

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI AGRONOMIA ANIMALI ALIMENTI
RISORSE
NATURALI E AMBIENTE

Corso di laurea in Scienze e Tecnologie Alimentari

Distillazione in corrente di vapore e
macerazione idroalcolica di sottoprodotti di
conifere per l'aromatizzazione della grappa

Relatore

Prof. Lorenzo Guerrini

Co-relatrice

Dott.ssa Anna Perbellini

Laureando

Fabio

Pelloso

Matricola n.

2020842

ANNO ACCADEMICO 2023/2024

INDICE

	Pagina
RIASSUNTO	6
ABSTRACT	8
Capitolo 1 - INTRODUZIONE	10
1.1 Estrazione idroalcolica.....	10
1.2 Distillazione in corrente di vapore	11
1.3 L'olio essenziale	12
1.4 La Grappa aromatizzata.....	13
Capitolo 2 - OBIETTIVI	14
Capitolo 3 - MATERIALI E METODI.....	15
3.1 Distillazione in corrente di vapore	15
3.2 Estrazione idroalcolica.....	20
3.2.1 Parametri di macerazione	22
3.2.1.1 Il pH ed ORP.....	22
3.2.1.3 Il colore	23
3.3 Panel test.....	26
Capitolo 4 - RISULTATI.....	32

4.1. Resa di distillazione	32
4.2 Caratterizzazione fisico-chimica.....	33
4.2.1 Analisi del pH.....	34
4.2.2 Analisi del potenziale redox.....	35
4.2.3 Analisi del colore.....	36
4.3 Analisi sensoriale	42
 Capitolo 5 - CONCLUSIONE	 49
 BIBLIOGRAFIA	 52
 SITOGRAFIA.....	 57

RIASSUNTO

La presente tesi si propone di investigare il processo di distillazione in corrente di vapore del cippato di *Pinus mugo* e *Picea abies*, e la successiva estrazione idroalcolica, al fine di aromatizzare la grappa.

Il cippato delle due specie vegetali è stato sottoposto a distillazione in corrente di vapore per l'ottenimento di olio essenziale ed acqua aromatica, impiegati poi per l'aromatizzazione del distillato di interesse. In aggiunta, cippato fresco e cippato esausto post-distillazione sono stati sottoposti separatamente a macerazione idroalcolica.

La soluzione utilizzata è una miscela al 40% in alcol per simulare il tenore alcolico della grappa, alimento obiettivo dell'aromatizzazione.

Durante il processo di macerazione, sono stati monitorati i parametri pH, ORP, colore e °Brix.

Si sono ottenuti, quindi, tre differenti prodotti aromatizzati con olio essenziale o acqua aromatica, cippato fresco e cippato esausto post-distillazione.

In termini di resa in olio essenziale, la distillazione in corrente di vapore ha rilevato notevoli differenze tra le due specie vegetali. In particolare, il cippato di *Pinus mugo* ha generato una resa quantitativamente maggiore (0.036%) rispetto *Picea abies* (0.013%); tale aspetto può rappresentare un limite per l'industrializzazione della produzione di olio essenziale di quest'ultimo.

Infine, è stato possibile valutare le tre tipologie di prodotto finito dal punto di vista sensoriale attraverso test discriminanti, di ordinamento per intensità e per piacevolezza e test di valutazione descrittiva.

Questo studio ha permesso di ottimizzare i processi di distillazione in corrente di vapore e macerazione idroalcolica, al fine di valorizzare i sottoprodotti forestali di *Pinus mugo* e *Picea abies* nell'aromatizzazione della grappa.

ABSTRACT

The present thesis aims to investigate the steam distillation process of chipped *Pinus mugo* and *Picea abies*, followed by hydroalcoholic extraction, to aromatize grappa.

The chipped material from these plant species underwent steam distillation to obtain essential oil and aromatic water, subsequently used for flavoring the targeted distillate.

Additionally, fresh chipped material and post-distillation spent chipped material were separately subjected to hydroalcoholic maceration.

A 40% alcohol solution was used to simulate the alcohol content of grappa, the targeted product for flavoring.

Throughout the maceration process, parameters such as pH, ORP, color, and °Brix were monitored.

As a result, three different flavored products were obtained: one with essential oil, one with aromatic water, and two derived from fresh chipped material and post-distillation spent chipped material.

In terms of essential oil yield, steam distillation revealed significant differences between the two plant species. Specifically, *Pinus mugo* chipped material exhibited a quantitatively higher yield (0.036%) compared to *Picea abies* (0.013%). This aspect could pose a limitation in industrializing the production of essential oil from the latter.

Finally, it was possible to assess the three types of finished products from a sensory standpoint through discriminant tests, intensity and pleasantness ranking, and descriptive evaluation. This study allowed for the optimization of steam distillation and hydroalcoholic maceration

processes to enhance the value of forest by-products of *Pinus mugo* and *Picea abies* in grappa flavoring.

Capitolo 1 - INTRODUZIONE

1.1 Estrazione idroalcolica

Nell'ambito dell'industria alimentare, l'impiego di tecniche estrattive idroalcoliche costituisce un campo cruciale per ottenere composti bioattivi dalle materie prime vegetali. Queste tecniche, basate sull'impiego di solventi idroalcolici, costituiscono un approccio fondamentale per la lisciviazione e concentrazione di molecole di interesse come polifenoli, flavonoidi, terpeni e altri fitochimici a partire da una matrice vegetale.

L'estrazione con solvente è un metodo che permette, ad una data temperatura, di estrarre il soluto da una soluzione con un opportuno solvente, nel quale il soluto è più solubile sulla base del coefficiente di ripartizione.

I fattori principali che esercitano influenza sulla resa e sulla selettività dell'estrazione comprendono: la selezione del solvente, il tempo impiegato, la temperatura, il rapporto tra fase solida e liquida, e le dimensioni delle particelle presenti nel materiale vegetale (Moure et al., 2001).

Affinché la reazione avvenga con successo, i soluti devono essere solubili nel solvente prescelto e perché l'estrazione possa avere inizio, è necessario che il solvente entri in contatto con il prodotto alimentare.

Al termine dell'operazione si avranno dunque:

- Una miscela liquida composta da solvente e soluti di interesse;
- La materia solida privata di alcune componenti ed imbibita di una frazione di solvente più o meno concentrata (Friso, 2018).

Rispetto le tecniche di estrazione solido-liquido convenzionali, tra cui l'estrazione Soxhlet e Randall, l'estrazione con solvente permette di avere un'elevata selettività nella scelta delle sostanze da estrarre, oltre a ridurre la velocità dei processi di degradazione delle sostanze termosensibili, avvenendo a temperatura ambiente.

