (quali alcol isoamilico e propanolo).

I risultati riportati nelle figure e nelle tabelle seguenti sono la media di tre campioni indipendenti ( $n=3$ ) con la loro deviazione standard.

Le analisi statistiche sono state effettuate con i test multipli di Duncan ( $P<0,05$ ) utilizzando il software statistico SPSS V. 8.2 (SPSS Institute Inc., Cary, NC) per determinare la significatività delle differenze tra i dati.

Rispettivamente, dunque, i risultati rilevati sono stati i seguenti:

- il pH del vino è risultato essere 3,4 prima dello stoccaggio, e non è significativamente variato durante la conservazione. Inoltre, non è risultato esprimersi in maniera considerevolmente diversa tra i vari livelli di vibrazione durante la conservazione.
- L'acidità totale del vino è variata da 5,8 a 6,5 g/L durante lo stoccaggio, aumentando leggermente con l'invecchiamento sino a 9 mesi, e questo aumento è stato più consistente al livello di vibrazione più alto (20 Gal) rispetto agli altri livelli di frequenza, più bassi.

**Tabella 1.**  
Variazioni del pH e dell'acidità totale del vino rosso esaminato durante la conservazione con diversi livelli di vibrazione\*.

Analysis	Vibration level (Gal)	Storage (month)				
		0**	1	3	9	18
pH	1	3.39±0.00 <sup>aβ</sup>	3.39±0.01 <sup>aβ</sup>	3.39±0.00 <sup>aβ</sup>	3.39±0.00 <sup>aβ</sup>	3.49±0.01 <sup>aα</sup>
	5	3.39±0.00 <sup>aβ</sup>	3.39±0.00 <sup>aβ</sup>	3.39±0.00 <sup>aβ</sup>	3.39±0.00 <sup>aβ</sup>	3.49±0.01 <sup>aα</sup>
	10	3.39±0.00 <sup>aβ</sup>	3.39±0.00 <sup>aβ</sup>	3.39±0.00 <sup>aβ</sup>	3.39±0.00 <sup>aβ</sup>	3.50±0.01 <sup>aα</sup>
	20	3.39±0.00 <sup>aβ</sup>	3.39±0.00 <sup>aβ</sup>	3.39±0.01 <sup>aβ</sup>	3.39±0.01 <sup>aβ</sup>	3.50±0.01 <sup>aα</sup>
Acidity (tartaric acid g/L)	1	6.50±0.00 <sup>aα</sup>	6.45±0.00 <sup>aβ</sup>	6.33±0.00 <sup>aγ</sup>	6.35±0.04 <sup>cγ</sup>	5.83±0.04 <sup>aδ</sup>
	5	6.50±0.00 <sup>aα</sup>	6.25±0.04 <sup>bβ</sup>	6.32±0.03 <sup>aβ</sup>	6.45±0.00 <sup>bα</sup>	5.80±0.04 <sup>aγ</sup>
	10	6.50±0.00 <sup>aα</sup>	6.26±0.05 <sup>bβ</sup>	6.21±0.03 <sup>bβ</sup>	6.53±0.00 <sup>aα</sup>	5.80±0.04 <sup>aγ</sup>
	20	6.50±0.00 <sup>aα</sup>	6.23±0.00 <sup>bβ</sup>	6.13±0.05 <sup>cγ</sup>	6.58±0.04 <sup>aα</sup>	5.80±0.04 <sup>aδ</sup>

Il pH del vino è stato determinato con un pH-metro (*Corning pH-meter 440*, UK) a 25°C.

L'acidità totale è stata determinata mediante titolazione con NaOH standardizzato dopo aver rimosso il colore mediante carbone attivo, ed espressa come acido tartarico (AOAC, 1995).

**Legenda:**

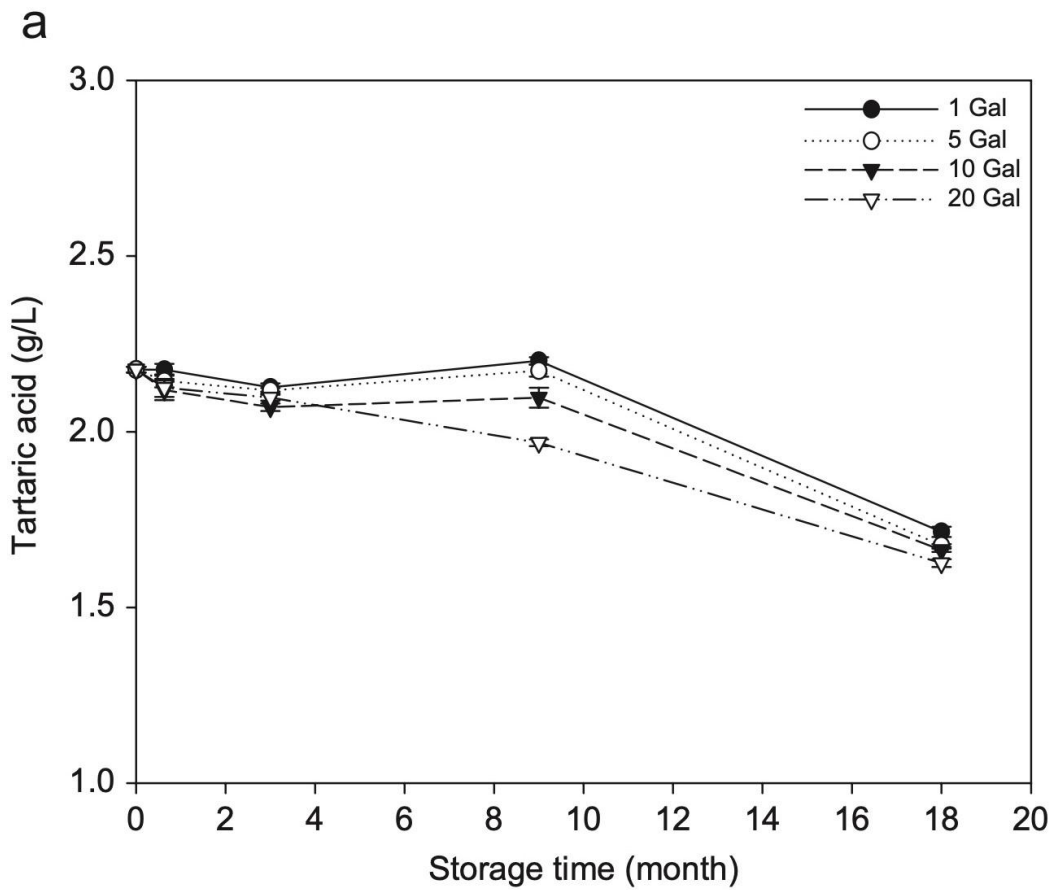
\*Media (±deviazione standard) di tre analisi su campioni indipendenti.

I valori seguiti da un diverso apice latino in ogni colonna sono significativamente diversi tra i livelli di vibrazione;

i valori seguiti da un diverso apice greco in ogni riga sono significativamente diversi tra i tempi di conservazione ( $p < 0,05$ ).

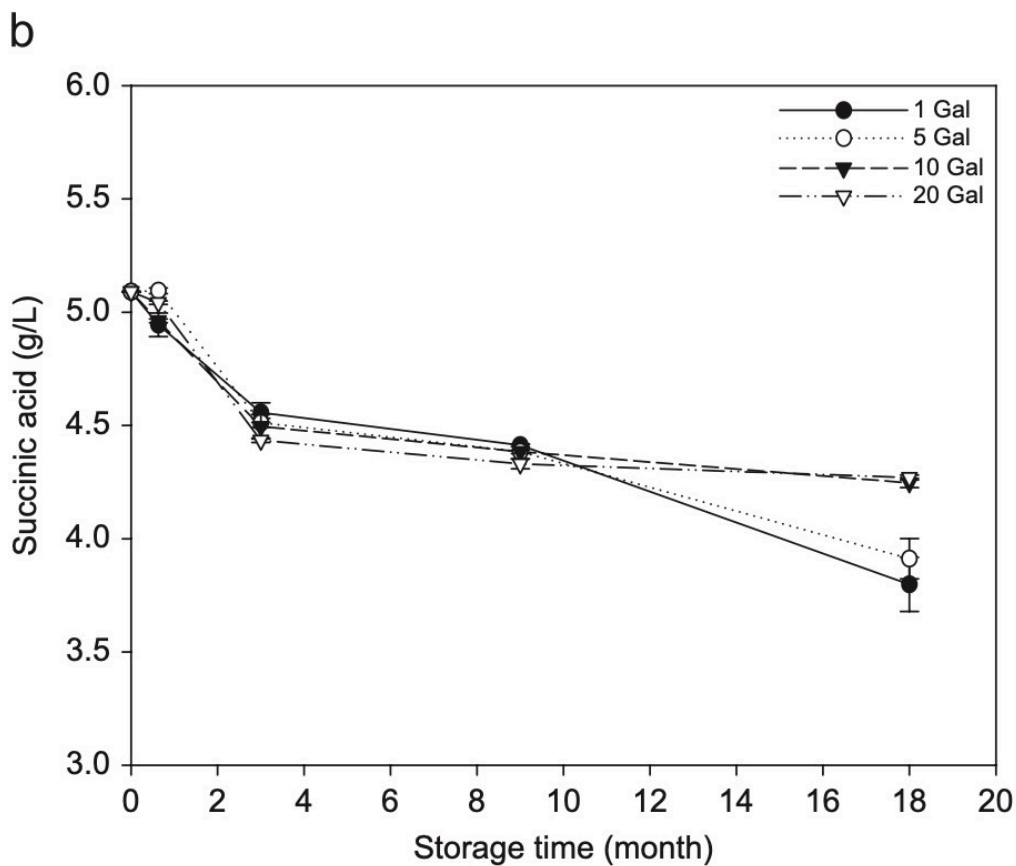
\*\*Vino non conservato e non sottoposto a vibrazioni.

- Le quantità di acido tartarico, succinico e di tannini sono invece diminuite durante la conservazione, specie ai livelli di vibrazione a più alta intensità (suggerendo l'accelerazione di reazioni quali esterificazione e polimerizzazione).



**Tabella 2.**

Cambiamenti circa i livelli di acido tartarico (a) ed acido succinico (b) del vino rosso commerciale analizzato durante lo stoccaggio dello stesso a differenti livelli di vibrazione. Così come glucosio e fruttosio, anche gli acidi organici sono stati misurati con un sistema HPLC dotato di un rivelatore UV a 210 nm. I campioni sono stati analizzati su una colonna Supelcogel C-610H (7,8 mm 300 mm, Supelco Inc., Bellfonte, PA) a temperatura costante (30°C). La fase mobile era costituita da H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> allo 0,1% e la velocità di flusso era di 0,5 mL/min.



**Figura 8.**  
 Variazioni del contenuto in tannini e livelli di limpidezza (valore L) di un vino rosso durante la conservazione a diversi livelli di vibrazione\*

Analysis	Vibration level (Gal)	Storage (month)				
		0**	1	3	9	18
Tanin (g/L)	1	5.09 ± 0.01 <sup>ax</sup>	5.09 ± 0.05 <sup>ax</sup>	4.77 ± 0.13 <sup>cβ</sup>	5.09 ± 0.03 <sup>ax</sup>	4.24 ± 0.10 <sup>by</sup>
	5	5.09 ± 0.01 <sup>ax</sup>	4.94 ± 0.00 <sup>bβ</sup>	5.03 ± 0.13 <sup>bzβ</sup>	5.09 ± 0.06 <sup>ax</sup>	4.35 ± 0.19 <sup>ay</sup>
	10	5.09 ± 0.01 <sup>ax</sup>	4.92 ± 0.00 <sup>bβ</sup>	4.92 ± 0.07 <sup>abβ</sup>	5.07 ± 0.01 <sup>ax</sup>	3.98 ± 0.03 <sup>cy</sup>
	20	5.09 ± 0.01 <sup>ax</sup>	5.03 ± 0.14 <sup>abz</sup>	4.92 ± 0.00 <sup>abβ</sup>	5.07 ± 0.05 <sup>ax</sup>	3.96 ± 0.03 <sup>cy</sup>
L-value	1	7.70 ± 0.01 <sup>ax</sup>	7.50 ± 0.01 <sup>cβ</sup>	5.61 ± 0.02 <sup>aby</sup>	5.56 ± 0.01 <sup>ad</sup>	5.55 ± 0.04 <sup>bd</sup>
	5	7.70 ± 0.01 <sup>ax</sup>	7.56 ± 0.01 <sup>bβ</sup>	5.68 ± 0.02 <sup>ae</sup>	6.03 ± 0.01 <sup>by</sup>	5.84 ± 0.04 <sup>ad</sup>
	10	7.70 ± 0.01 <sup>ax</sup>	7.54 ± 0.01 <sup>bβ</sup>	5.80 ± 0.02 <sup>ad</sup>	6.36 ± 0.01 <sup>cy</sup>	5.37 ± 0.01 <sup>ce</sup>
	20	7.70 ± 0.01 <sup>ax</sup>	7.63 ± 0.02 <sup>ax</sup>	5.42 ± 0.01 <sup>bd</sup>	6.43 ± 0.05 <sup>dβ</sup>	5.84 ± 0.05 <sup>ay</sup>

Il contenuto di tannini è stato determinato con il metodo AOAC (1995).

**Legenda:**  
 \*Media (±deviazione standard) di tre analisi su campioni indipendenti.  
 I valori seguiti da un diverso apice latino in ogni colonna sono significativamente diversi tra i livelli di vibrazione;  
 i valori seguiti da un diverso apice greco in ogni riga sono significativamente diversi tra i tempi di conservazione ( $p < 0,05$ ).  
 \*\*Vino non conservato e non sottoposto a vibrazioni.

- D'altra parte, l'indice di rifrazione è aumentato rapidamente nei primi 3 mesi (fase iniziale di affinamento "armonizzante"), per poi rimanere costante (come esibisce la figura 9 sotto riportata).

Prima dello stoccaggio, tale indice è stato misurato sul vino Chianti in analisi, ed è risultato essere pari a 7,7°Brix.

L'aumento dell'indice di rifrazione è risultato essere molto più elevato a vibrazioni più intense.

Harborne et al. (1975) hanno riportato un incremento del contenuto zuccherino attraverso un aumento dei monosaccaridi ed hanno sostenuto che ciò potrebbe essere dovuto alla degradazione dei glicosidi flavonolici, poiché questi detengono legami O-glicosidici con glucosio, galattosio, xilosio, ramnosio od arabinosio.

Lo zucchero è il componente principale che contribuisce all'indice di rifrazione.

Di conseguenza, l'aumento dell'indice di rifrazione in questo esperimento potrebbe essere attribuito anche alla degradazione dei glicosidi flavonolici, ulteriormente accelerata dalle vibrazioni.

I risultati nel loro insieme, quindi, suggeriscono che le vibrazioni possano aumentare il tasso di evoluzione del vino.

Pertanto, alti livelli di vibrazioni od un loro prolungamento nel tempo potrebbero contribuire negativamente alla qualità del vino.

Sommariamente, le variazioni degli acidi organici, dei tannini e dell'indice di rifrazione sono state più accelerate quando il vino è stato conservato a livelli di vibrazione più elevati rispetto a quelli più bassi.

**Figura 9.**

Variazioni dei contenuti di zucchero (a) e glucosio (b) di un vino rosso durante la conservazione a diversi livelli di vibrazione.

L'indice di rifrazione è stato misurato con un rifrattometro (n. 16093, *Erma Optical Works*, Tokyo, Giappone) a 25°C.

La luminosità (valore L) è stata determinata con un colorimetro (*ColorQuest, Hunterlab*, Virginia) utilizzando 50 mL di vino.