1.2 Distillazione in corrente di vapore

La distillazione in corrente di vapore rappresenta un importante processo di separazione utilizzato nell'ambito dell'industria alimentare e chimica per la produzione di sostanze chimiche di elevata purezza.

L'utilizzo del vapore acqueo come agente vettore consente di ridurre le temperature coinvolte, mitigando così il rischio di degradazione delle sostanze stesse.

I distillatori impiegati per la distillazione in corrente di vapore possono avere diverse caratteristiche, in relazione a materiale, capienza e morfologia delle varie parti. La conformazione degli strumenti rimane però simile, generalmente sono dotati di: caldaia, condensatore e separatore.

La procedura per una distillazione in corrente di vapore implica la disposizione del materiale vegetale su una griglia perforata all'interno di una caldaia.

Tale configurazione consente al vapore generato dall'acqua riscaldata sottostante di estrarre sia i principi attivi idrosolubili che quelli liposolubili dalla materia solida.

Il vapore risultante raggiunge successivamente un sistema di condensazione dove avviene il raffreddamento e il prodotto condensato viene raccolto in un contenitore noto come bottiglia fiorentina.

L'essenza ottenuta si separa poi dall'idrolato essendo nella maggior parte dei casi di natura più leggera e va ad occupare la parte superiore del recipiente. Questa separazione agevola il recupero dell'olio essenziale attraverso l'utilizzo di un imbuto separatore.

1.3 L'olio essenziale

Da un punto di vista chimico gli oli essenziali si configurano come miscele di frazioni, prevalentemente costituite da terpeni caratterizzati da differenti gradi di volatilità, e da metaboliti vegetali secondari lipofili e altamente volatili.

I composti terpenici, responsabili di aromi distintivi, solitamente presentano densità inferiore a quella dell'acqua e manifestano colorazioni peculiari specifiche di ciascuna specie vegetale, variabili sia nell'intensità che nella tonalità.

Altre sostanze aromatizzanti e distillabili sono: cumarine, antrachinoni ed alcaloidi (Rezzoug, 2009).

Un'analisi della composizione chimica dell'olio ottenuto permetterà di comprendere al meglio le proprietà aromatiche e funzionali di questo estratto. Tale approccio analitico consentirà di valutare una panoramica completa delle sue proprietà chimiche e delle sue potenziali applicazioni nel settore.

1.4 La Grappa aromatizzata

L'uso di conifere come agente per l'aromatizzazione della grappa è una pratica tradizionale delle popolazioni alpine italiane.

Tale pratica però, è limitata a specifici organi della pianta, come strobili ed aghi, i quali sono sottoposti ad un processo di macerazione all'interno del distillato stesso.

La denominazione "Grappa" è riservata all'acquavite di vinaccia derivante da vinacce di uve coltivate e vinificate in Italia, con il processo di distillazione e trattamento condotto in impianti ubicati nel territorio nazionale.

Appartenendo alla categoria delle bevande spiritose, la grappa deve essere conforme a parametri specifici, quali un tenore di alcole metilico non superiore a 1000g/hl di alcole a 100% in volume ed un titolo alcolometrico volumico minimo pari a 37,5% in volume.

La Grappa Aromatica è ottenuta da vitigni a bacca aromatica come Moscato, Traminer o l'uva Fragola, i quali sono caratterizzati da particolari elementi aromatici noti come terpeni che vengono incorporati al distillato durante il processo di distillazione.

La Grappa Aromatizzata, invece, è una Grappa Giovane nella quale sostanze officinali quali la ruta, il mirtillo, la liquirizia, il miele, ecc., sono sottoposte ad un periodo di infusione di alcuni mesi. Queste sostanze conferiscono alla grappa non solo un bouquet aromatico specifico, ma anche una colorazione particolare (Disciplinare, 2016).

Capitolo 2 - OBIETTIVI

La presente tesi si propone di investigare il processo di estrazione idroalcolica di sostanze aromatiche dall'olio essenziale di *Pinus mugo* e *Picea abies*, e la rispettiva influenza sulla percezione gustativa ed olfattiva della grappa.

Capitolo 3 - MATERIALI E METODI

La sperimentazione ha avuto luogo all'interno del laboratorio in Azienda Agraria Sperimentale Lucio Toniolo di Legnaro, localizzata nella sede universitaria del Campus di Agripolis (PD), nel periodo compreso tra il 28 dicembre 2023 ed il 18 gennaio 2024.

Le materie prime usate nella prova sono il cippato di *Pinus mugo* e *Picea abies*, fornito dall'azienda Magnifica Essenza sita a Cavalese in via Pillocco, 4, (TN).

Il cippato delle due matrici vegetali è stato ottenuto a partire da tronchi e ramaglie per mezzo di una cippatrice.

Considerato uno scarto naturale con proprietà combustive, viene normalmente inserito nella produzione di bioenergia.

Le dimensioni delle scaglie sono variabili, in generale si attestano in una lunghezza di 30 mm e larghezza di 20 mm per uno spessore di 1 mm nel caso del *Picea abies*, e una lunghezza di 20 mm, larghezza di 10 mm per uno spessore di 1 mm nel caso del *Pinus mugo*.

3.1 Distillazione in corrente di vapore

La distillazione in corrente di vapore è stata eseguita utilizzando una strumentazione composta da: una caldaia dal volume di 20 L, una piastra forata, un condensatore ed un separatore dove l'olio essenziale e l'idrolato vengono accumulati (Figura 3.2).

Inoltre, il distillatore impiegato dispone di un collegamento dalla base del separatore alla parte superiore della caldaia affinché l'acqua

aromatica, una volta separata dall'essenza, venga riutilizzata come agente vettore (Albrigi Luigi srl, Verona, Italia).