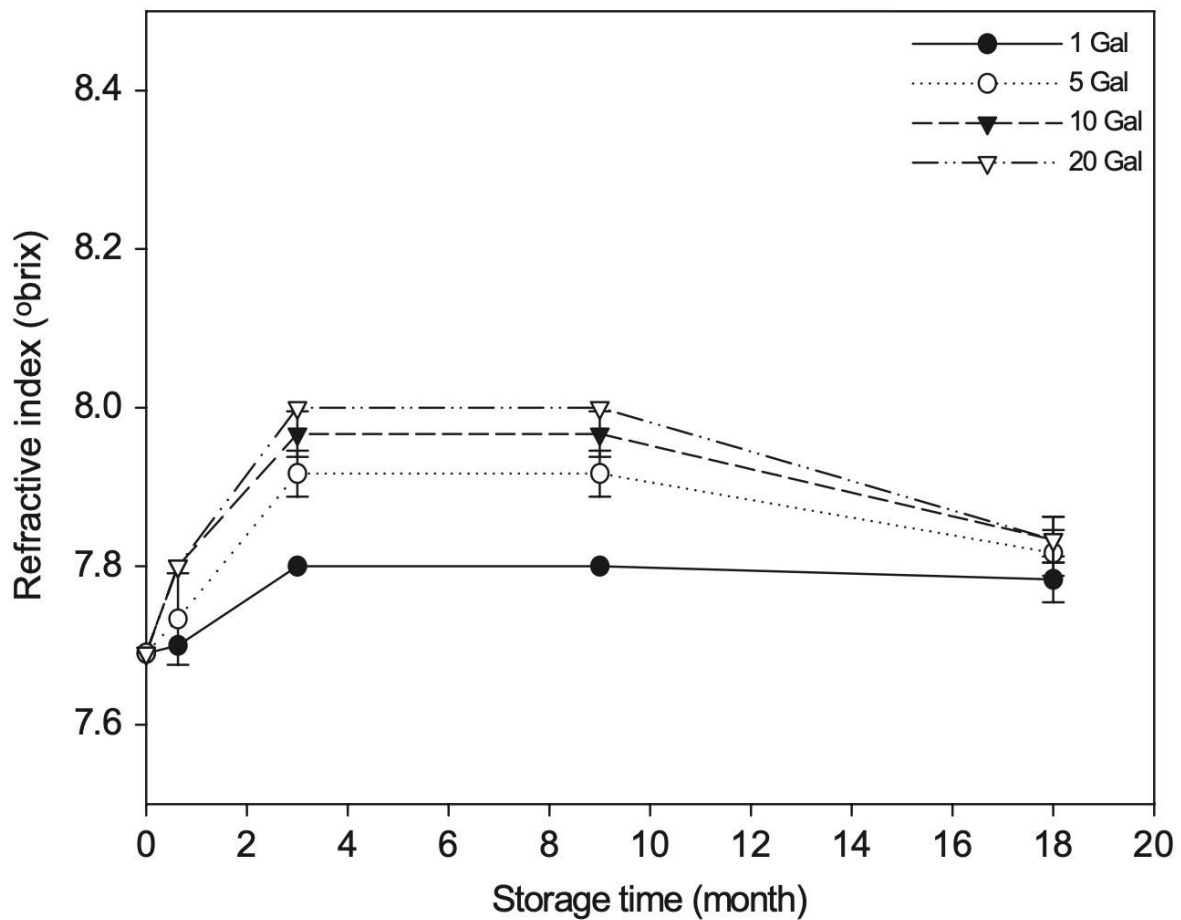
Il glucosio ed il fruttosio sono stati misurati con un sistema HPLC (*Varian Prostar HPLC, Walnut Creek, CA*) dotato di un rivelatore di indice di rifrazione.

È stata utilizzata una colonna *Sugar-Pak* (6,5 mm300 mm, Waters Corporation, Milford, MA) mantenuta a 70°C.

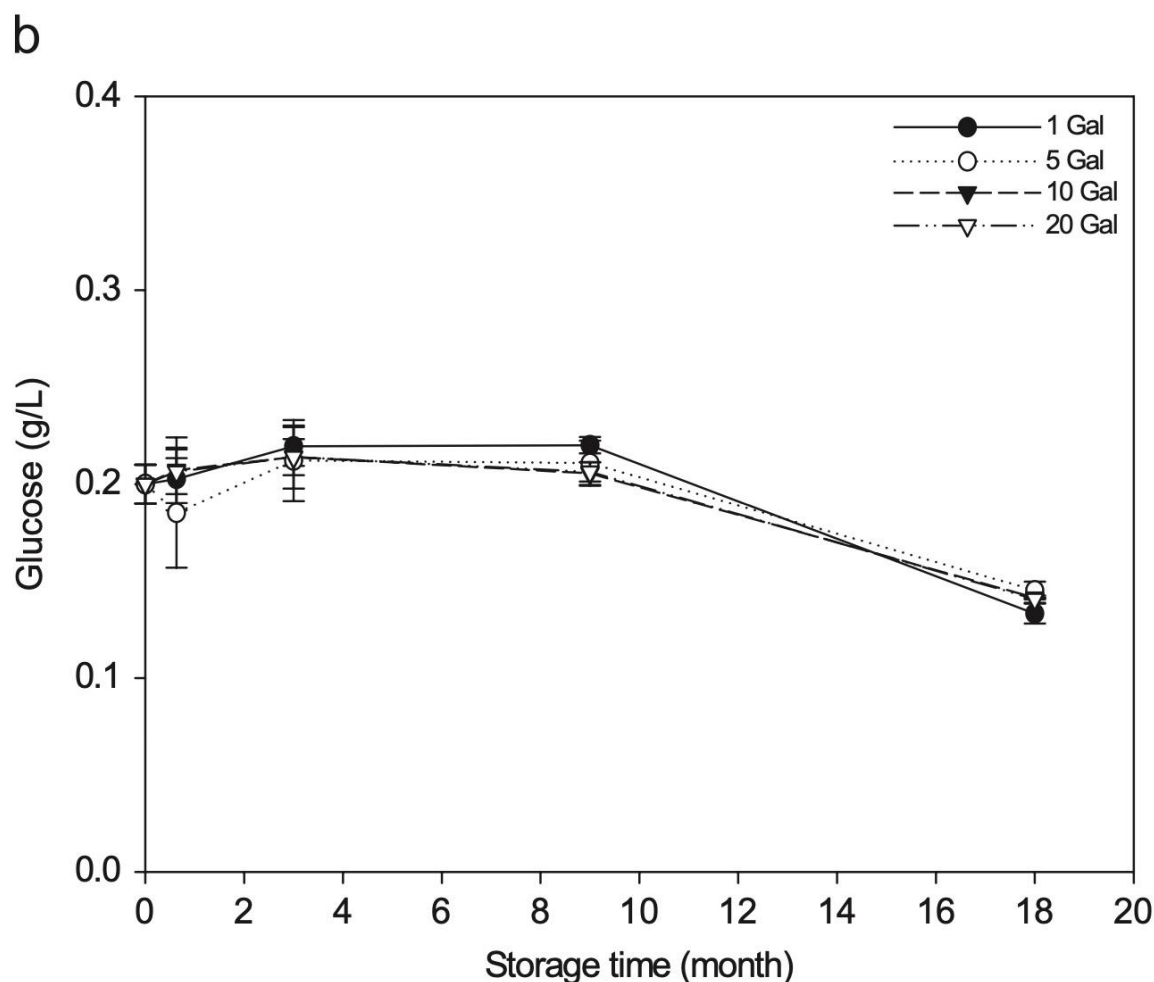
Un campione di vino di 150 mL è stato filtrato attraverso un filtro a membrana (*Millipore*, 0,45 mm) ed iniettato direttamente in doppio.

È stata utilizzata una portata costante di 0,4 mL/min con acqua come fase mobile.

a







**Tabella 3.** Variazioni del propanolo e dell'alcol isoamilico di un vino rosso durante la conservazione con diversi livelli di vibrazione

Analysis	Vibration level (Gal)	Storage (month)				
		0**	1	3	9	18
Propanol (ppm)	1	25.2 ± 0.5 <sup>aβ</sup>	25.0 ± 0.1 <sup>aβ</sup>	24.8 ± 2.5 <sup>abβ</sup>	22.0 ± 1.5 <sup>bβ</sup>	32.3 ± 1.4 <sup>ax</sup>
	5	25.2 ± 0.5 <sup>aβ</sup>	25.1 ± 0.8 <sup>aβ</sup>	26.2 ± 1.8 <sup>aβ</sup>	23.7 ± 3.2 <sup>abγ</sup>	31.7 ± 0.3 <sup>ax</sup>
	10	25.2 ± 0.5 <sup>aβ</sup>	23.8 ± 0.2 <sup>bβ</sup>	28.1 ± 1.3 <sup>axβ</sup>	27.3 ± 4.2 <sup>axβ</sup>	30.9 ± 1.3 <sup>ax</sup>
	20	25.2 ± 0.5 <sup>aαβ</sup>	24.8 ± 0.4 <sup>aαβ</sup>	23.6 ± 1.5 <sup>bβ</sup>	27.7 ± 3.8 <sup>ax</sup>	28.4 ± 0.0 <sup>bα</sup>
Isoamylalcohol (ppm)	1	379 ± 3 <sup>aβ</sup>	378 ± 3 <sup>bβ</sup>	375 ± 4 <sup>abβ</sup>	359 ± 5 <sup>aγ</sup>	417 ± 5 <sup>ax</sup>
	5	379 ± 3 <sup>aγ</sup>	395 ± 6 <sup>abβ</sup>	381 ± 3 <sup>aγ</sup>	359 ± 7 <sup>aδ</sup>	415 ± 2 <sup>ax</sup>
	10	379 ± 3 <sup>aγ</sup>	400 ± 4 <sup>aβ</sup>	378 ± 8 <sup>aγ</sup>	351 ± 3 <sup>bδ</sup>	408 ± 5 <sup>bα</sup>
	20	379 ± 3 <sup>aγ</sup>	392 ± 4 <sup>cβ</sup>	366 ± 5 <sup>bδ</sup>	343 ± 4 <sup>cε</sup>	405 ± 4 <sup>bα</sup>

\*Media (±deviazione standard) di tre analisi su campioni indipendenti. I valori seguiti da un diverso apice latino in ogni colonna sono significativamente diversi tra i livelli di vibrazione; i valori seguiti da un diverso apice greco in ogni riga sono significativamente diversi tra i tempi di conservazione ( $P < 0,05$ ).

\*\*Vino non conservato e non sottoposto a vibrazioni.

Gli alcoli superiori (propanolo ed alcol isoamilico) sono stati analizzati con un gascromatografo *Hewlett-Packard 5890* (*Hewlett-Packard Co.*, Avondale, PA) dotato di un rivelatore a ionizzazione di fiamma (FID).

È stata utilizzata una colonna capillare (HP-FFAP, 25m x 0,2mm).

Le condizioni cromatografiche sono state le seguenti: temperatura iniziale, 50°C, per 15 minuti; velocità di programma, 3°C/min; temperatura finale, 150°C; temperatura dell'iniettore, 220°C; temperatura del rivelatore, 250°C; gas di trasporto, H<sub>2</sub> a 0,6 mL/min. Campioni di 1mL sono stati iniettati in modalità split (1:60) in doppio.

- I contenuti di propanolo e di alcol isoamilico si sono dimostrati maggiormente elevati nel vino conservato a bassi livelli di vibrazione.  
Si è ipotizzato che parte dell'alcol isoamilico già presente prima degli esperimenti sia stato trasformato o degradato durante la fase iniziale di conservazione (6 mesi), per poi essere stato prodotto nuovamente nella fase finale.  
La quantità di alcol isoamilico è risultata maggiore ai livelli di vibrazione più bassi per tutto il periodo di conservazione.  
Perez-Prieto et al. (2003) hanno riferito che il contenuto di alcoli superiori non mostra variazioni significative con l'invecchiamento, ma hanno osservato alcuni aumenti dovuti all'idrolisi degli esteri od all'evaporazione durante la maturazione. Pertanto, si è assunto che gli alcoli superiori (propanolo ed alcol isoamilico) siano stati generati durante la conservazione, probabilmente a causa dell'idrolisi degli esteri, e che questa sia la causa del minor contenuto di questi alcoli nei vini conservati ad alti livelli di vibrazione.

Questi risultati suggeriscono che ridurre al minimo le vibrazioni aiuti a mantenere intatto l'aroma del vino, poiché gli alcoli superiori sono componenti importanti per il sapore dello stesso.

In un altro studio sono stati presi in considerazione invece un vino spumante e due vini bianchi fermi elaborati da uve Riesling Renano (gli ultimi due di diverse annate e con diversi sistemi di chiusura).

Anche in questo caso l'effetto delle vibrazioni è stato simulato, servendosi, per l'applicazione delle oscillazioni, di un piatto vibrante, connesso ad un motore magnetico, fonte del moto oscillatorio.

Sono state utilizzate delle condizioni di vibrazione realistiche, in particolare di 500 e 1000 mm/sec<sup>2</sup>, a frequenza e temperatura costanti (rispettivamente di 50 Hz e 23°C) per 6 mesi.

Al termine dell'esperimento sui vini è stata eseguita, oltre che l'analisi dei parametri chimici di base quali etanolo, zuccheri residui, acidità titolabile totale, acidità volatile, pH, stabilità del colore, CO<sub>2</sub> ed SO<sub>2</sub>, anche un'analisi approfondita delle molecole volatili mediante gascromatografia bidimensionale (GC×GC) con spettrometria di massa (MS).

Nella fattispecie, si è posta attenzione alle tre principali famiglie di molecole volatili caratterizzanti il profilo sensoriale della varietà in esame, quali TDN, molecola tipica del Riesling, appartenente alla famiglia dei C13-norisoprenoidi, linalolo e 3-metilbutilacetato (tabella 4 e figura 10).

Riguardo le analisi chimiche è emerso che non ci sono differenze significative tra i campioni trattati con vibrazioni di diversa intensità.

Per quanto riguarda le componenti gassose (CO<sub>2</sub> ed anidride solforosa) apparentemente ci sono delle variazioni, ma osservando meglio i dati emerge che, in realtà, queste siano solo dovute al tempo, mentre confrontando tutti i campioni prelevati al termine dei 6 mesi di esperimento, non sono emerse divergenze tra i trattamenti a diverse intensità di esposizione. I risultati cambiano, invece, per le molecole odorose.

Trimetildiidronaftalene, linalolo e trimetilbutilacetato, che sono caratteristici del Riesling (Rapp et al., 1985), sono stati scelti per rappresentare tre importanti classi di composti volatili: C13-norisoprenoidi, monoterpeni ed esteri.