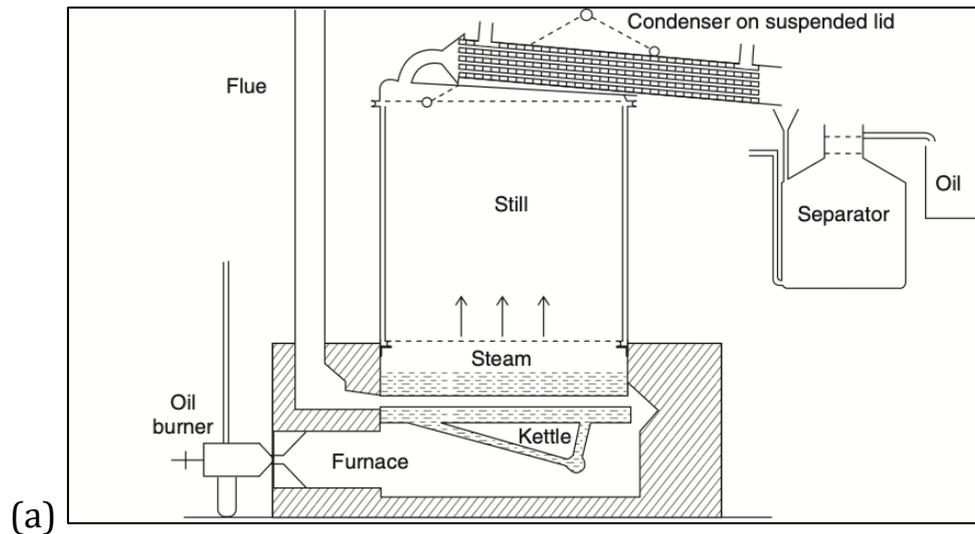


Figura 3.2 Schema di funzionamento del distillatore in corrente di vapore (a) (Denny,2002) e distillatore utilizzato durante la prova (b).

La prova è cominciata con l'aggiunta di 1 litro d'acqua nella caldaia e la misurazione della temperatura. È di fondamentale importanza evitare che l'acqua superi la piastra forata per prevenire l'umidificazione del materiale, compromettendo così il processo di distillazione.

Successivamente, il cippato viene posizionato sulla griglia perforata e compresso dalla circonferenza verso il centro della caldaia.

Il volume di materiale ideale deve lasciare uno spazio d'aria sufficiente per la misurazione della temperatura con il termometro e al contempo non sovraccaricare il sistema (UNIMONT - Università degli Studi di Milano sede di Edolo, 2021).

Nel caso del *Pinus mugo*, vengono posizionati 5 kg di cippato.

Una volta montato il coperchio, sono state collegate le vie di carico e scarico dell'acqua per il raffreddamento rispettivamente alla parte inferiore del separatore e alla parte superiore del condensatore.

Successivamente, la piastra elettrica è stata accesa alla potenza massima, pari a 2000 W.

Quando la temperatura interna alla caldaia ha raggiunto i 40°C, è stato avviato il raffreddamento ad acqua collegato al condensatore. L'attesa per raggiungere la temperatura desiderata varia in base alla temperatura ambiente, che in questo caso è di 17°C. La temperatura dell'acqua in entrata è stata di 18°C. Dopo 3 minuti e con la temperatura interna della caldaia a 90°C, la prima goccia di miscela olio essenziale-idrolato è stata raccolta nel separatore, rappresentando l'inizio della distillazione.

La temperatura media dell'acqua in uscita ottimale è di 17,4°C, con oscillazioni dovute all'aumento della temperatura interna della caldaia

durante il riscaldamento e al conseguente aumento del flusso di vapore da raffreddare.

La portata d'acqua risultata necessaria per mantenere la temperatura costante è di 0,57 L/min, con variazioni durante la prova.

La caldaia ha raggiunto i 99°C dopo 7 minuti dall'inizio del raffreddamento.

La quantità totale di refrigerante utilizzata nelle tre repliche è di 253,76 L, con una durata complessiva delle prove di 139 minuti.

Lo spegnimento della piastra è avvenuto mediamente un'ora e 15 minuti dopo l'accensione.

I risultati della resa in olio di *Pinus mugo* relazionata al tempo della prova sono riportati in Tabella 4.1, evidenziando una resa inizialmente maggiore, seguita da una costanza che indica il momento opportuno per interrompere la distillazione.



Figura 3.3 Olio essenziale di Pinus mugo separato dall'idrolato.

Per quanto riguarda *Picea abies*, una volta versato il litro di acqua nella caldaia, è stata posizionata una massa di cippato di 4 Kg. La quantità differisce rispetto alla controprova a causa del peso maggiore *del Pinus mugo* in rapporto al volume, che corrisponde ad una densità maggiore. Durante l'estrazione idroalcolica, la differenza di peso è evidente poiché il cippato di *Picea abies* tende a galleggiare nella soluzione.

Anche in questo caso, la piastra è stata impostata alla potenza pari a 2000 W, come nel caso precedente. Raggiunta la temperatura interna alla caldaia di 40°C, è stato attivato il sistema di raffreddamento e la prima goccia è caduta dopo 25 minuti dall'accensione. La temperatura dell'acqua versata nel distillatore inizialmente e quella dell'acqua di raffreddamento è stata la medesima, ossia 16,7°C.

Dopo 5 minuti, è stata estratta la prima goccia di miscela olio essenziale-idrolato con una temperatura interna alla caldaia di 88°C.

La temperatura media dell'acqua in uscita dal sistema di raffreddamento è stata mantenuta a 17,2°C. La portata d'acqua necessaria per mantenere la temperatura costante è stata di 0,53 L/min. La temperatura interna alla caldaia ha raggiunto i 99°C dopo 10 minuti dall'inizio del raffreddamento. La quantità d'acqua utilizzata per il raffreddamento è stata di 253,88 L.

Lo spegnimento della piastra di media è avvenuto dopo un'ora dall'accensione, momento dedotto a seguito di un periodo di costanza nella resa.

I parametri medi della distillazione delle due matrici vegetali sono riportati in Tabella 3.1.

Tabella 3.1 Parametri medi distillazione *Pinus mugo* e *Picea abies*.

	T _{acqua in} (°C)	T _{acqua out} (°C)	Portata acqua (L/min)	T _{caldaia} (°C)	Resa OE (g/ml)	Durata media condensazione (min)
<i>Pinus mugo</i>	17.7	17.4	0.57	13.67	1.8	46.3
<i>Picea abies</i>	16.7	17.2	1.98	14.6	0.5	42.6

La resa percentuale media (μ OE) è stata calcolata come quantità di olio essenziale medio estratto MOE_{medio} (gr) e la massa della materia prima iniziale $M_{cippato}$ (gr), da cui:

$$(Eq. 1) \quad \mu OE = \frac{MOE_{medio}}{M_{cippato}} * 100\%$$

Dove

MOE_{medio} = massa di olio essenziale medio estratto, gr

$M_{cippato}$ = massa cippato iniziale, gr

Le due masse sono state misurate attraverso una bilancia digitale.

3.2 Estrazione idroalcolica

Le sostanze di interesse sono state separate dal cippato attraverso un solvente liquido, consistente in una soluzione al 40% di alcol.