**Tabella 4.**

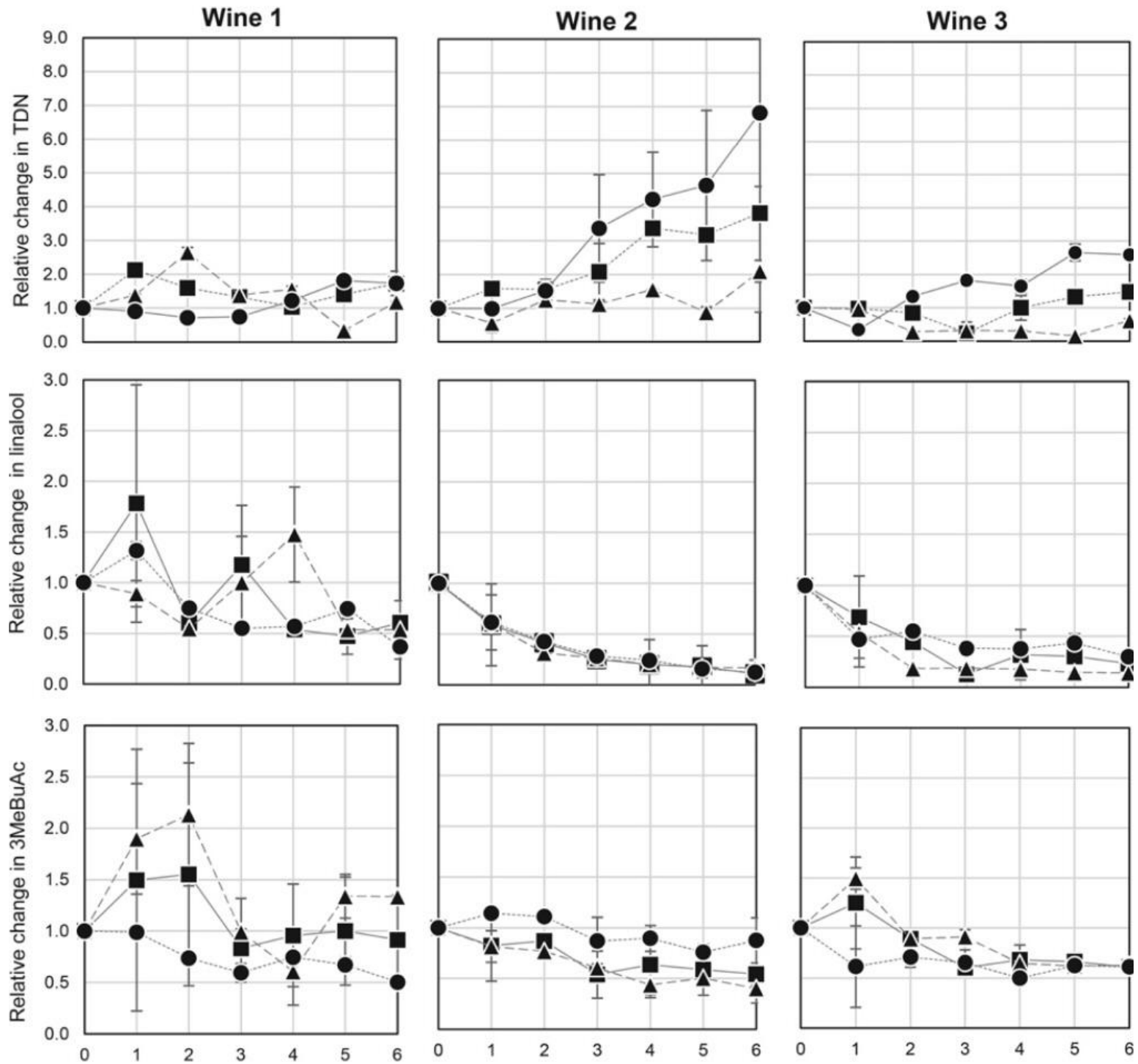
Analisi della varianza per il cambiamento relativo di concentrazione di TDN, linalolo ed acetato di 3-metilbutile (3MeBuAc) in condizioni di assenza di vibrazioni e di intensità vibrazionale di 500 e 1000 mm/sec<sup>2</sup>, conservate per un periodo di 6 mesi (n=2).

		<b>TDN</b>	<b>Linalool</b>	<b>3-MeBuAc</b>
<b>Wine 1</b>	R <sup>2</sup> (model)	0.706	0.679	0.613
	<i>p</i> (model)	<b>0.029<sup>a</sup></b>	<b>0.049</b>	0.144
	<i>p</i> (time)	0.647	<b>0.022</b>	0.069
	<i>p</i> (vibration)	<b>0.000</b>	0.445	0.015
	<i>p</i> (time × vibration)	0.442	0.115	0.847
<b>Wine 2</b>	R <sup>2</sup> (model)	0.785	0.901	0.732
	<i>p</i> (model)	<b>0.003</b>	<b>0.000</b>	<b>0.016</b>
	<i>p</i> (time)	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	<b>0.011</b>
	<i>p</i> (vibration)	<b>0.001</b>	0.767	<b>0.000</b>
	<i>p</i> (time × vibration)	0.325	0.952	0.989
<b>Wine 3</b>	R <sup>2</sup> (model)	0.748	0.488	0.509
	<i>p</i> (model)	<b>0.010</b>	0.491	0.422
	<i>p</i> (time)	0.556	0.143	0.135
	<i>p</i> (vibration)	<b>0.000</b>	0.157	0.206
	<i>p</i> (time × vibration)	0.148	0.953	0.838

<sup>a</sup>Numbers in bold indicate significant differences ( $p < 0.05$ ).

**Figura 10.**

Variazione relativa di TDN, linalolo ed acetato di 3-metilbutile (3MeBuAc) ( $\pm$  deviazione standard) per Vino 1, Vino 2 e Vino 3; non vibrati (■), vibrati a 500 mm/sec<sup>2</sup> (▲) e vibrati a 1000 mm/sec<sup>2</sup> (●) conservati per un periodo di 6 mesi (n = 2). Il valore iniziale è stato impostato ad 1.



**Tabella 5.**

Variazioni dei parametri analitici standard

durante i tre esperimenti di vibrazione effettuati per un periodo sperimentale di 6 mesi. (n = 2; valore  $\pm$  deviazione standard).

	Time	Vibration (mm/sec <sup>2</sup> )	Ethanol (g/L)	Total acidity (g/L)	Volatile acidity (g/L)	pH	Reducing sugar (g/L)
<b>Wine 1</b>	Before experiment	-	105 $\pm$ 0	7.9 $\pm$ 0.0	0.3 $\pm$ 0.0	3.0 $\pm$ 0.0	6.9 $\pm$ 0.3
	After six months	0	105 $\pm$ 1	7.9 $\pm$ 0.1	0.3 $\pm$ 0.1	3.0 $\pm$ 0.1	6.5 $\pm$ 0.1
		500	106 $\pm$ 1	8.0 $\pm$ 0.0	0.3 $\pm$ 0.1	3.0 $\pm$ 0.0	6.7 $\pm$ 0.1
		1000	105 $\pm$ 1	8.0 $\pm$ 0.0	0.3 $\pm$ 0.0	2.9 $\pm$ 0.0	6.9 $\pm$ 0.2
		R <sup>2</sup> (model)		0.250	0.733	0.333	0.733
	$\rho$ (model)		0.734	0.121	0.615	0.121	0.121
<b>Wine 2</b>	Before experiment	-	101 $\pm$ 1	7.9 $\pm$ 0.0	0.5 $\pm$ 0.0	2.8 $\pm$ 0.0	1.7 $\pm$ 0.0
	After six months	0	100 $\pm$ 2	8.0 $\pm$ 0.1	0.5 $\pm$ 0.0	2.8 $\pm$ 0.0	1.9 $\pm$ 0.2
		500	101 $\pm$ 0	8.1 $\pm$ 0.0	0.5 $\pm$ 0.0	2.8 $\pm$ 0.0	1.8 $\pm$ 0.1
		1000	100 $\pm$ 0	8.0 $\pm$ 0.0	0.5 $\pm$ 0.0	2.7 $\pm$ 0.0	1.9 $\pm$ 0.1
		R <sup>2</sup> (model)		0.375	0.667	1.000	1.000
	$\rho$ (model)		0.555	0.184	1.000	1.000	0.547
<b>Wine 3</b>	Before experiment	-	102 $\pm$ 1	7.3 $\pm$ 0.0	0.5 $\pm$ 0.0	3.1 $\pm$ 0.0	5.7 $\pm$ 0.0
	After six months	0	102 $\pm$ 1	7.3 $\pm$ 0.0	0.5 $\pm$ 0.0	3.1 $\pm$ 0.0	5.6 $\pm$ 0.3
		500	102 $\pm$ 0	7.3 $\pm$ 0.0	0.5 $\pm$ 0.0	3.1 $\pm$ 0.0	5.8 $\pm$ 0.1
		1000	101 $\pm$ 0	7.3 $\pm$ 0.0	0.5 $\pm$ 0.0	3.1 $\pm$ 0.0	5.8 $\pm$ 0.0
		R <sup>2</sup> (model)		0.500	1.000	1.000	1.000
	$\rho$ (model)		0.381	1.000	1.000	1.000	0.386

**Tabella 6.**

I vini utilizzati ai fini di questo esperimento (materiali e metodi).  
Si riportano le descrizioni dei tre vini e le specifiche di confezionamento.

**Table 1** Information about the Riesling wines originating from Neustadt an der Weinstraße (Pfalz, Germany).

	<b>Wine 1</b>	<b>Wine 2</b>	<b>Wine 3</b>
<b>Wine style</b>	Sparkling	Still	Still
<b>Vintage</b>	2017	2018	2017
<b>Closure type</b>	Microagglomerated cork	Screwcap (Saran Tin)	Natural one-piece cork
<b>Headspace volume</b>	8 mL	10 mL	6 mL

Alle normali concentrazioni iniziali dei tre composti è stato assegnato il valore 1, di modo che i successivi monitoraggi di tali molecole, al fine di confrontare i vini e gli effetti delle vibrazioni su di essi, potessero mostrare le variazioni nel corso della durata dell'esperimento rispetto alla loro iniziale presenza (Figura 10 sopra riportata).

I risultati dell'ANOVA a due vie sono riportati nella Tabella 4 soprastante.

Le vibrazioni hanno influenzato significativamente la concentrazione di trimetildiidronaftalene (1,1,6-trimetil-1,2-diidronaftalene, in sigla TDN) nei tre vini.

Il contenuto di TDN è aumentato fino a sette volte la concentrazione iniziale nel vino 2 con una vibrazione di 1000 mm/sec<sup>2</sup>.

Questo effetto è stato osservato anche nel vino 3, ma è stato meno pronunciato.

Il contenuto di TDN nel vino 1 è stato meno influenzato dalla vibrazione e dal tempo.

Il linalolo è diminuito significativamente nei vini 1 e 2 nell'arco di 6 mesi, ma non è cambiato significativamente nel vino 3. La vibrazione non ha influenzato, dunque, in modo significativo il linalolo, ed è emerso inoltre che non ha avuto una notevole influenza sulla concentrazione di tale molecola in nessuno dei tre vini.

La concentrazione di trimetilbutilacetato (siglato 3MeBuAc) non è cambiata significativamente durante l'esperimento nei vini 1 e 3, ma è diminuita considerevolmente nel tempo nel vino 2. La vibrazione, pertanto, ha causato una diminuzione importante del 3MeBuAc, specie nel vino 2.

**Tabella 7.**

Variazioni del contenuto di SO<sub>2</sub> libera, SO<sub>2</sub> totale, CO<sub>2</sub> e del valore b\* inerentemente l'analisi del colore CIELAB durante i tre esperimenti di vibrazione per un periodo di 6 mesi. (n=2; valore ± deviazione standard).

	Time	Vibration (mm/sec <sup>2</sup> )	CO <sub>2</sub> (g/L)	Free SO <sub>2</sub> (mg/L)	Total SO <sub>2</sub> (mg/L)	b*-value
<b>Wine 1</b>	Before experiment	-	<b>9.21 ± 0.3 a<sup>a</sup></b>	26 ± 1.3	115 ± 0.9	<b>8.4 ± 0.3 b</b>
	After six months	0	<b>8.44 ± 0.5 b</b>	23 ± 2.7	106 ± 5.1	<b>9.1 ± 0.1 a</b>
		500	<b>8.96 ± 0.0 b</b>	23 ± 0.7	112 ± 0.5	<b>8.7 ± 0.1 a</b>
		1000	<b>9.01 ± 0.2 b</b>	23 ± 1.5	105 ± 3.1	<b>9.0 ± 0.2 a</b>
		R <sup>2</sup> (model)		0.676	0.312	0.420
	p (model)		0.023	0.368	0.204	<b>0.004</b>
	p (time)		0.007	0.322	0.175	<b>0.001</b>
	p (vibration)		0.203	0.336	0.229	0.156
	p (time × vibration)		0.027	0.596	0.532	0.653
<b>Wine 2</b>	Before experiment	-	2.08 ± 0.0	37 ± 0.7	91 ± 0.7	<b>5.3 ± 0.5 b</b>
	After six months	0	2.14 ± 0.1	39 ± 0.3	87 ± 8.7	<b>7.2 ± 0.8 a</b>
		500	2.07 ± 0.0	39 ± 0.1	86 ± 0.1	<b>7.4 ± 0.1 a</b>
		1000	2.04 ± 0.0	36 ± 3.8	83 ± 0.4	<b>6.7 ± 0.0 a</b>
		R <sup>2</sup> (model)		0.254	0.108	0.535
	p (model)		0.478	0.808	0.091	<b>0.003</b>
	p (time)		0.681	0.550	0.019	<b>0.000</b>
	p (vibration)		0.331	0.755	0.748	0.863
	p (time × vibration)		0.256	0.745	0.877	0.457
<b>Wine 3</b>	Before experiment	-	1.81 ± 0.1	27 ± 0.5	<b>80 ± 1.4 a</b>	<b>6.1 ± 0.3 b</b>
	After six months	0	1.83 ± 0.0	27 ± 1.8	<b>78 ± 4.2 b</b>	<b>7.0 ± 0.2 a</b>
		500	1.91 ± 0.1	24 ± 2.4	<b>75 ± 2.8 b</b>	<b>7.3 ± 0.8 a</b>
		1000	1.78 ± 0.0	22 ± 1.3	<b>72 ± 3.2 b</b>	<b>7.2 ± 0.2 a</b>
		R <sup>2</sup> (model)		0.372	0.581	0.669
	p (model)		0.269	0.062	<b>0.005</b>	<b>0.001</b>
	p (time)		0.286	0.038	<b>0.005</b>	<b>0.000</b>
	p (vibration)		0.240	0.145	0.558	0.685
	p (time × vibration)		0.159	0.051	0.378	0.867

<sup>a</sup>Numbers in bold indicate significant differences ( $p < 0.05$ ).

### Analisi chimiche standard

La misurazione del contenuto di CO<sub>2</sub> nel vino è stata eseguita con il metodo dell'espansione multipla (CarboQC, Anton Paar GmbH). La calibrazione è stata fornita da Anton Paar.

La SO<sub>2</sub> libera e totale è stata determinata con titolazione iodometrica con il metodo Ripper utilizzando il titolatore T50 (Mettler Toledo).

### Analisi del colore.

Prima delle analisi, i vini sono stati filtrati attraverso un filtro a membrana da 0,45 µm (DIA-Nielsen). Gli spettri di assorbanza sono stati registrati nei campioni non diluiti tra 360 e 830 nm con uno spettrofotometro a doppio raggio Cary 100 (Varian) utilizzando una semi-micro cuvetta (lunghezza del percorso 1,0 cm) (Brand). Per tutte le misurazioni sono state applicate una risoluzione di 1 nm ed una larghezza della fenditura di 2,0 nm. Il valore b\* (colore giallo; valori positivi sull'asse blu-giallo secondo il metodo CIEL\*a\*b\*) è stato calcolato con il software Cary WIN UV Color 2.00 (Startek) utilizzando il metodo CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage* 2004) con l'osservatore standard di 10° e l'illuminante D65, secondo le raccomandazioni OIV (OIV 1990).

#### 4. “ORCHESTRA MULTISENSORIALE”: vino, musica e psicologia.

Quando si pensa a come la musica possa influenzare l'esperienza di degustazione, anzitutto è opportuno discriminare tra quattro diverse tipologie di giudizi (od impressioni) che possono essere attribuiti ad un dato vino:

- edonico: annoverante la preferenza personale, basata sul gusto proprio, soggettivo, risponde alla domanda “quanto mi piace questo vino?”
- sensoriale: esprime la valutazione delle proprietà fisiche del vino (ad esempio, dolcezza, acidità, alcolicità, eccetera) ed il loro impatto sul bevitore (astringenza, persistenza, e via dicendo);
- analitico: riguarda attributi quali l'età, la complessità, l'equilibrio, la qualità e la valutazione del prezzo del vino;
- descrittivo: dà spazio all'interpretazione del degustatore, che potrebbe descrivere il vino come opulento oppure leggero, frizzante o lussureggiante, maschile o femminile, e così via.