La quantità di cippato fresco ed esausto post-distillazione usata è stata di 60 gr per 600 ml di soluzione idroalcolica per ogni campione per una durata in macerazione di 33 giorni.

La materia vegetale, assieme alla soluzione, è stata disposta all'interno di bottiglie di vetro; quelle che contenevano cippato fresco sono state identificate con le sigle PF1, PF2, PF3 per il *Pinus mugo* e AF1, AF2, AF3 per il *Picea abies*, mentre quelle con all'interno il cippato esausto post-distillazione, rispettivamente PE1, PE2, PE3, ed AE1, AE2, AE3.

Il tutto è stato conservato al riparo dalla luce e a temperatura ambiente. Al termine del periodo di macerazione, la soluzione è stata filtrata mediante filtri di carta dotati di pori di 67 g/m².



Figura 3.4 Cippato di *Pinus mugo* e *Picea abies* durante la macerazione in soluzione idroalcolica.

3.2.1 Parametri di macerazione

Durante il processo di macerazione, durato 33 giorni, sono stati monitorati i parametri pH, ORP e CIELab*.

Poiché non è stata osservata alcuna variazione significativa nel tempo di pH ed ORP, questi parametri sono stati considerati rappresentativi delle grappe finali.

È stata eseguita un'ANOVA a due vie su tali valori definendoli variabili dipendenti, differenziati in relazione alle variabili indipendenti "tipo di pianta", se *Pinus mugo* o *Picea abies* e "condizione", se cippato fresco o esausto.

La variazione dei parametri del colore è stata analizzata in funzione del tempo. La cinetica di estrazione è stata modellata applicando funzioni lineari ed esponenziali: i parametri Hue, L* ed a* hanno seguito un modello lineare, mentre Chroma, Δe e b* sono stati rappresentati con un modello esponenziale.

3.2.1.1 Il pH ed ORP

Il pH e potenziale redox sono stati misurati attraverso un PC7 VioLab XS PC 7 Vio.

La sonda, costituita da un elettrodo a vetro, è stata inserita nel campione liquido di ciascuna prova in modo da misurarne il pH. In particolare, viene misurata la differenza di potenziale elettrico tra i due lati di una membrana di vetro sottile collocata all'estremità dell'elettrodo. Tale differenza è legata alle diverse concentrazioni di ioni idrogeno disciolte in soluzione acquosa.

Per la misurazione del potenziale redox (ORP) è stato usato il medesimo elettrodo, a differenza che le sostanze all'interno del campione sono state quantificate come ossidanti o riducenti, anziché in base alla presenza di protoni.

3.2.1.3 Il colore

Il colore è una percezione visiva risultante dalla luce di diverse lunghezze d'onda che colpisce i fotorecettori nella retina dell'occhio umano. Il colore è quindi un'interpretazione del cervello basata sulle informazioni ricevute dai recettori della vista. Questi sono particolarmente sensibili a determinate lunghezze d'onda della luce, i cui valori si trovano nell'intervallo tra 360 e 720 nm.

Il colore è stato analizzato con un analizzatore enzimatico DNAPhone basato sul metodo CIELab che si basa sulla rappresentazione del colore che più di tutte si avvicina alla percezione sensoriale dei colori che l'uomo ha.

In questa tecnica viene utilizzato un colorimetro Tristimolo e viene usato tutto lo spettro del visibile, cioè tutte le lunghezze d'onda che l'uomo è in grado di vedere.

Le 5 grandezze misurate sono:

- Luminosità L che quantifica la luce che una superficie appare riflettere. Rappresenta quanto un colore è chiaro rispetto al bianco ($L=100$) e al nero ($L=0$);
- a^* che indica la componente rosso ($a>0$) o verde ($a<0$) del colore;
- b^* che indica la componente di giallo ($b>0$) o blu ($b<0$) del colore;

- Tonalità Hue che è misurata da un angolo intorno all'asse verticale dove si ha il rosso a 0°, il verde a 120° e il blu a 240° (Admin, 2014);
- Chroma che è la distanza dei punti dal centro del grafico, identificata dai cerchi concentrici a cromaticità 20, 40, 60, eccetera (DNA Phone, 2020). Tale parametro è stato calcolato per ciascun campione tenendo conto dei parametri a^* e b^* (Eq. 2) (CIE, 1995).

$$(Eq. 2) \quad Chroma = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Queste cinque grandezze permettono di rappresentare il colore in un grafico tridimensionale, una sorta di sfera, dove la Luminosità è l'asse verticale, mentre a^* e b^* identificano il piano perpendicolare ad L (Figura 3.6).

Separatamente è stato calcolato Δe che è utilizzato per esprimere la differenza di colore tra due campioni, più il valore è basso e maggiore è la somiglianza tra i colori.

Si ricava dalla formula:

$$(Eq. 3) \quad \Delta e = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

Dove

ΔL rappresenta lo scostamento della luminosità sull'asse L;

Δa rappresenta lo scostamento rosso-verde sull'asse a;

Δb rappresenta lo scostamento giallo-blu sull'asse b.

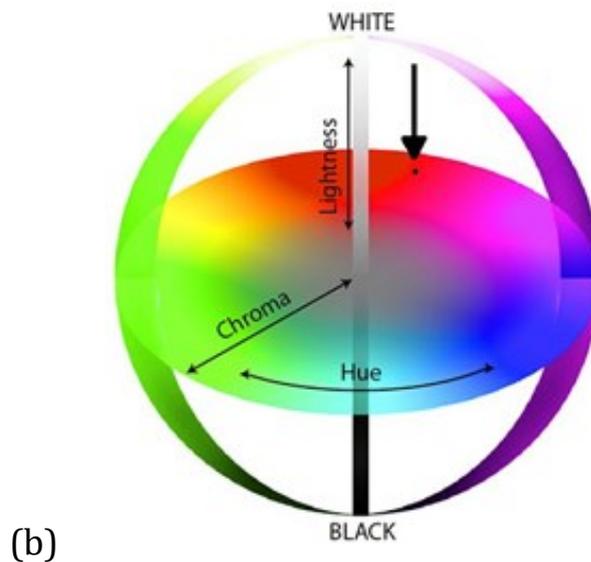
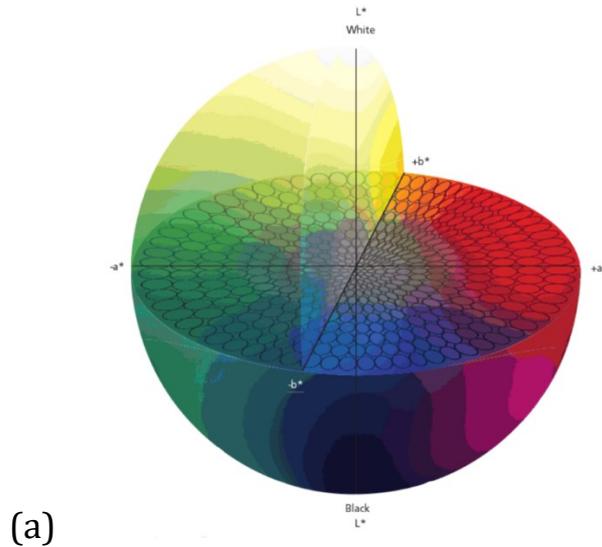


Figura 3.6 Solido dei colori per lo spazio $L^*a^*b^*$ (a) e coordinate colorimetriche CIE Lab (b) (DNA Phone, 2020).