Che il vino possa risultare “più delizioso”, secondo le parole dell'enologo californiano Clark Smith (Gray 2007, 2015), abbinandolo alla musica giusta non è certo una cosa negativa.

Così come constatare che la combinazione di *Laudate Dominum* di Mozart con un vino a base di Chardonnay, possa far risultare il vino stesso più complesso, con note di frutta matura e vaniglia tostata che “esplodono sul palato”, permettendo l'apprezzamento di entrambe tali famiglie aromatiche “a un livello completamente nuovo” (Sachse-Weinert, 2012), certo “suona” molto interessante.

A tal riguardo, uno studio intitolato “*Taste the bass*” (letteralmente, dall'anglosassone, “assaggia il basso”), condotto per capire come, in particolare, le basse frequenze sonore possano aumentare la percezione della corposità e dell'intensità aromatica del vino rosso, ha dimostrato che l'associazione tra opulenza percepita e suoni bassi/acuti possa certo riverberarsi durante l'atto del degustare.

Nella fattispecie, partendo dal fatto che le recenti ricerche hanno rivelato una serie di solide relazioni tra suono e sapore, uno studio esplorativo è stato progettato per indagare gli effetti dei suoni a bassa frequenza (da 10 Hz a 200 Hz) sulla percezione del carattere *mouthfeel* di un vino rosso.

Un Pinot Nero neozelandese ed una Garnacha spagnola sono stati assaggiati in silenzio e con un tono sinusoidale a 100 Hz (basso) ed uno più alto a 1000 Hz. L'intensità aromatica è stata inclusa come carattere aggiuntivo, dato che si è ipotizzato che l'intonazione possa influire circa la percezione degli aromi, che incide, di certo, sulla consecutiva impressione del corpo del vino, oltre che sulla qualità finale.

Sono stati valutati anche i livelli di acidità ed il gradimento totale.

I risultati hanno rivelato che il Pinot Nero è stato valutato come significativamente più corposo quando è stato degustato con una frequenza bassa rispetto al silenzio o ad un suono di frequenza più alta.

Lo stimolo a bassa intensità vibrazionale ha anche fatto sì che il vino Garnacha risultasse decisamente più intenso dal punto di vista aromatico rispetto alla degustazione in presenza di uno stimolo uditivo a frequenza più alta.



Per finire, l'acidità è emersa in modo considerevole con la frequenza più alta in entrambi i vini (Burzynska, et al., 2019).

In un altro lavoro (Spence et al., 2013) è stato misurato l'impatto dell'abbinamento musicale sulla valutazione del gradimento di tre vini di fascia alta (con un prezzo al dettaglio compreso tra 150 e 400 sterline), rispetto alla degustazione in silenzio, su di un campione rappresentativo di ventisei persone (n=26). I risultati hanno rivelato un piccolo (circa il 5%), ma comunque significativo, miglioramento del gradimento del vino da parte dei partecipanti, anche per offerte di così alto livello. Sembra quindi che la musica possa aumentare l'apprezzamento per il vino, indipendentemente dal prezzo.

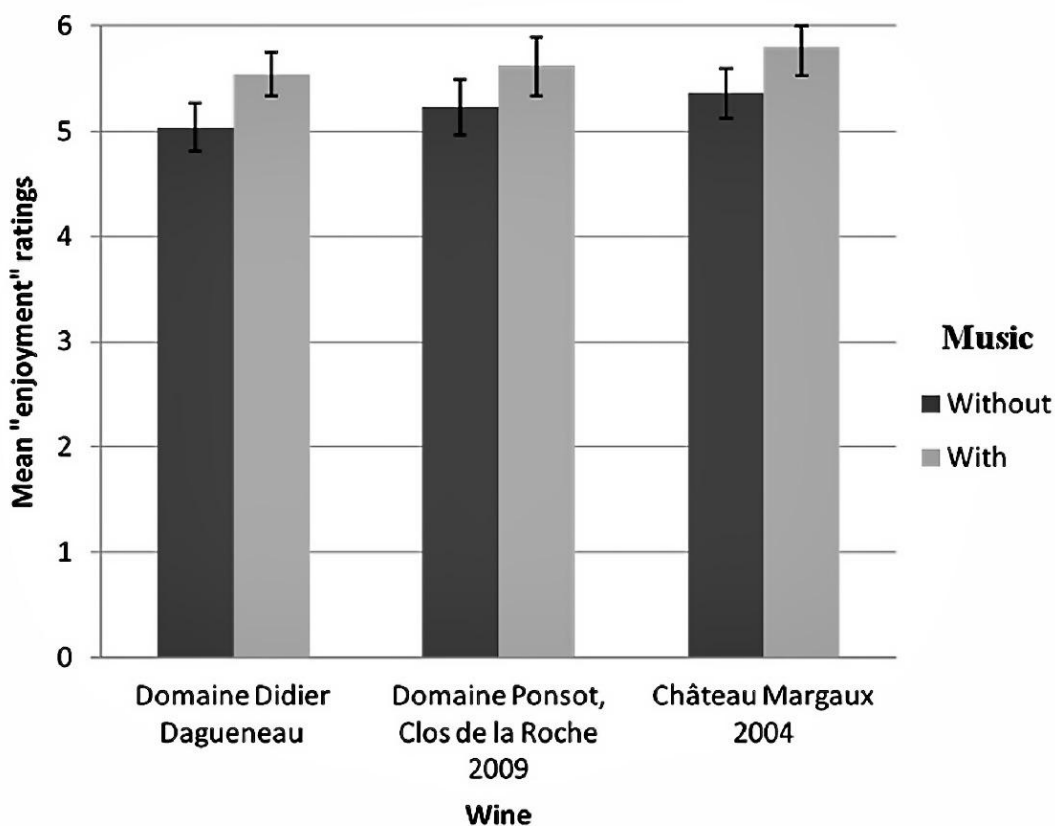
**Figura 11.**

I risultati di uno studio di Spence et al. (Spence c. et al., 2013) mostrano un aumento del gradimento del vino quando le persone lo hanno degustato ascoltando la musica corrispondente alle caratteristiche organolettiche dello stesso, rispetto al consumo in silenzio.

I brani musicali scelti per abbinare i tre vini sono stati rispettivamente:

- il Quartetto per flauto n. 1 in re maggiore, K 285-movimento 1, allegro;
- il Quartetto per archi in fa maggiore, movimento 1, allegro moderato-*très doux*;
- il Quartetto per archi n. 1 in re maggiore, movimento 2, andante cantabile, di Tchaikovsky.

**Figura 1**



Didascalìa

Uno dei risultati più sorprendenti emersi da una serie di studi precedenti in questo settore è che più un bevitore pensa che la musica si abbinerà al vino, più sembra apprezzare l'esperienza di degustazione (Spence et al., 2014; Wang et al., 2015; Seo et al., 2010). L'esistenza di questa correlazione può forse essere spiegata dalla teoria della "fluidità di degustazione" (Labroo et al., 2008; Winkielman et al., 2003).

In altre parole, quando la musica ed il vino sono congruenti, le persone possono trovare più facile valutare/elaborare le proprietà sensoriali di entrambi (cioè, la fluidità di elaborazione è maggiore). Di conseguenza, i degustatori possono trovare la loro *tasting experience* più piacevole (Krishna et al., 2010).

Naturalmente, allo stesso modo, bere vino mentre si ascolta musica incongruente o non corrispondente dovrebbe portare ad una minore valutazione della piacevolezza, poiché la combinazione sarà probabilmente più difficile da elaborare.

Inoltre, tale effetto può anche essere spiegato in termini di "transfert di sensazioni".

Secondo quest'ultima nozione, tratta dalla ricerca in campo di marketing, i giudizi su ciò che si può pensare a riguardo di uno stimolo possono essere influenzati da un'ulteriore sollecitazione apparentemente non correlata (come la musica), poiché l'uomo presenta la tendenza a trasferire i propri pensieri e sentimenti, a riguardo dell'argomento, dalla musica (gradimento edonico) alla, così relativa, valutazione del vino (Cheskin, 1957).

Il vino è uno stimolo molto complesso, carico di cultura e multisensorialità, e la percezione umana a riguardo delle sue proprietà è influenzata da tutto, a partire dalla confezione nella quale viene presentato, sino al bicchiere in cui viene servito al consumatore finale.

È per ciò che, via via, un sempre più crescente numero di ricerche scientifico-esperienziali sul vino sta cercando di dimostrare come una serie di fattori contestuali, tra cui la musica di sottofondo, possano esercitare una profonda influenza, e in alcuni casi anche prevedibile, sull'esperienza di degustazione (Spence, 2020).

La ricerca cognitiva di base può aiutare a spiegare la risposta dei consumatori al vino e la miriade di fattori che, concretamente, la influenzano.

Tra questi, il "connubio" sonoro, ossia l'abbinamento della musica a vini specifici per accentuarne determinati attributi (come la dolcezza, la persistenza aromatica, od ancora il corpo, la trama del vino) rappresenta un'area di studio empirico in forte sviluppo, ed inoltre, tali risultati sono spesso rilevanti anche per gli esperti di *marketing* interessati a capire come modificare la percezione dei consumatori, in tal caso, di vino, della bevanda stessa (estendendo, per altro, l'esito di tal indagine a qualsiasi altro tipo di prodotto alimentare o bibita).

Il campo della ricerca in tale ambito ha di recente acquisito molto "fascino", non soltanto per quanto concerne la produzione oppure la commercializzazione (*marketing*) di vino, bensì anche in termini di progettazione di esperienze in cantina, eventi di degustazione multisensoriali, per non parlare poi della creazione delle etichette.

Nell'ultimo decennio (o due) si è assistito ad una sorta di *exploit* d'interesse circa il modo in cui le persone abbinano la musica al vino, e, nella fattispecie, per come l'ascolto della prima possa trasformare l'esperienza del degustatore del secondo.

Il vino è un prodotto particolarmente intrigante con cui lavorare, data la sua complessità e la sua costante evoluzione. E la musica non è da meno.

La “*cuvée*” tra i due ha mosso, dunque, svariate ricerche sul *matching* vino-musica, sino a giungere alla nascita di professioni quali quella del *sound sommelier*.

Tutto ciò, è andato di pari passo ad un corpo emergente di ricerche di laboratorio che hanno documentato come le persone comuni tendano ad abbinare intuitivamente i gusti di base, come il dolce, l’acido, l’amaro, il salato e l’umami, a particolari attributi sonori, e successivamente che la riproduzione di musica con proprietà melodiche corrispondenti (o meno) alle caratteristiche organolettiche di un dato vino possa influenzare di netto il verdetto delle valutazioni date dai consumatori sul gusto/sapore (*flavour*) di una varietà di alimenti e, nel caso in questione, della bevanda vino.

Inoltre, il linguaggio impiegato per descrivere gli stimoli olfattivi piuttosto che le note musicali talvolta si sovrappone.

Si consideri, ad esempio, l’uso di termini come “note alte”, “note basse”, “accordi”, “armonia”, eccetera (Deroy, Crisinel, e Spence, 2013), che vengono attribuiti ad alcuni brani. Ecco, lo stesso avviene, molto spesso, anche nel vino, il quale può essere edonisticamente ed enosteticamente delineato come “armonico”, “soave”, “accordato”, oppure “stonato”. In simbiosi, dunque, con quello che si chiamerebbe “idioma” musicale.

Parlando di applicazioni pratiche dell’abbinamento vino-musica, e di come questo viene percepito dai consumatori medi, uno studio (Spence et al., 2013) ha dimostrato che il vino *Domaine Didier Dagueneau Pouilly Fumé*, un bianco francese a base di Sauvignon Blanc, è stato valutato dai partecipanti in modo significativamente migliore quando abbinato al Quartetto per flauto in re maggiore, Movimento 1 di Mozart, rispetto al Quartetto per archi n. 1, Movimento 2 di Tchaikovsky. Tuttavia, lo schema inverso dei risultati (ossia una migliore corrispondenza con Tchaikovsky rispetto a Mozart) è stato osservato quando i partecipanti hanno assaggiato un bicchiere di *Château Margaux*, un ricco vino rosso di Bordeaux (come esibito alla *table 5* sotto riportata).

**Table 5** Summary of findings from scientific studies of the impact of different pieces of music on the wine tasting experience

Study	Music	Effect on wine	Matching wine
North, 2012 [34]	<i>Carmina Burana</i> —Orff	Powerful and heavy	
	<i>Waltz of the Flowers</i> (from <i>The Nutcracker</i> )	Subtle and refined	
	<i>Just Can’t Get Enough</i> —Nouvelle Vague	Zingy and refreshing	
	<i>Slow Breakdown</i> —Michael Brook	Mellow and soft	
Spence et al., 2013 [8]	Mozart’s Flute Quartet No. 1 in D major, K 285-Movement 1	More enjoyable with music than silence	Domaine Didier Dagueneau, Pouilly Fumé Silex 2010
	Ravel’s String Quartet in F major-Movement 1		Domaine Ponsot, Clos de la Roche 2009
	Tchaikovsky’s String Quartet No 1 in D major-Movement 2	More enjoyable with music than silence	Château Margaux 2004
Spence, 2014 [68]	Mozart’s Flute Quartet No. 1 in D major, K 285-Movement 1	More enjoyable than <i>Suvitunnelma</i>	Tattinger Brut Réserve
	Viljami Nittykoki’s <i>Suvitunnelma</i>		Chateau Carsin Cuvée Noire 2010
Wang and Spence, in press b	Debussy’s <i>Jardins Sous la Pluie</i>	Higher acidity than <i>Vocalise</i>	Marcel Martin Sauvignon Blanc 2013
	Rachmaninoff’s <i>Vocalise</i>	Higher fruitiness than <i>Jardins Sous la Pluie</i>	Para Dos Malbec 2013

Inoltre, in un esperimento successivo, l'assaggio dei vini durante l'ascolto di musica abbinata ha determinato un piccolo ma significativo aumento del gradimento dell'esperienza enologica rispetto all'assaggio degli stessi vini in silenzio (Spence et al., 2013).

Ma quali i meccanismi fisiologici che si celano dietro queste risposte comportamentali?

Per rispondere a tale domanda, è stato condotto uno studio specifico il cui interesse consta nel capire quali parti del cervello umano, e, dunque, quali relative reazioni, siano coinvolte nella percezioni di questo connubio di stimoli sonori e sensoriali, rispettivamente relegati a musica e vino.

Esistono diversi modi in cui potrebbe verificarsi una corrispondenza (od un abbinamento) tra la musica che si ascolta ed il vino che si degusta, ed i meccanismi suggeriti includono:

- la sinestesia (etimologicamente dal greco “percepire assieme”, trattasi di un fenomeno sensoriale-percettivo o, meglio, di una condizione neurologica, che consiste nell’associare due entità appartenenti a differenti sfere sensoriali);
- la focalizzazione dell’attenzione di una persona attraverso le corrispondenze *inter*-modali presenti tra musica e vino;
- la mediazione emotiva;
- il *cross-wiring* (collegamento) neurale;
- il “trasferimento di sensazioni” (Cheskin, 1957);
- il mascheramento *cross*-modale (Yan KS et al., 2015).

La ricerca ha particolarmente posto l’attenzione sui punti inerenti la focalizzazione dell’attenzione attraverso le corrispondenze *cross*-modali tra vino e musica, e sulla mediazione emotiva che le influenze musicali possono avere sul senso del gusto.

È possibile che i suoni e la musica che si ascoltano possano attirare l’attenzione dei consumatori su di un elemento (o più) specifico di un vino.

**Tabella 8.**

Effetto principale del tipo di musica sulla valutazione del vino (media dei vini rossi e bianchi), tratto dallo studio di North (North AC., 2012)

Rating	Music				
	No music	Zingy/fresh	Powerful/heavy	Mellow/soft	Subtle/refined
Zingy/fresh	4.91*	6.91	5.25	5.51	5.47
Powerful/heavy	4.38	4.71	6.78	4.35	5.88
Mellow/soft	5.53	5.51	6.31	7.12	6.68
Subtle/refined	4.96	4.86	5.61	4.78	6.47

\*Un punteggio di 0 rappresenta “Il vino non ha sicuramente questa caratteristica”, mentre un punteggio di 10 rappresenta “Il vino ha sicuramente questa caratteristica”.

È ben noto (almeno agli psicologi) che l'attenzione sia in grado di aumentare la salienza dello stimolo o dell'elemento atteso rispetto a quando lo stesso non lo sia (Driver, 2001; Spence, 2014; Laing et al., 1992; Stevenson, 2012).

È inoltre risaputo che gli effetti del *focus* dell'attenzione sulla consapevolezza tendono a diventare più pronunciati man mano che l'*input* percettivo diviene più impegnativo/complesso (Lavie, 1995; 2005); ed i vini, almeno, quelli di qualità, possono certamente essere considerati stimoli gustativi estesi (Smith, 2007).

In effetti, le ricerche di laboratorio suggeriscono che le persone (e, nella fattispecie, lo stereotipato consumatore medio) non siano in grado di estrarre più di due o tre aromi da miscele odorose complesse, seppur possano essere state esposte in precedenza ai singoli componenti aromatici (Laing, 1992; Marshall et al., 2006).

Da ciò, è quindi palesemente emerso che tali effetti *cross*-modali potrebbero essere alla base di almeno alcuni degli stimoli promossi dalla musica sulla percezione del gusto.

Prestando dunque attenzione alla musica in ascolto, la concentrazione del consumatore medio potrebbe essere maggiormente attirata verso una delle costituenti del *bouquet* del ricco complesso sensoriale dato dall'esperienza di degustare un calice di vino, piuttosto che da altre.

Inoltre, è stato dimostrato che eventuali effetti *cross*-modali della musica sulla percezione gusto-olfattiva del vino possano avere, almeno in parte, una base neurofisiologica diretta e di basso livello (cioè che non richieda il coinvolgimento dell'attenzione cosciente).

Ciò, si deve a connessioni dirette tra l'organo dell'orecchio ed il tubercolo olfattivo (Wesson, Wilson, 2010).

Il secondo punto saliente, secondo cui ciò che il consumatore medio ascolta probabilmente influenza ciò che assaggia, consta nella capacità della musica di influenzare la sfera emozionale.

Difatti, l'ascolto sinfonico può porre una persona in un certo stato d'animo (Juslin et al., 2010; Konečni, 2008; Anni, 2014), positivo o negativo che sia, ed anche questo potrebbe influenzare la percezione e l'apprezzamento del vino, ed il suo ricordo (Crawshaw, 2012; Smith, 2009).

Del resto, se da un lato i risultati delle ricerche si dimostrino coerenti nei confronti della teoria relativa all'influenza che la musica possiede direttamente su gusto ed olfatto, per via delle corrispondenze *cross*-modali che indirizzano e concentrano l'attenzione dell'assaggiatore, dall'altro non si può certo escludere che gli effetti emotivi ed indotti dall'umore non abbiano esito anche in un secondo momento.

E a proposito di tempistiche di reazione, è stato verificato che il cervello umano risponde a tali due impulsi con ritmiche (per stare in tema "musicale") distinte; difatti, si è evinto che il *link cross*-modale è un effetto sinaptico istantaneo, che coinvolge quindi la zona razionale del cervello, ossia quella frontale.

D'altro lato, le reazioni di mediazione emotiva scattano dopo circa otto secondi, coinvolgendo, per tanto, l'area del cervello connessa alla sfera emozionale: il sistema limbico, sito nella parte posteriore del cranio (Bachorik et al., 2009).

Certo, ci sarà pure un “perché” se una delle “regole” di buon comportamento in fase di degustazione includano il silenzio.

Difatti, tradizionalmente e come di consueto, le degustazioni di vino professionali sono condotte in assenza di suoni o rumori (Peynaud, 1987), in aule private e preposte, al fine di meglio concentrarsi e focalizzarsi solamente sui propri sensi e sensazioni in relazione ai vini che si stanno degustando. Per meglio immergersi, dunque, nell’“ascolto” del vino, dei propri sensi e del presente.

Forse, quindi, la musica può influenzare anche occhi, narici e palato dei più esperti degustatori di vino?

Negli ultimi anni, infatti, sono stati condotti diversi studi ed esperimenti che hanno dimostrato l’influenza delle melodie musicali sull’atto del degustare, sia bevande, che alimenti, ma risultava ancora poco chiaro se tale suggestione potesse essere moderata dalla competenza dell’assaggiatore.

Per far chiarezza, sono stati quindi effettuati due esperimenti, qui riportati, su di un numeroso campione rappresentativo (n=154, di cui 71 donne, 79 uomini, 4 non specificati, di età compresa tra 20 e 75 anni) di degustatori di vino molto esperti (la maggior parte dei quali erano professionisti che lavoravano nel settore vitivinicolo) in occasione di una conferenza sull’enologia (Qian Janice Wang, Charles Spence, 2017).

L’esperienza di questi, in media (come riportato all’istogramma in figura 12), si aggirava attorno ai 18 anni.

Inoltre, antecedentemente la prova, sono stati iscritti all’*International Cool Climate Wine Symposium* (il su detto evento enologico per il quale tale esperimento è stato condotto) ed hanno partecipato al seminario sulla valutazione sensoriale, al fine di poter così costituire un *panel* di degustazione quanto più univoco ed uniforme, tanto da far approvare, finalmente, l’esperimento stesso dal Comitato etico per la ricerca universitaria centrale dell’Università di Oxford.

Un primo studio ha valutato l’impatto di colonne sonore putativamente “dolci” ed “aspre” sulla valutazione del gusto (le prime, composte da suoni di campane, pianoforte e sintetizzatore -strumento musicale elettronico, costituito da oscillatori che generano suoni di gamma molto ampia, caratterizzate da armonie consonanti, cioè eseguite simultaneamente e tali che l’effetto complessivo risulti all’ascoltatore morbido e gradevole-, mentre le seconde, le così definite “aspre”, “acide”, costituite da suoni di ottavino e clarinetto, delineate da una melodia dissonante, cioè non in armonia).

(Le colonne sonore di entrambi gli studi possono essere ascoltate al *link* <https://soundcloud.com/janicewang09/sets/iccws-2016>, riportato per altro alla voce “sitografia” di questa tesi).

Un secondo studio, invece, si è occupato di trattare aspetti più sottili del vino, espressi da termini più specifici e tecnici, come lunghezza/persistenza gusto-olfattiva, equilibrio e corpo.

- Studio 1

Al *panel* di esperti è stato chiesto di degustare e valutare una coppia di vini bianchi, i quali sono stati scelti per essere diversi ma con caratteristiche affini, di modo che i partecipanti non pensassero necessariamente che i vini fossero uguali.

Tal primo studio ha coinvolto due vini bianchi inglesi, il *Bolney Lychgate White* 2014 e 2015.

L'annata 2014 è risultata in un vino *off-dry*, presentante dunque un lieve residuo zuccherino e struttura più glicerica, corposa, intessuta su di aromi maturi di litchi e frutto della passione, la cui dolcezza era bilanciata da un'acidità croccante. Il vino era costituito da un *blend* di Muller-Thurgau e Reichensteiner.

La *vintage* 2015 si componeva, altresì, di un uvaggio, fruttato e "saporito" nel complesso, di uve Reichensteiner, Schönburger e Würzer, che presentava profumi ricchi e maturi e sapori di litchi e frutto della passione, bilanciati da un'acidità spiccata e speziata, oltre che da rinfrescanti note di fiori di sambuco.

Entrambi i vini si presentavano delle medesime tinta e tonalità cromatica, giallo paglierino tenue, in tal specifico caso, al fine ultimo di scorporare l'effetto che differenti colori potessero eventualmente infondere nel degustatore.

Ad esperimento iniziato, ai partecipanti (istruiti ad assaggiare il vino una volta iniziata la colonna sonora), in primo luogo, è stato chiesto di elencare i tre principali sapori percepiti.

Successivamente, hanno valutato il livello di dolcezza e di acidità del vino su scale da 0 a 10 (0=nessuna dolcezza/acidità, 10=dolcezza/acidità molto elevata) e quanto il vino fosse di loro gradimento (0=per niente, 10=molto).

Metà dei partecipanti hanno assaggiato il *Lychgate White* 2014 in accompagnamento alla colonna sonora "dolce" ed il *Lychgate White* 2015 con la colonna sonora "acida", mentre l'altra metà ha assaggiato i vini nell'ordine inverso, il tutto, per una durata totale di circa 10 minuti.

I risultati di questo primo studio, hanno dimostrato che i partecipanti hanno valutato i vini più dolci ascoltando la colonna sonora "dolce" rispetto a quella "acida", come previsto, ma soltanto inerentemente il più dolce dei due vini, tale *Lychgate White* 2014.

Questo responso è in linea con le osservazioni che dimostrano che uno stimolo sensoriale secondario congruente con qualche proprietà organolettica possa influenzare la valutazione di un alimento o bevanda solo nel caso in cui lo/la stesso/a possieda già quella proprietà gustativa.

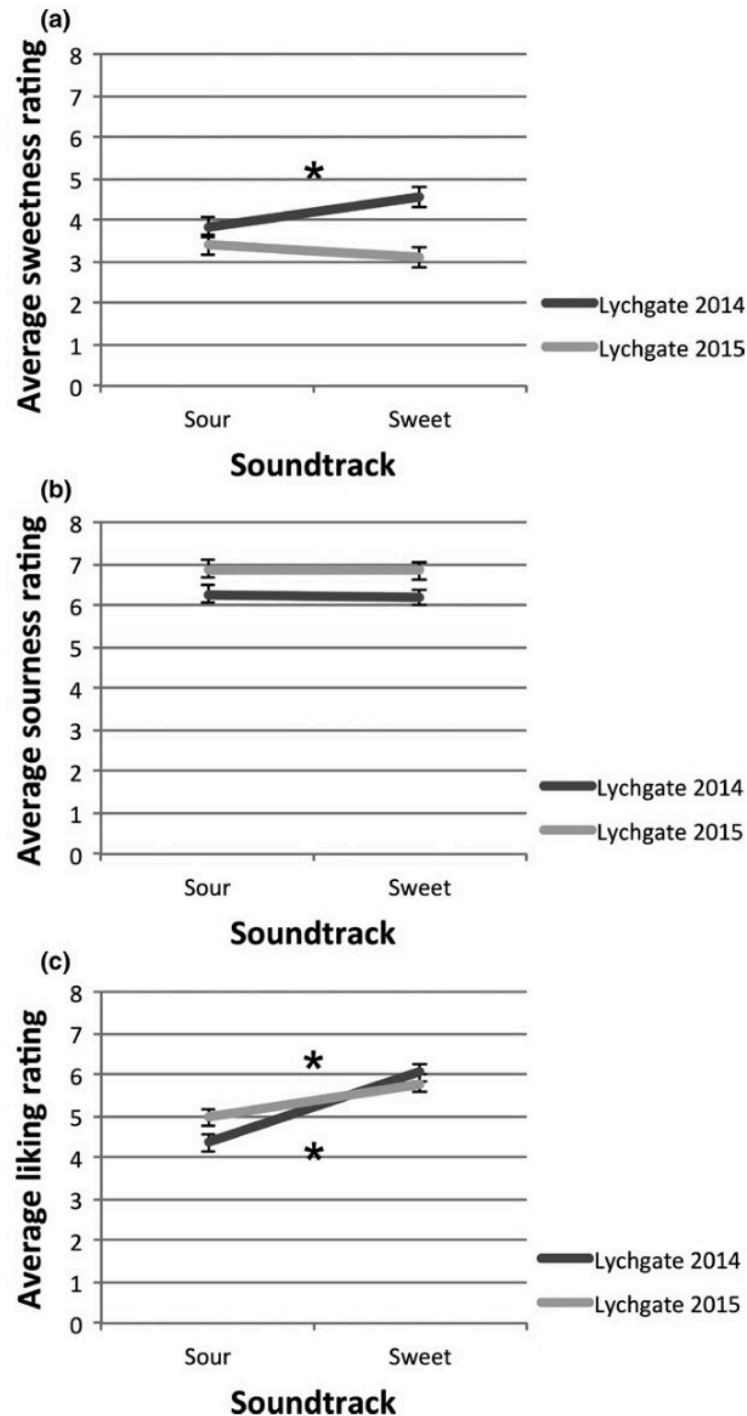
Al contrario, per quanto riguarda la valutazione del gradimento della bevanda, entrambi i vini sono piaciuti di più quando sono stati degustati ascoltando la colonna sonora dolce, indipendentemente dal livello di dolcezza degli stessi.

Ciò, sembra implicare meccanismi diversi che operano per la valutazione del gusto (ad esempio, la colonna sonora potrebbe aver rafforzato le loro aspettative) rispetto alla valutazione edonica (il gradimento dei partecipanti per la musica potrebbe essersi trasferito alle loro valutazioni di apprezzamento del vino).

È interessante notare che il vino più acido (*Lychgate* 2015) è risultato più piacevole del vino più dolce (*Lychgate* 2014) durante la riproduzione della colonna sonora "acida", il che suggerisce che anche la congruenza musica-gusto potrebbe aver giocato un ruolo nelle valutazioni di gradimento dei partecipanti.

Secondo la teoria della fluidità di processo (Labroo et. al., 2008; Winkielman et al., 2003), migliore è la corrispondenza tra musica e vino, più facilmente i partecipanti possono valutare l'esperienza di degustazione e, di conseguenza, potrebbero trovare il vino più piacevole.

Figura 12.



Valori medi delle valutazioni di dolcezza (a), asprezza (b) e gradimento (c) nello Studio 1, con le condizioni sonore sull'asse delle ascisse ed il tipo di vino indicato come linee separate. Le barre di errore indicano l'errore standard.



- Studio 2

Al di là dell'influenza che le colonne sonore hanno sugli attributi gustativi di base, resta da chiedersi se la musica possa esercitare un effetto su caratteristiche più complesse proprie del vino.

Dato l'alto livello di competenza enologica dei partecipanti scelti per tali due esperimenti, il secondo studio ha voluto porre attenzione sull'effetto che il suono potrebbe comportare su peculiarità più specifiche della bevanda, come la lunghezza (la durata del retrogusto), l'equilibrio (quanto i diversi componenti del vino sono in armonia tra loro) ed il corpo (la viscosità).

La musica per tale caso studio ha coinvolto due paesaggi sonori astratti composti da Ben Houge, ricercatore e *sound designer* specializzato in melodia aleatoria (cioè composizioni che prevedono elementi di scelta casuale).

La prima colonna sonora è scarsamente strutturata e staccata, la seconda è meno "scarna", con linee di fiati legati sovrapposte.

I vini scelti includevano una coppia di Chardonnay dell'Ontario (Canada),

*Tawse Quarry Road Organic Chardonnay 2012* e *Speck Family Reserve Chardonnay 2013*. Entrambi, di colore limone chiaro, presentanti freschezza, alcolicità media (13% vol.) e "note" date da affinamento in botti di rovere francese.