Per l'analisi colorimetrica è stato utilizzato uno spettrofotometro in grado di operare con le lunghezze d'onda del visibile, ossia da 380 nm a 780 nm.

Durante la prova sono state usate cuvette con un cammino ottico di 1 cm.

Una volta acquisito lo spettro di assorbimento del campione, sono stati calcolati i parametri CIE Lab per l'analisi cromatica.

Si ha la necessità di misurare il colore perché oltre ad influenzare la percezione visiva del consumatore, è un parametro definito da disciplinare.

Inoltre, è indispensabile per la standardizzazione della produzione a livello industriale.

3.3 Panel test

Si prevede di confrontare i risultati ottenuti attraverso una valutazione sensoriale del prodotto finito mediante un panel test composto da partecipanti di differenti fasce d'età e sesso, in un numero di 24 per il test triangolare A e 27 per il test triangolare B ed il test descrittivo.

Tale fase assume un ruolo di fondamentale importanza poiché consente di condurre una valutazione sensoriale approfondita dell'alimento, contribuendo così alla valutazione merceologica della grappa aromatizzata.

Il panel test è stato eseguito all'interno del dipartimento TESAF della sede Agripolis dell'Università di Padova nei giorni 16-17-18 gennaio 2024.

I candidati sono stati addestrati anticipatamente alla prova e la lezione ha permesso ai pannellisti di acquisire familiarità con le componenti aromatiche poiché includevano esercizi di riconoscimento di odori e di assaggio di campioni a loro sconosciuti.

In particolare, per l'addestramento sono stati usati degli standard, quali: caffeina per il sapore amaro, saccarosio per il dolce e per l'astringenza l'allume di potassio.

Essendo allo stato solido, sono stati disciolti in acqua secondo le proporzioni riportate in Figura 3.7.

La quantità necessaria da disciogliere in acqua di allume di potassio è stata di 10 g/L (Breslin et al., 1993).

Property	Material	Concentration (g/L)
<i>Taste^a</i>		
Sour	Citric acid	0.43
Bitter	Caffeine	0.195
Salt	Sodium chloride	1.19
Sweet	Sucrose	5.76
Umami	Monosodium glutamate	0.595
Metallic	Iron(II) sulfate heptahydrate	0.00475
<i>Orthonasal aroma^b</i>		
Fresh lemon	Citral	0.01
Rose	Geraniol	0.01
Grass, green	Cis-3-hexen-1-ol	0.05
Almond	Benzaldehyde	0.05
Strawberry, banana	Ethyl butanoate	0.005
Rancid, cheesy	Butyric acid	0.01
Cloves	Eugenol	0.005
Mashed potato, grilled meat	Methional	0.01

^aFrom ISO 3972:1991.

^bFrom ISO 5496:1992.

Figura 3.7 Esempi di campioni e concentrazioni utilizzate per la determinazione dei livelli di riconoscimento per le componenti di sapore e aroma (Kemp, 2013).

I partecipanti al panel sono stati convocati in più turni ed ognuno ha impiegato un massimo di 30 minuti per completare la degustazione.

Al candidato sono state proposte domande a risposta multipla e nelle risposte apparivano i codici legati ad un determinato campione (Tab. 3.2), leggibili anche al lato del bicchiere.

I risultati dei test sono stati raccolti in forma anonima mediante un modulo unico digitale e successivamente aggregati in una tabella riassuntiva.

Nel panel test è stata valutata la soluzione idroalcolica con: solo olio/idrolato con olio, con cippato fresco macerato e con cippato esausto.

In particolare, il test è stato suddiviso in due parti:

- Test discriminante per valutare se esista una differenza sensoriale percettibile tra i prodotti delle tre serie;
- Test descrittivo con l'obiettivo di ottenere una valutazione merceologica del prodotto dal punto di vista gustativo ed olfattivo (scala Liker); con successivo test sulla piacevolezza.

L'esame gustativo è caratterizzato da una prima percezione della componente alcolica, seguita dal dolce, dall'amaro, dall'acido e dalle sensazioni tattili.

Il completamento dell'analisi avviene inspirando aria e percependo, quindi, le sensazioni retro-olfattive che si avvertono tramite la mucosa olfattiva.

L'esame olfattivo avviene sulla base delle sensazioni generate dagli elementi volatili contenuti nella grappa (Bonollo, 2023).

Per le due prove è stata utilizzata una quantità di 2 ml di campione contenuta in bicchieri dal volume di 29 mL di colore nero per non influenzare l'impatto visivo.

Durante il test discriminante il candidato ha valutato 3 serie composte da 3 campioni di cui 2 uguali.

Nel caso del *Pinus mugo* (Test triangolare A) le serie sono state composte da:

- Serie 1: 2 campioni di cippato fresco (107-806) ed uno di cippato esausto (596);

- Serie 2: due campioni di cippato esausto (369-475) ed uno con olio essenziale (694);
- Serie 3: due campioni con olio essenziale (997-472) ed uno di cippato fresco (251).

Nel caso di *Picea abies*, (test triangolare B), le serie sono state suddivise in:

- Serie 1: 2 campioni con cippato fresco (278-244) ed uno di cippato esausto (600);
- Serie 2: due campioni di cippato esausto (374-700) ed uno con idrolato ed olio essenziale (240);
- Serie 3: due campioni con idrolato ed olio essenziale (591-860) ed uno di cippato fresco di *Picea abies* (198).

È stata usata una miscela di idrolato ed olio essenziale per l'impossibilità di separarli in modo ottimale a causa della scarsa quantità di estratto.

Tabella 3.2 Layout sperimentale del test triangolare dei campioni aromatizzati con *Pinus mugo* e *Picea abies*.