A prova iniziata, agli esperti è stato domandato di valutare, su scale comprese tra 0 e 10, i vini in analisi secondo i seguenti attributi: corpo (0=molto leggero, 10=molto pieno), equilibrio (0=non equilibrato, 10=molto equilibrato), lunghezza (0=molto corto, 10=molto lungo, ossia oltre i 10 secondi di percezione gusto-olfattiva), gradimento del vino (0=per niente, 10=molto), quanto la musica si abbina al vino (0=per niente, 10=molto) ed infine gradimento della trama musicale (0=per niente, 10 = molto).

Metà dei partecipanti ha assaggiato il *Quarry Road Chardonnay* con la colonna sonora staccata e lo *Speck Family Chardonnay* con la colonna sonora legata, mentre l'altra metà ha degustato i vini nell'ordine inverso.

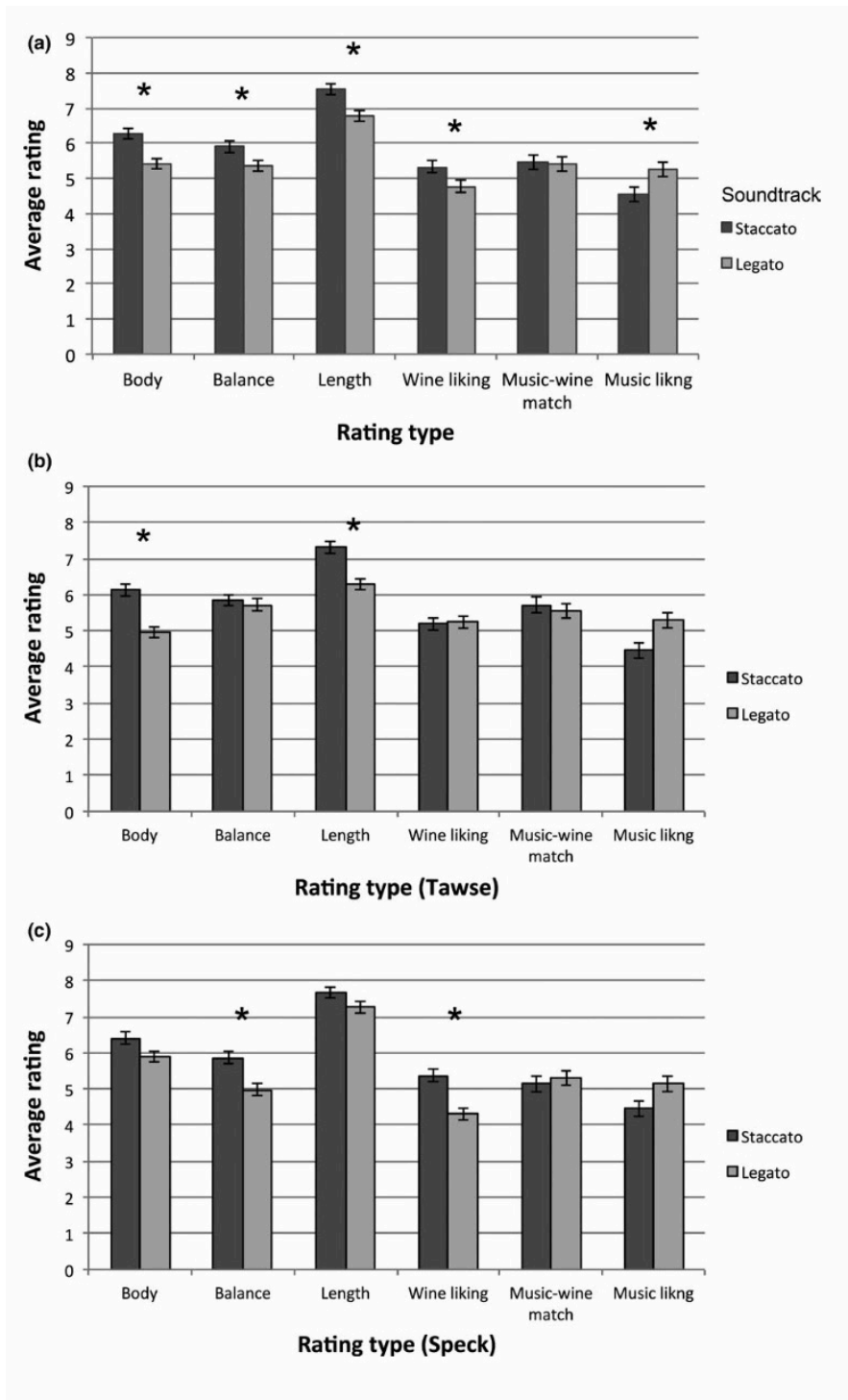
Lo studio, anche stavolta, è durato circa 10 minuti.

I risultati hanno rivelato che le colonne sonore hanno influenzato significativamente le valutazioni in termini di corpo, equilibrio, lunghezza e gradimento del vino.

Un po' sorprendentemente, in "prima battuta", l'ascolto della musica relativamente più "antipatica" (colonna sonora staccata) è stata associata ad un corpo più pieno, ad un migliore equilibrio e ad una maggiore lunghezza, caratteristiche che di solito sono accostate ad un maggiore gradimento del vino. Sebbene ciò sembri in un primo momento controintuitivo, è possibile che la colonna sonora staccata abbia fornito un contrasto migliore tra la scarsità della stessa, e la pienezza degli Chardonnay elaborati in legno, facendoli sembrare, così, più completi a confronto.

Concludendo, in entrambi i due esperimenti i risultati hanno rivelato che l'effetto della musica sulla percezione del vino può concretamente riverberarsi, ed essere quindi scientificamente dimostrato, anche sugli esperti di vino.

**Figura 13.**



Valori medi di corpo, equilibrio, lunghezza, gradimento del vino, corrispondenza musica-vino e gradimento della musica nello Studio 2, con le condizioni sonore indicate con colori diversi. I risultati sono mediati su entrambi i vini (a) e mostrati singolarmente -*Tawse Chardonnay* (b), *Speck Chardonnay* (c)-.

Le barre di errore indicano gli errori standard.

L'asterisco '\*' indica la significatività statistica a  $p < 0,05$ .

Tutti i valori di p nei test di confronto *post-hoc* sono stati corretti con il metodo di Bonferroni.

## 5. ENOSTESIA ED ENOMUSICOLOGIA

### **La professione del *sound sommelier*: un approccio scientifico.**

Non si può non nascondere che ancora oggi, durante una degustazione di vino, il senso dell'udito è considerato come secondario.

Difatti, approcciando al calice, tendenzialmente si presta maggior attenzione a sensi quali vista, olfatto, gusto e tatto.

Ma quanto meglio si potrebbe comprendere (organoletticamente parlando) un dato vino sfruttando tutti i cinque sensi umani?

Con l'aiuto, infatti, di un ulteriore senso, sarebbe possibile esaltare al meglio ogni singola sensazione al naso od al palato, in modo da creare nel nostro sistema limbico un'immagine sensoriale ancor più viva, ampia e approfondita rispetto alle consuete degustazioni condotte in silenzio.

La musica, infatti, recluta i medesimi circuiti neurali del piacere connessi con gli stimoli biologicamente rilevanti, in arrivo, ad esempio, da cibo o vino.

Si chiama sinestesia, un fenomeno sensoriale/percettivo che sta ad indicare un coinvolgimento dei sensi nella percezione di dati impulsivi, in tal caso, organolettici.

E, nella fattispecie, per meglio definire questa particolare sinestesia, ci si riferisce a termini tecnici più specifici, quali "enostesia" ed "enomusicologia", rispettivamente ideati dalla giornalista sonora ed artista neozelandese Jo Burzynska, e dal direttore d'orchestra americano Ertan Sener.

Nello specifico, si fa riferimento a quelle situazioni in cui una stimolazione uditiva, olfattiva, gustativa, tattile o visiva viene percepita come due o più eventi sensoriali distinti ma comunque conviventi.

Fatto che può arricchire notevolmente, anche del doppio, ampiezza e profondità di ogni singola percezione in arrivo da olfatto, gusto ed udito.

Effettivamente, si tratta del medesimo principio neuroscientifico valido per ogni abbinamento azzeccato tra un piatto ed una bottiglia; vino e musica insieme, alla pari di vino e cibo, fanno scattare nel lobo frontale del cervello umano le medesime emozioni di piacere.

Parafrasando Luigi Veronelli, si potrebbe annoverare che "La piacevolezza di una composizione sonora quasi sempre scopre le qualità di un vino e le esalta; a loro volta, le qualità di un vino completano il piacere di una musica e la spiritualizzano".

Ecco dunque che nei recenti anni è sorta la figura professionale del *sound sommelier* (Paolo Scarpellini, 2021), il cui criterio di lavoro pone i propri basamenti su dei solidi pilastri di natura scientifica (desunti da studi approfonditi, ricerche e prove sperimentali nel campo delle neuroscienze, cui afferiscono anche discipline quali anatomia, biologia molecolare, matematica, medicina, farmacologia, fisiologia, fisica, ingegneria e psicologia), i quali includono, per altro, metodi quali quello ideato da Piccinardi e ricerche come quelle dei neuroscienziati Adrian North e Charles Spence (ad oggi considerati i più accreditati studiosi e sperimentatori riguardo il rapporto sensoriale tra vino e musica), i quali pongono la propria attenzione circa il coinvolgimento della psiche umana in tal tipo di accostamento di sensazioni.

Rispettivamente, il primo lavora come professore alla *Psychology School of Life and Sciences* dell'università *Heriot-Watt* di Edimburgo, mentre il secondo esercita la professione sia di professore di psicologia sperimentale, sia di direttore presso il *Crossmodal Research Laboratory* all'università di Oxford.

Senza tralasciare, ovviamente, la parte “poetica” che di per sé la professione del *sommelier* include, arrivando a considerare, come sosteneva Schopenhauer, che “il vino possa essere inteso come musica da bere”, e che altresì la musica come “vino da ascoltare”.

A livello pratico, il compito del *sound sommelier* consta nella ricerca dell'abbinamento più azzeccato tra le caratteristiche di un dato vino e quelle di una precisa e consona composizione musicale, proprio come un classico *sommelier* farebbe con un piatto; in questo caso, “sonoro”.

Si parte anzitutto dall'identificare le peculiarità del vino in esame, come provenienza delle uve, *cultivar*, *terroir*, tipicità, metodi di vinificazione, seguendo poi con i canonici esami visivo, olfattivo e finalmente gustativo.

Una volta individuate queste componenti, il *sound sommelier* ricerca, nel proprio “bagaglio” di conoscenze musicali, il brano che più si addice alle caratteristiche del vino esaminato, pensando quindi al genere (musica classica, piuttosto che *rock*, *jazz*, *soul*, *pop*, *hip-hop*, *reggae*, elettronica, etnica, operistica, cantautorale, italiana, straniera, eccetera), all'epoca ed alla provenienza (per accostarsi al vino in termini di *vintage* e *terroir*, rispettivamente), al ritmo, al carattere dello spettro acustico (vocale maschile piuttosto che femminile, strumentale a corda oppure a fiato, e così via), alla melodia ed al *mood* del brano, per arrivare, finalmente, all'utilizzo di descrittori comuni a vino e musica (si pensi, ad esempio, alla definizione di “vino armonico” o di “vino scattante”, od ancora “vino soave”).

Tutto questo, al fine ultimo di porre in risalto sensazioni e percezioni che con la sola degustazione condotta nel silenzio potrebbero non essere poi così chiare od emergenti.

Come ha riportato Paolo Scarpellini, *sound sommelier* di professione, nel suo articolo per la rubrica “Civiltà del bere”: “Alle mie degustazioni enomusicali in pubblico, ad esempio, dove faccio assaggiare un vino prima in silenzio e poi con accompagnamento sonoro, un buon 94% dei presenti si è accorto di aver percepito grazie alla musica qualche sensazione nuova, olfattiva o gustativa che fosse, rispetto alla degustazione senza le sette note”.

Per riportare, dunque, alcuni accostamenti armonici consolidati, definiti dagli studiosi su riportati, sono certo da annoverare quelli definiti dal professor North, che per primo evidenziò, con la ricerca del 2007 “*Wine and Music*”, come certi generi sonori si “sposassero” meglio a certe bottiglie.

Egli infatti, in tal trattato, sosteneva la concordanza tra musiche orchestralmente “piene” con corposi vini rossi, altresì strumentazioni minimali e ritmi *soft* con vini bianchi fermi, ed infine chitarra e voci femminili in accostamento a vini rosati.

Il tutto, con l'obiettivo ultimo di meglio esaltare le caratteristiche intrinseche di un dato calice grazie all'ausilio della musica.

Ancora, Charles Spence, il quale, con la ricerca *Crisnel and Spence* redatta nel 2009, dimostrò con specifici test come le tonalità sonore più alte (date ad esempio da acuti vocali, piuttosto che da assoli di chitarra) si abbinassero meglio alle più spiccate acidità presenti in dati vini (come spumanti, oppure bianchi giovani), mentre le tonalità più basse (basso, trombone, per citare alcuni strumenti di timbro “grave”) pareggiassero meglio le note empireumatiche tipiche di vini rossi strutturi ed affinati.

Per concludere, Clark Smith, noto produttore californiano ed appassionato di musica, sviluppò una propria, personale teoria (basata su di un *panel* di degustatori alle prese con ben 150 diversi vini durante l'ascolto di 250 canzoni di vario genere), che diede i seguenti risultati: “[...] ai Cabernet piace il rock, ai Pinot le melodie romantiche, ai Riesling i ritornelli allegri e ballabili.”.

## 6. “VMM”: VINO, MUSICA E *MARKETING*.

Da precedenti, tradizionali approcci di *marketing*, si sa che la musica sia in grado di influenzare la scelta del consumatore inerentemente il tipo di vino che andrà (o meno) ad acquistare, oltre che la sua predisposizione di “portafogli” nei confronti dello stesso.

Inoltre, sono stati condotti alcuni approfondimenti fini ad osservare come una data colonna sonora possa addirittura inficiare circa la velocità con cui una persona consumi la bevanda (atto del bere), e persino su come questa possa essere invogliata (o meno) ad entrare in un certo bar o locale che somministri vino (Spence et al., 2015).

Ed andando, dunque, ad analizzare nello specifico le risposte comportamentali di acquisto di alcuni potenziali consumatori di vino in locali GDO e/o ristorativi, le pubblicazioni degli ultimi venticinque anni hanno dimostrato che la riproduzione del giusto tipo di musica di sottofondo può influenzare certo la scelta dei vini di questi sia al supermercato, sia in enoteca (Areni et al., 1993; North et al., 1997, 1999; Spence, 2014).

In un primo esempio, uno studio compiuto in nord America (Areni et al., 1993; Spence, 2019) mostrò come gli acquirenti spendessero significativamente di più in enoteca quando veniva riprodotta, come sinfonia di sottofondo, musica classica, rispetto ad una *playlist* dei brani *top-40* del Paese.

L'analisi dei risultati ha suggerito che la prima induceva gli stessi a cercare nel vino acquistato il concetto di “qualità”, piuttosto che di “quantità”, comprando, così, bottiglie di più alto valore di mercato.

Una seconda indagine (North et al., 1997, 1999), condotta a Leicester, in un supermercato britannico, ha voluto dimostrare come l'applicazione di specifiche colonne sonore inducesse gli acquirenti verso determinati, relativi prodotti; a conferma di ciò, la maggior parte dei clienti ha acquistato vino francese quando, in sottofondo, è stata riprodotta musica francese, ed altresì vini tedeschi quando musica tedesca è stata diffusa dagli altoparlanti del locale.

Quindi, questi risultati possono indubbiamente fungere da “bussola” per orientare coloro i quali si occupano di *marketing* del mondo vino a riflettere più attentamente sulla scelta musicale circa i brani riprodotti nei locali in cui si vende e somministra tale bevanda (Moore, 2012; Spence et al., 2014), di modo da poter individuare, così, le più strategiche e consone “leve” di mercato su cui puntare.

Inoltre, altro fattore da considerare prima di creare un solido piano *marketing*, finalizzato all'aumento delle vendite del prodotto vino, è di certo la variabile “demografia”, inerentemente il *target* di clientela di un ipotetico locale di vendita e/o somministrazione della bevanda.

Come annovera Craig Root, presidente della società di consulenza *Visitor Management Resources* di St. Helena: “Per me, la scelta della musica per una sala di degustazione è

demografica... Tendo a privilegiare il *jazz* non frenetico e la musica classica, soprattutto al mattino. Nel pomeriggio, quando arrivano i più giovani, magari *blues* e *rock*".

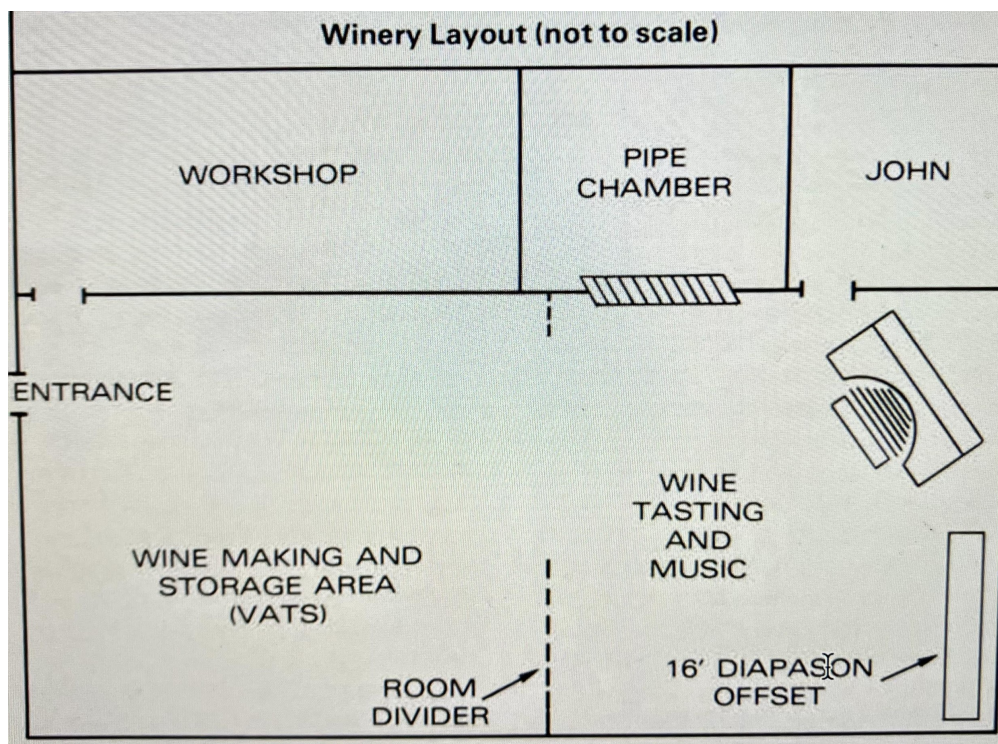
In altre parole, Root presta attenzione alla musica scelta per accompagnare la degustazione dei consumatori basandosi sulla demografia degli stessi piuttosto che sui profili dei gusti.

Per nominare, a titolo di esempio, alcune attrazioni vinicole che possono rappresentare degli efficaci modelli di *marketing* cui ispirarsi a riguardo dell'argomento trattato, si riportano:

- *Cité du Vin*, sita a Bordeaux, inaugurata di recente (Beckett, 2017), consta in un'installazioni multisensoriale la quale mira a coinvolgere il maggior numero possibile di sensi del visitatore, dunque, "imbastendo" il così detto "Buffet dei cinque sensi" (sulla scia di tale struttura, peraltro, è stata costruita anche una versione cinese).
- *Oddbins*, catena di enoteche che attualmente si occupa di offrire suggerimenti musicali da abbinare ai vini proposti (Beckett, 2017).
- "*The Wine+Music Issue*" di *Wine Enthusiast*, speciale a tema che rappresenta una delle riviste di vini più letta negli Stati Uniti, fondata nel 1998.

Da questi esempi, chiaro risulta come l'abbinamento tra vino e musica, in altre parole, offre una strada apparentemente efficace per il *marketing* dei vini nel panorama di mercato attuale (Cramb, 2008; Sherman, 2011).

A conferma di ciò, l'accresciuto interesse dei produttori di vino, grandi e piccoli, i quali stanno riconoscendo sempre più i benefici che la ricerca cognitiva apporta nel contribuire a migliorare le esperienze in cantina e nelle sale di degustazione dei clienti anche più esigenti (Spence et al., 2014; Spence C., 2020).



Un esempio di *layout* di cantina, dotata di sala degustazione provvista di strumenti adibiti alla riproduzione di brani musicali durante l'esperienza di assaggio.



**Figura 14.**

Ecco riportata l'applicazione per cellulari che, scansionando il retro etichetta di una bottiglia, permette al consumatore di vino di accedere ad una gamma accuratamente selezionata di brani musicali scelti per enfatizzare, nel caso qui riportato, l'arte dell'assemblaggio di Champagne pregiati, differenziando allo stesso tempo, nello specifico, il marchio *Krug* dai suoi *competitors*.

Tale applicazione per *smartphone*, ad oggi, rappresenta certo una solida leva di mercato per poter suscitare nel consumatore di vino odierno un sempre più "ritmato" interesse nella ricerca dell'armonia perfetta per abbinare vino e musica (Jones S., 2014).

### **III. RIASSUNTO CONCLUSIVO**

Per concludere, con questo trattato ho voluto dimostrare come le onde sonore, incluse quelle "impartite" da brani musicali, in quanto composti di vibrazioni fisiche, possano notevolmente modificare le particelle della materia vino, interessando profondamente tutte le fasi della filiera di produzione, a partire dalla vite (e dal microbioma ad essa associato), procedendo ai processi di vinificazione, e, dunque, di fermentazione alcolica (analizzando, così, l'influenza delle vibrazioni musicali sui lieviti, sia selezionati che indigeni), continuando con il trasporto e lo stoccaggio del vino imbottigliato, terminando, infine, trattando le influenze psicologiche che la musica infonde sulla percezione sensoriale derivante dalla degustazione della bevanda in accostamento a precisi brani, e, finalmente, a come le stesse possano essere utilizzate come strategiche leve di mercato al fine di incrementare le vendite del prodotto.

Sulla base delle informazioni trovate, emerge che si potrebbero applicare innovativi metodi *eco-friendly* e a basso impatto ambientale, anche per mitigare eventuali attacchi patogenici o per aumentare la resistenza agli stress idrici, con il semplice ausilio delle vibrazioni acustiche, comprese quelle musicali.

Inoltre, inerentemente i processi di vinificazione, si potrebbe avere un fattore di controllo aggiuntivo (circa, ad esempio, la velocità di crescita del lievito, e, dunque, le relative

tempistiche di fermentazione alcolica, oltre che i *ratio* di formazione di composti chimici associati a questa, caratterizzanti il profilo sensoriale del vino stesso).

Non solo; grazie alla musica, si potrebbe rendere più completa e totalitaria l'esperienza di degustazione, ed il consecutivo godimento che ne deriva.

Sicuramente tutto ciò rappresenta anche una "mossa" di *marketing* cui appellarsi per poter anche "conquistare" nuovi mercati e nuovi consumatori.

Quindi, a mio parere, il futuro dell'enologia sta nello sperimentare, sempre con criterio e cura, nuove tecniche finalizzate a miglorie che riguardino un panorama di visione ampio ed esteso, come si suole dire, "a 360°".

#### **IV. SITOGRAFIA**

- <https://www.mdpi.com/2218-1989/11/9/605>
- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19282231/>
- <https://link.springer.com/article/10.1007/s10669-011-9365-2>
- <https://link.springer.com/article/10.1007/s11306-011-0360-x>
- <https://link.springer.com/article/10.1134/S0026261715020125>
- <https://www.mdpi.com/1420-3049/21/4/483>
- <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/3/644>
- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15075263/>
- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18245241/>
- <https://portlandpress.com/biochemj/article-abstract/388/2/669/93325/High-throughput-metabolic-state-analysis-the?redirectedFrom=fulltext>
- <https://www.ajevonline.org/content/early/2022/06/30/ajev.2022.22007>
- <https://doi.org/10.1163/22134808-20191406>
- <https://www.sfgate.com/wine/article/Music-to-drink-wine-by-Vintner-insists-music-can-3235602.php>
- <https://doi.org/10.1186/s41235-020-00225-6>
- <https://www.civiltadelbere.com/professione-sound-sommelier-paolo-scarpellini-ci-spiega-il-suo-metodo/>
- <https://doi.org/10.3758/s13423-013-0397-0>
- <http://news.bbc.co.uk/1/hi/uk/7400109.stm>
- <https://soundcloud.com/janicewang09/sets/iccws-2016>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950329317303427?via=ihub>
- <https://www.luxurydaily.com/krug-uses-music-to-explore-differences-between-champagne-varieties/>
- <https://demorgenzon.com/music/>
- <https://www.nature.com/articles/s41396-017-0028-2>
- <https://www.nature.com/articles/s41598-017-02556-9>
- <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2018.00025/full>
- <https://academic.oup.com/jxb/article/67/15/4483/1749649>
- <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15592324.2017.1368938>
- <https://link.springer.com/article/10.1007/s00442-014-2995-6>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369526613000630?via=ihub>
- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26166777/>



- <https://peerj.com/articles/1920/>
- <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ppl.12117>
- <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2019.01256/full>
- <https://journals.asm.org/doi/10.1128/mBio.00631-16>
- <https://academic.oup.com/jxb/article/67/15/4483/1749649>

## V. BIBLIOGRAFIA

### FONTI PRIMARIE

- Aggio Raphael Bastos Mereschi; Victor Obolonkin; Silas Granato Villas-Bôas. Sonic vibration affects the metabolism of yeast cells growing in liquid culture: a metabolic study. *Metabolomics* 2011, 8. Published online: 4 September 2011.
- Aggio, R.B.M.; Obolonkin, V.; Villas-Bôas, S.G. Sonic vibration affects the metabolism of yeast cells growing in liquid culture: A metabolomic study. *Metabolites* 2021, 11, 605. Published: 7 September 2021.
- Bokulich, N.A.; Collins, T.S.; Masarweh, C.; Allen, G.; Heymann, H.; Ebeler, S.E.; Mills, D.A. Associations among Wine Grape Microbiome; Metabolome; and Fermentation Behavior Suggest Microbial Contribution to Regional Wine Characteristics. *MBio* 2016, 7, 1–12.
- Burzynska, J., Wang, Q. J., Spence, C., & Bastian, S. E. P. (2019). Taste the Bass: Low Frequencies Increase the Perception of Body and Aromatic Intensity in Red Wine, *Multisensory Research*, 32(4-5), 429-454.
- Hannah Renner, Elke Richling, and Dominik Durner. Influence of Vibration on Volatile Compounds, Color, SO<sub>2</sub>, and CO<sub>2</sub> of Riesling Sparkling Wine and White Wine, *American Journal of Enology and Viticulture*, July, 2022.
- Hyun-Jung Chung, Jin-Ho Son, Eun-Young Park, Eun-Jeong Kim, Seung-Taik Lim. Effect of vibration and storage on some physico-chemical properties of a commercial red wine. *Journal of Food Composition and Analysis* 21 (2008) 655–659.
- Mishra Ratnesh Chandra, Ghosh Ritesh; Bae Hanhong, Department of Biotechnology, Yeungnam University, Gyeongsan, Gyeongbuk 38541, Republic of Korea: “Plant acoustics: in the search of a sound mechanism for sound signaling in plants”, *Journal of Experimental Botany*, Vol. 67, No. 15 pp. 4483–4494, 2016.
- Paolo Scarpellini, 2021. “Professione sound sommelier. Paolo Scarpellini ci spiega il suo metodo”, pubblicazione sulla rubrica “Civiltà del bere”.
- Spence Charles and Wang Qian Janice, Flavour: “Wine and music (II): can you taste the music? Modulating the experience of wine through music and sound”, Crossmodal Research Laboratory, Department of Experimental Psychology, Oxford University, South Parks Road, Oxford OX1 3UD, UK, 2015, 4:33.
- Spence Charles and Wang Qian Janice, Flavour: “Wine and music (III): so what if music influences the taste of the wine?”, Crossmodal Research Laboratory, Department of Experimental Psychology, Oxford University, South Parks Road, Oxford OX1 3UD, UK, 2015, 4:36.
- Spence Charles, *Food Quality and Preference* 71, 2019, 106-116: “Multisensory experimental wine marketing”. Crossmodal Research Laboratory, Oxford University, UK.

- Spence Charles, *Cognitive Research: Principles and Implications*, 2020, 5:22. “Wine psychology: basic & applied”.

## LETTERATURA CRITICA (FONTI SECONDARIE)

- Anon. Music “can enhance wine taste”. BBC News; 2008.
- Antin C. What does wine sound like? Punch; 2014.
- Appel, H.M.; Cocroft, R.B. Plants respond to leaf vibrations caused by insect herbivore chewing. *Oecologia* 2014, 175, 1257–1266.
- Areni, C. S., & Kim, D. (1993). The influence of background music on shopping behavior: Classical versus top-forty music in a wine store. *Advances in Consumer Research*, 20, 336–340.
- Bachorik JP, Bangert M, Loui P, Lark K, Berger J, Rowe R, et al. Emotion in motion: investigating the time-course of emotional judgments of musical stimuli. *Music Percept.* 2009; 26:355–64.
- Beckett, F. (2017). Wine: Why it makes sense to pair what you drink with music as well as what you eat. *The Guardian*, January 12th.
- Berbegal, C.; Khomenko, I.; Russo, P.; Spano, G.; Fragasso, M.; Biasioli, F.; Capozzi, V. PTR-ToF-MS for the Online Monitoring of Alcoholic Fermentation in Wine: Assessment of VOCs Variability Associated with Different Combinations of *Saccharomyces/Non-Saccharomyces* as a Case-Study. *Fermentation* 2020, 6, 55.
- Berg, G.; Raaijmakers, J.M. Saving seed microbiomes. *ISME J.* 2018, 12, 1167–1170.
- Bunge, M.; Araghipour, N.; Mikoviny, T.; Dunkl, J.; Schnitzhofer, R.; Hansel, A.; Schinner, F.; Wisthaler, A.; Margesin, R.; Märk, T.D. On-Line Monitoring of Microbial Volatile Metabolites by Proton Transfer Reaction-Mass Spectrometry. *Appl. Environ. Microbiol.* 2008, 74, 2179–2186.
- Capozzi, V.; Makhoul, S.; Aprea, E.; Romano, A.; Cappellin, L.; Jimena, A.S.; Spano, G.; Gasperi, F.; Scampicchio, M.; Biasioli, F. PTR-MS Characterization of VOCs Associated with Commercial Aromatic Bakery Yeasts of Wine and Beer Origin. *Molecules* 2016, 21, 483.
- Cejudo-Bastante MJ, Hermosín-Gutiérrez I and Pérez-Coello MS. 2013. Accelerated aging against conventional storage: Effects on the volatile composition of chardonnay white wines. *J. Food Sci.* 78:C507-13.
- Cheskin L. How to predict what people will buy. New York: Liveright; 1957.
- Choi, B.; Ghosh, R.; Gururani, M.A.; Shanmugam, G.; Jeon, J.; Kim, J.; Park, S.-C.; Jeong, M.-J.; Han, K.-H.; Bae, D.-W.; et al. Positive regulatory role of sound vibration treatment in *Arabidopsis thaliana* against *Botrytis cinerea* infection. *Sci. Rep.* 2017, 7, 1–14.
- Cruz de Carvalho MH. 2008. Drought stress and reactive oxygen species: Production, scavenging and signaling. *Plant Signaling & Behavior* 3, 156–165.
- Deroy, O., Crisinel, A.-S., & Spence, C. (2013). Crossmodal correspondences between odors and contingent features: odors, musical notes, and geometrical shapes. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20, 878–896.
- Cramb, A. (2008). Why wine tastes better with music. *The telegraph*, May 13th.
- Crawshaw A. How musical emotion may provide clues for understanding the observed impact of music on gustatory and olfactory perception in the context of wine-tasting. Unpublished manuscript. 2012.
- Da Silva, Dobranszki J., 2014. Sonication and ultrasound: impact on plant growth and development. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 117, 131–143.