TEST TRIANGOLARE A			
Serie	Specie vegetale	Formato	Codice
1	<i>Pinus mugo</i>	Cippato fresco	107
	<i>Pinus mugo</i>	Cippato fresco	806
	<i>Pinus mugo</i>	Cippato esausto	596
2	<i>Pinus mugo</i>	Cippato esausto	369
	<i>Pinus mugo</i>	Cippato esausto	475
	<i>Pinus mugo</i>	Olio essenziale	694
3	<i>Pinus mugo</i>	Olio essenziale	997
	<i>Pinus mugo</i>	Olio essenziale	472
	<i>Pinus mugo</i>	Cippato fresco	251
TEST TRIANGOLARE B			
1	<i>Picea abies</i>	Cippato fresco	278
	<i>Picea abies</i>	Cippato fresco	244
	<i>Picea abies</i>	Cippato esausto	600
2	<i>Picea abies</i>	Cippato esausto	374
	<i>Picea abies</i>	Cippato esausto	700
	<i>Picea abies</i>	Idrolato-olio essenziale	240
3	<i>Picea abies</i>	Idrolato-olio essenziale	591
	<i>Picea abies</i>	Idrolato-olio essenziale	860
	<i>Picea abies</i>	Cippato fresco	198



Figura 3.8 Test trinagolare.

Nella seconda parte di test, i partecipanti sono stati sottoposti ad un'analisi descrittiva di 6 campioni diversi, individuati dai codici 325, 883, 186 per il *Picea abies* e 369, 992, 467 per il *Pinus mugo*. In questa fase è stata data una valutazione dal punto di vista olfattivo del sentore legnoso e balsamico, e dal punto di vista gustativo dell'astringenza, amaro e dolce; in scala da 0 (assente) a 8 (molto forte).

Un'analisi della varianza ed un test HSD hanno permesso di provare differenze significative tra i campioni in relazione a due variabili: il tipo di pianta e la condizione del cippato.

Infine, è stata eseguita una valutazione per campione sulla piacevolezza nel complessivo, con una scala da 1 (non mi piace) a 4 (mi piace tantissimo).

Capitolo 4 - RISULTATI

4.1. Resa di distillazione

Per l'olio essenziale di *Pinus mugo*, la maggior resa in estrazione si verifica nei primi 20 minuti del processo con una quantità che si appresta ad essere su 1,3 mL; dopodiché rimane pressoché costante con una variabilità di 0,3 mL (Figura 4.1).

Nel caso del *Picea abies*, non è stato possibile registrare la massa durante il processo a causa della poca resa.

Dai risultati quantitativi, si deduce che la resa di olio essenziale a partire dal cippato di *Picea abies* è di tre volte inferiore a quella prodotta con cippato di *Pinus mugo*.

Per tale motivo, a livello industriale può essere preferita la matrice che garantisce una maggior resa, ossia l'uso del *Pinus mugo*, nonostante il tempo di distillazione leggermente maggiore.

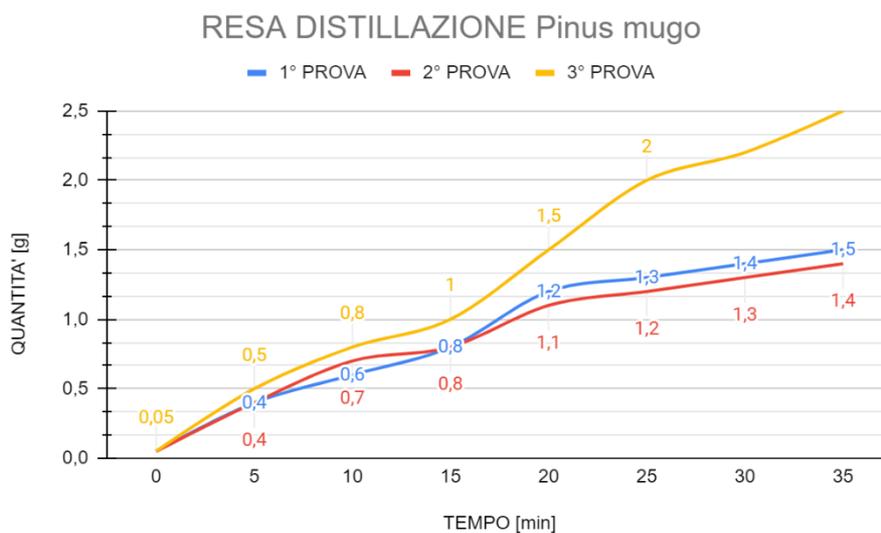


Figura 4.1 Resa della distillazione in corrente di vapore del cippato di *Pinus mugo*.

In Tabella 4.1 sono riportati i valori in resa di olio essenziale prodotti a partire dal cippato di *Pinus mugo* e *Picea abies*, i cui valori percentuali sono stati calcolati con l'Equazione 1.

Tabella 4.1 Resa quantitativa in olio essenziale per *Pinus mugo* e *Picea abies* nelle tre repliche di distillazione.

Materiale	<i>Pinus mugo</i>		<i>Picea abies</i>	
Unità di misura	mL	%	mL	%
1° prova	1,5	0,030	0,5	0,013
2° prova	1,4	0,028	0,5	0,013
3° prova	2,5	0,050	0,5	0,013
Totale	5,4	0,108	1,5	0,039
Media	1,8	0,040	0,5	0,010

4.2 Caratterizzazione fisico-chimica

Dalle misurazioni di pH ed ORP effettuate durante tutto il periodo di macerazione non sono risultate variazioni significative, di conseguenza sono stati considerati solo i valori ottenuti dall'ultima misurazione del prodotto finito.

In generale, le grappe ottenute sono risultate significativamente diverse in base alla pianta usata per l'aromatizzazione.

4.2.1 Analisi del pH

I campioni derivati da cippato di *Picea abies*, sia fresco che esausto, hanno evidenziato valori di pH simili, rispettivamente di $7,15 \pm 0,06$ e $7,12 \pm 0,11$. Diversamente, le grappe aromatizzate al *Pinus mugo* hanno mostrato variazioni significative tra il materiale fresco e quello esausto, con valori di pH di $6,02 \pm 0,16$ e $5,51 \pm 0,04$. Considerando le due specie, *Picea abies* ha registrato un pH vicino alla neutralità, mentre il *Pinus mugo* ha presentato risultati più acidi (Fig. 4.2).