- De Luca, P.A.; Vallejo-Marin, M. What's the 'buzz' about? The ecology and evolutionary significance of buzz-pollination. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2013, *16*, 429–435.
- Driver J. A selective review of selective attention research from the past century. *Br J Psychol.* 2001; *92*:53–78.
- Du Toit WJ and Piquet C. 2014. Effect of simulated shipping temperatures on the sensory composition of South African Chenin blanc and Sauvignon blanc wines. *S. Afr. J. Enol.* *35*:278-282.
- Edwards, T.L., Singleton, V.L., Boulton, R., 1985. Formation of ethyl esters of tartaric acid during wine aging: chemical and sensory effects. *American Journal of Enology and Viticulture* *36*, 118–124.
- Ekici N, Dane F, Mamedova L, Metin I, Huseyinov M. 2007. The effects of different musical elements on root growth and mitosis in onion (*Allium cepa*) root apical meristem (musical and biological experimental study). *Asian Journal of Plant Sciences* *6*, 369–373.
- Gagliano M., Mancuso S., Robert D., 2012a. Towards understanding plant bioacoustics. *Trends in Plant Science* *17*, 323–325.
- Gagliano M., 2013b. Green symphonies: a call for studies on acoustic communication in plants. *Behavioral Ecology* *24*, 789–796.
- Geyer MO, Praeger U, König C, Graf A, Truppel I, Schlüter O and Herold B. 2009. Measuring behavior of an acceleration measuring unit implanted in potatoes. *Trans ASABE* *52*:1267-1274.
- Gray WB. Music to drink wine by: Vintner insists music can change wine's flavors. In: *San Francisco Chronicle*. 2007. Accessed 7 August, 2015.
- Gu, S.; Zhang, Y.; Wu, Y. Effects of sound exposure on the growth and intracellular macromolecular synthesis of *E. coli* k-12. *PeerJ* 2016, *4*, e1920.
- Harborne, J.B., Mabry, T.J., Mabry, H., 1975. The Flavonoids, vol. I–II. Academic Press, New York, San Francisco, pp. 395–396, 991–992.
- Harris Alastair; Lindsay A. Melodie; Ganley Austen R. D.; Jeffs Andrew; Villas-Boas Silas G. Sound Stimulation Can Affect *Saccharomyces cerevisiae* Growth and Production of Volatile Metabolites in Liquid Medium. *Metabolites* 2021, *11*, 605.
- Hassanien R.H.E., Hou T.Z., Li Y.F., Li B.M., 2014. Advances in effects of sound waves on plants. *Journal of Integrative Agriculture* *13*, 335–348.
- Jeong MJ, Shim CK, Lee JO, Kwon HB, Kim YH, Lee SK, Byun MO, Park SC. 2008. Plant gene responses to frequency-specific sound signals. *Molecular Breeding* *21*, 217–226.
- Jeong MJ, Cho JI, Park SH, Kim KH, Lee SK, Kwon TR, Park SC, Siddiqui ZS. 2014. Sound frequencies induce drought tolerance in rice plant. *Pakistan Journal of Botany* *46*, 2015–2020.
- Jones, S. (2014). Krug uses music to communicate champagne taste digitally. *Luxury Daily*, August 9th.
- Jung, J.; Kim, S.K.; Kim, J.Y.; Jeong, M.J.; Ryu, C.M. Beyond Chemical Triggers: Evidence for Sound-Evoked Physiological Reactions in Plants. *Front. Plant Sci.* 2018, *9*, 25.
- Juslin PN, Sloboda JA. *Handbook of music and emotion: theory, research, applications*. Oxford: Oxford University Press; 2010.
- Kennedy, J.A., Saucier, C., Glories, Y., 2006. Grape and wine phenolics: history and perspective. *American Journal of Enology and Viticulture* *57*, 239–248.
- Koda, S.; Miyamoto, M.; Toma, M.; Matsuoka, T.; Maebayashi, M. Inactivation of *Escherichia coli* and *Streptococcus mutans* by ultrasound at 500kHz. *Ultrason. Sonochem.* 2009, *16*, 655–659.
- Konečni VJ. Does music induce emotion? A theoretical and methodological analysis. *Psychol Aesthet Creat Arts.* 2008;2:115–29.

- Krishna A, Elder RS, Caldara C. Feminine to smell but masculine to touch? Multisensory congruence and its effect on the aesthetic experience. *J Consum Psychol.* 2010;20:410–8.
- Labroo AA, Dhar R, Schwartz N. Of frog wines and frowning watches: semantic priming, perceptual fluency, and brand evaluation. *J Consum Res.* 2008;34:819–31.
- Laing DG, Glenmarec A. Selective attention and the perceptual analysis of odor mixtures. *Physiol Behav.* 1992; 52:1047–53.
- Lavie N. Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *J Exp Psychol Hum Percept Perform.* 1995; 21:451–68.
- Lavie N. Distracted and confused?: Selective attention under load. *Trends Cogn Sci.* 2005; 9:75–82.
- Liu Y.Y., Takatsuki H., Yoshikoshi A., Wang B.C., Sakanishi A., 2003a. Effects of ultrasound on the growth and vacuolar H<sup>+</sup>-ATPase activity of *Aloe arborescens* callus cells. *Colloids and Surfaces B-Biointerfaces* 32, 105–116.
- Liu Y.Y., Yoshikoshi A., Wang B.C., Sakanishi A., 2003b. Influence of ultrasonic stimulation on the growth and proliferation of *Oryza sativa nipponbare* callus. *Colloids and Surfaces B-Biointerfaces* 27, 287–293.
- López-Ribera, I.; Vicient, C.M. Drought tolerance induced by sound in *Arabidopsis* plants. *Plant Signal. Behav.* 2017, 12.
- Makhotkina O, Pineau B and Kilmartin PA. 2012. Effect of storage temperature on the chemical composition and sensory profile of Sauvignon blanc wines. *Aust. J. Grape Wine Res.* 18:91-99.
- Marshall K, Laing DG, Jinks AL, Hutchinson I. The capacity of humans to identify components in complex odor-taste mixtures. *Chem Senses.* 2006; 31:539–45.
- Martirosyan, V.; Markosyan, L.; Hovhanesyan, H.; Hovnanyan, K.; Ayrapetyan, S. The frequency-dependent effect of extremely low-frequency electromagnetic field and mechanical vibration at infrasound frequency on the growth, division and motility of *Escherichia coli* K-12. *Environmentalist* 2011, 32, 157–165.
- Mishra, R.C.; Ghosh, R.; Bae, H. Plant acoustics: In the search of a sound mechanism for sound signaling in plants. *J. Exp. Bot.* 2016, 67, 4483–4494
- Moore, V. (2012). Hedonism: A wine shop like no other. *The daily telegraph*, September 10th.
- Nagodawithana, T.W.; Steinkraus, K.H. Influence of the rate of ethanol production and accumulation on the viability of *Saccharomyces cerevisiae* in “rapid fermentation”. *Appl. Environ. Microbiol.* 1976, 31, 158–162.
- North, A. C., Hargreaves, D. J., & McKendrick, J. (1997). In-store music affects product choice. *Nature*, 390, 132.
- North, A. C., Hargreaves, D. J., & McKendrick, J. (1999). The influence of in-store music on wine selections. *Journal of Applied Psychology*, 84, 271–276.
- North AC. The effect of background music on the taste of wine. *Br J Psychol.* 2012;103:293–301.
- Ough CS. 1985. Some effects of temperature and SO<sub>2</sub> on wine during simulated transport or storage. *Am. J. Enol. Vitic.* 36:18-22.
- Pacifico, D.; Squartini, A.; Crucitti, D.; Barizza, E.; Schiavo, F.L.; Muresu, R.; Carimi, F.; Zottini, M. The Role of the Endophytic Microbiome in the Grapevine Response to Environmental Triggers. *Front. Plant Sci.* 2019, 10, 1256.

- Paternoster A, Jaskula-Goiris B, de Causmaecker B, Vanlanduit S, Springael J, Braet J, De Rouck G and De Cooman L. 2019. The interaction effect between vibrations and temperature simulating truck transport on the flavor stability of beer. *J. Sci. Food Agric.* 99:2165-2174.
- Perez-Prieto, L.J., Lopez-Roca, J.M., Gomez-Plaza, E., 2003. Differences in major volatile compounds of red wines according to storage length and storage conditions. *Journal of Food Composition and Analysis* 16, 697–705.
- Peynaud, E. (1987). *The taste of wine: the art and science of wine appreciation* (Trans. M. Schuster). London: Macdonald & Co.
- Prakitchaiwattana, C.J.; Fleet, G.H.; Heard, G.M. Application and evaluation of denaturing gradient gel electrophoresis to analyse the yeast ecology of wine grapes. *FEMS Yeast Res.* 2004, 4, 865–877.
- Rapp A and Mandery H. 1986. Wine aroma. *Experientia* 42:873-884.
- Rapp A, Güntert M and Ullemeyer H. 1985. Über Veränderungen der Aromastoffe während der Flaschenlagerung von Weißweinen der Rebsorte Riesling. *Eur Food Res Technol* 180:109-116.
- Rathnayake, R.M.S.P.; Savocchia, S.; Schmidtke, L.M.; Steel, C.C. Characterisation of *Aureobasidium pullulans* isolates from *Vitis vinifera* and potential biocontrol activity for the management of bitter rot of grapes. *Eur. J. Plant Pathol.* 2018, 151, 593–611.
- Rowan, D.D. Volatile metabolites. *Metabolites* 2011, 1, 41–63.
- Sachse-Weinert M. Wine & musik: 2 + 2 = 5 [Wine & music: 2 + 2 = 5]. Vortrag im Rahmen der Ringvorlesung “Weinwissenschaft” an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz im Sommersemester. Presentation given on 4th July, 2012.
- Salomon, M.V.; Bottini, R.; de Souza Filho, G.A.; Cohen, A.C.; Moreno, D.; Gil, M.; Piccoli, P. Bacteria isolated from roots and rhizosphere of *Vitis vinifera* retard water losses; induce abscisic acid accumulation and synthesis of defense-related terpenes in in vitro cultured grapevine. *Physiol. Plant.* 2014, 151, 359–374.
- Sarvaiya, N.; Kothari, V. Effect of audible sound in form of music on microbial growth and production of certain important metabolites. *Microbiology* 2015, 84, 227–235.
- Schöner, M.G.; Schöner, C.R.; Simon, R.; Grafe, T.U.; Puechmaille, S.J.; Ji, L.L.; Kerth, G. Bats are acoustically attracted to mutualistic carnivorous plants. *Curr. Biol.* 2015, 25, 1911–1916.
- Seo HS, Hummel T. Auditory-olfactory integration: congruent or pleasant sounds amplify odor pleasantness. *Chem Senses.* 2010;36:301–9.
- Sherman, A. (2011). Perfect pairings: Programming wine with music. NPR music, November 22nd.
- Shinohara, T., Shimizu, J., Shimazu, Y., 1979. Esterification rates of main organic acids of wines. *Agricultural and Biological Chemistry* 43, 2351–2358.
- Smith BC. Questions of taste: the philosophy of wine. Oxford: Oxford University Press; 2007.
- Smith BC: The emotional impact of a wine and the Provencal rose paradox. Unpublished manuscript, 2009.
- Spence C, Richards L, Kjellin E, Huhnt A-M, Daskal V, Scheybeler A, et al. Looking for crossmodal correspondences between classical music & fine wine. *Flavour.* 2013; 2:29.
- Spence C, Velasco C, Vanne M, Hopia A. Can you taste the music? In: Hopia A, Ihanus S, editors. 5D cookbook. Seinäjoki: KUMURU-project. 2014. p. 73.
- Spence C. Orienting attention: a crossmodal perspective. In: Nobre AC, Kastner S, editors. *The Oxford handbook of attention.* Oxford: Oxford University Press; 2014. p. 446–71.

- Spence, C., Velasco, C., & Knoeferle, K. (2014b). A large sample study on the influence of the multisensory environment on the wine drinking experience. *Flavour*, 3, 8.
- Stahl, G.; Ben Salem, S.N.; Chen, L.; Zhao, B.; Farabaugh, P.J. Translational Accuracy during Exponential, Postdiauxic, and Stationary Growth Phases in *Saccharomyces cerevisiae*. *Eukaryot. Cell* 2004, 3, 331–338.
- Stevenson R.J. The role of attention in flavour perception. *Flavour*. 2012; 1:2.
- Trick H.N., Finer J.J.m, 1997. SAAT: sonication-assisted *Agrobacterium*- mediated transformation. *Transgenic Research* 6, 329–336.
- Tufariello, M.; Fragasso, M.; Pico, J.; Panighel, A.; Castellarin, S.D.; Flamini, R.; Grieco, F. Influence of Non-*Saccharomyces* on Wine Chemistry: A Focus on Aroma-Related Compounds. *Molecules* 2021, 26, 644.
- Van Loon, L.C. Plant responses to plant growth-promoting rhizobacteria. In *New Perspectives and Approaches in Plant. Growth-Promoting Rhizobacteria Research*; Springer: Berlin/ Heidelberg, Germany, 2007; pp. 243–254.
- Verginer, M.; Leitner, E.; Berg, G. Production of volatile metabolites by grape-associated microorganisms. *J. Agric. Food Chem.* 2010, 58, 8344–8350.
- Villas-Boas, S.; Moxley, J.F.; Åkesson, M.; Stephanopoulos, G.; Nielsen, J. High-throughput metabolic state analysis: The missing link in integrated functional genomics of yeasts. *Biochem. J.* 2005, 388, 669–677.
- Wang B.C., Yoshikoshi A, Sakanishi A., 1998. Carrot cell growth in a stimulated ultrasonic environment. *Colloids and Surfaces B-Biointerfaces* 12, 89–95.
- Wang B.C., Chen X., Wang Z., Fu Q.Z., Zhou H., Ran L., 2003a. Biological effect of sound field stimulation on paddy rice seeds. *Colloids and Surfaces B-Biointerfaces* 32, 29–34.
- Wang Q.J., Spence C. Assessing the effect of musical congruency on wine tasting in a live performance setting. *i-Perception*. 2015; 6:1–13.
- Wassermann, B.; Korsten, L.; Berg, G. Plant Health and Sound Vibration: Analyzing Implications of the Microbiome in Grape Wine Leaves. *Pathogens* 2021, 10, 63.
- Wesson DW, Wilson DA. Smelling sounds: olfactory-auditory sensory convergence in the olfactory tubercle. *J Neurosci.* 2010; 30:3013–21.
- Winkielman P, Schwarz N, Fazendeiro T, Reber R. The hedonic marking of processing fluency: implications for evaluative judgment. In: Musch J, Klauer KC, editors. *The psychology of evaluation: Affective processes in cognition and emotion* Mahwah: Lawrence Erlbaum. 2003. p. 189–217.
- Yan KS, Dando R. A crossmodal role for audition in taste perception. *J Exp Psychol Hum Percept Perform.* 2015;41:590–6.
- Zweifel R., Zeugin F., 2008. Ultrasonic acoustic emissions in drought- stressed trees--more than signals from cavitation? *New Phytologist* 179, 1070–1079.