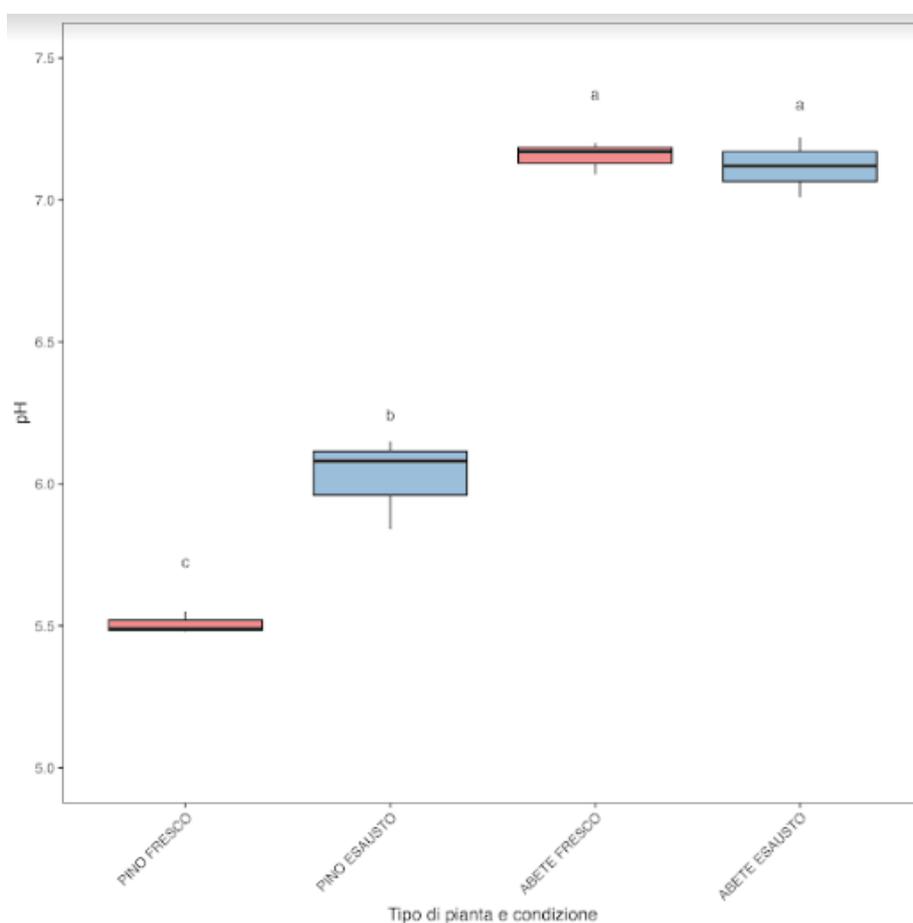


Figura 4.2 pH durante il periodo di macerazione.

4.2.2 Analisi del potenziale redox

Il potenziale di ossidoriduzione (ORP) ha distinto in modo significativo le grappe aromatizzate con il cippato fresco ed esausto post-distillazione di *Pinus mugo*.

In particolare, questi campioni hanno ottenuto valori di ORP pari a $72,67 \pm 2,52$ per i primi e $44,67 \pm 8,96$ per gli ultimi.

D'altra parte, le grappe prodotte dalla macerazione di *Picea abies*, sia con materiale fresco che esausto, non hanno mostrato differenze significative nei valori, che sono stati rispettivamente di $-17,67 \pm 4,73$ e $-19,33 \pm 2,31$ alla fine del periodo di estrazione.

Le grappe a base di *Picea abies* hanno riportato valori di ORP negativi che potrebbero essere correlate alle proprietà antiossidanti del legno stesso. Le grappe aromatizzate al *Pinus mugo*, invece, hanno mostrato valori di ORP significativamente diversi in base allo stato del materiale di partenza.

I campioni ottenuti dal cippato di *Pinus mugo* fresco hanno presentato valori di ORP più alti, mentre quelli ottenuti da cippato esausto hanno mostrato valori di ORP inferiori, suggerendo una maggiore capacità antiossidante.

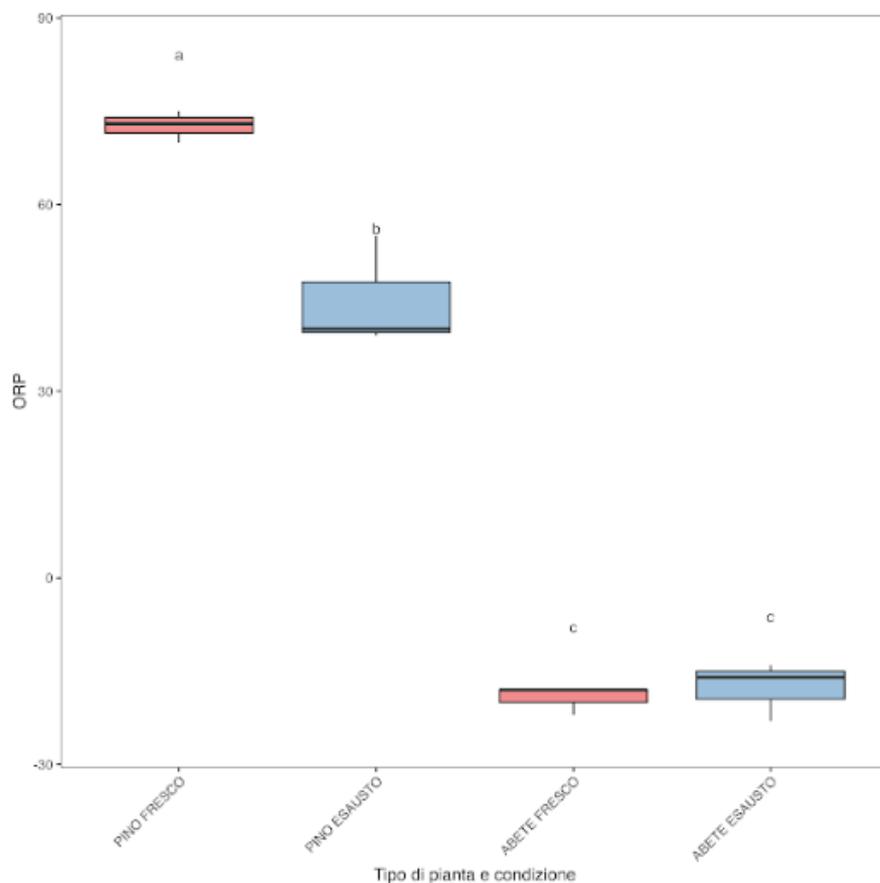


Figura 4.3 Potenziale redox durante la macerazione.

4.2.3 Analisi del colore

Le cinetiche di estrazione hanno evidenziato risultati significativi riguardo ai parametri di colore CIEL*a*b*. Analizzando la struttura dei dati, l'andamento temporale di tali parametri è stato descritto mediante funzioni di tipo logaritmico o lineare. I parametri Hue, L* ed a* sono stati descritti da un modello lineare, mentre Chroma, b* e ΔE hanno seguito un modello esponenziale.

Queste analisi hanno permesso di definire le cinetiche di estrazione, rivelando differenze significative in relazione sia alla velocità di estrazione sia alla capacità di estrazione tra le grappe ottenute da *Pinus mugo* e *Picea abies*.

Nei modelli lineari, il coefficiente angolare b^* rappresenta l'inclinazione della retta, corrispondente alla costante della capacità di estrazione, mentre il termine a^* identifica l'intercetta, associata alla costante di velocità dell'estrazione.

Nei modelli esponenziali, invece, il parametro a^* indica l'asintoto, che descrive la capacità di estrazione, e b^* si riferisce alla pendenza, che rappresenta il tasso di crescita dell'estrazione.

L'analisi della varianza ha rivelato differenze statisticamente significative in relazione alle variabili "tipo di pianta" (*Pinus mugo* e *Picea abies*) e "condizione" (cippato di legno fresco o esausto post-distillazione).

Analisi della luminosità L^*

Durante il processo di macerazione, i valori di L^* (Fig. 4.4a) hanno mostrato una diminuzione progressiva, seguendo un modello lineare. Le analisi hanno evidenziato differenze significative nel coefficiente angolare in funzione del tipo di pianta e dell'interazione con le condizioni del materiale iniziale. I campioni con *Pinus mugo* hanno mantenuto valori di L^* più bassi lungo tutto il periodo di macerazione, mentre quelli con *Picea abies* hanno mostrato valori di luminosità superiori. Analizzando le singole specie, si osserva che il cippato fresco e quello esausto post-distillazione hanno comportamenti distinti: per il *Pinus mugo*, le prove con materiale esausto hanno mostrato una maggiore luminosità rispetto a quello fresco, mentre per *Picea abies* la situazione si inverte.

Analisi di a

La variazione di a^* nel tempo ha rivelato differenze altamente significative in funzione del tipo di pianta, con riferimento alla costante del tasso di estrazione. Come illustrato nella Fig. 4.4b, le grappe aromatizzate al *Pinus mugo* hanno mostrato valori di a^* negativi rispetto a quelle aromatizzate con *Picea abies* che sono risultate di segno positivo. Mentre il *Pinus mugo* ha conferito alle grappe tonalità più fredde ($a < 0$), la macerazione di *Picea abies* ha portato a colori tendenti al rosso ($a > 0$).

Analisi di b

Il modello esponenziale relativo a b^* ha mostrato un'elevata significatività per quanto riguarda la pendenza, in funzione del tipo di pianta. In particolare, nel caso del *Pinus mugo* nelle prime 200 ore si può notare un aumento significativo del parametro (Fig. 4.4c), il quale corrisponde ad un maggior rilascio di sostanze coloranti ed un viraggio del colore verso il giallo ($b > 0$).

Dopo tale periodo, i valori raggiungono un plateau che si riflette su una stabilizzazione della capacità estrattiva del solvente grappa.

Analisi del ΔE

La variazione del parametro ΔE in funzione del tempo ha evidenziato una crescita di tipo esponenziale, con una pendenza significativa associata al tipo di pianta ($p = 0,01$), alla condizione del materiale

iniziale e all'interazione tra i fattori ($p = 0,001$). Questo modello ha indicato che la differenza cromatica è aumentata progressivamente nel tempo, con differenze significative tra *Pinus mugo* e *Picea abies*, cippato fresco ed esausto post-distillazione, oltre che tra tutte le combinazioni di questi fattori. Come illustrato nella Fig. 4.4d, la variazione di ΔE è cresciuta rapidamente nelle prime 200 ore, per poi stabilizzarsi su valori costanti che rappresentano la capacità di estrazione descritta dall'asintoto. In particolare, il grafico mostra che la velocità di estrazione del cippato fresco di *Picea abies* ha inizialmente registrato un incremento più significativo, mentre negli altri campioni la velocità di estrazione è risultata inferiore. Non sono emerse, tuttavia, differenze significative per quanto riguarda la capacità di estrazione.

Analisi della tonalità Hue

Il modello ottenuto applicando una funzione lineare alla variazione di Hue nel tempo (Fig. 4.4e) suggerisce che gran parte dell'estrazione cromatica si sia verificata nel momento immediatamente successivo al contatto tra il legno e il solvente. Questo fenomeno indica una rapida variazione del colore, con valori di Hue attorno a 90, confermando così una predominanza di tonalità gialle nei campioni (Scalisi et al. 2021; Scalisi et al. 2022).

Analisi del chroma

I modelli esponenziali relativi a chroma e b^* hanno mostrato un'elevata significatività per quanto riguarda la pendenza, in funzione del tipo di pianta. Il calcolo di chroma, eseguito tramite l'Eq. 2, ha prodotto risultati simili ai valori di b^* . Dal momento che i valori di a^* sono risultati generalmente prossimi allo zero, essi non hanno influenzato in modo significativo le variazioni di chroma.

Alla luce di questi risultati, sono emerse differenze significative in termini di tasso di crescita dell'estrazione tra i campioni di *Pinus mugo* e *Picea abies*. Le grappe derivanti da *Pinus mugo* si sono distinte per un tasso di estrazione più elevato, evidenziato dalla maggiore pendenza della curva (Fig. 4.4f). Nelle prime 200 ore di macerazione, il cippato di *Pinus mugo* ha mostrato tassi di estrazione superiori, con i campioni contenenti cippato fresco che presentavano la pendenza più marcata. Ciò suggerisce che le grappe di *Pinus mugo* abbiano mostrato un incremento più rapido nella saturazione (chroma) ed una transizione più rapida verso tonalità più gialle ($+b^*$). Va comunque sottolineato che le grappe ottenute dai trucioli di *Picea abies* hanno mostrato una notevole variabilità tra i replicati.

In conclusione, i parametri chroma, b^* e ΔE sono stati efficacemente modellati attraverso una funzione esponenziale, dimostrando di essere i più rappresentativi per descrivere le caratteristiche cromatiche delle grappe aromatizzate. Al contrario, i valori di Hue, L^* e a^* hanno mostrato variazioni più limitate durante la macerazione, risultando meno associati alle caratteristiche cromatiche delle grappe.

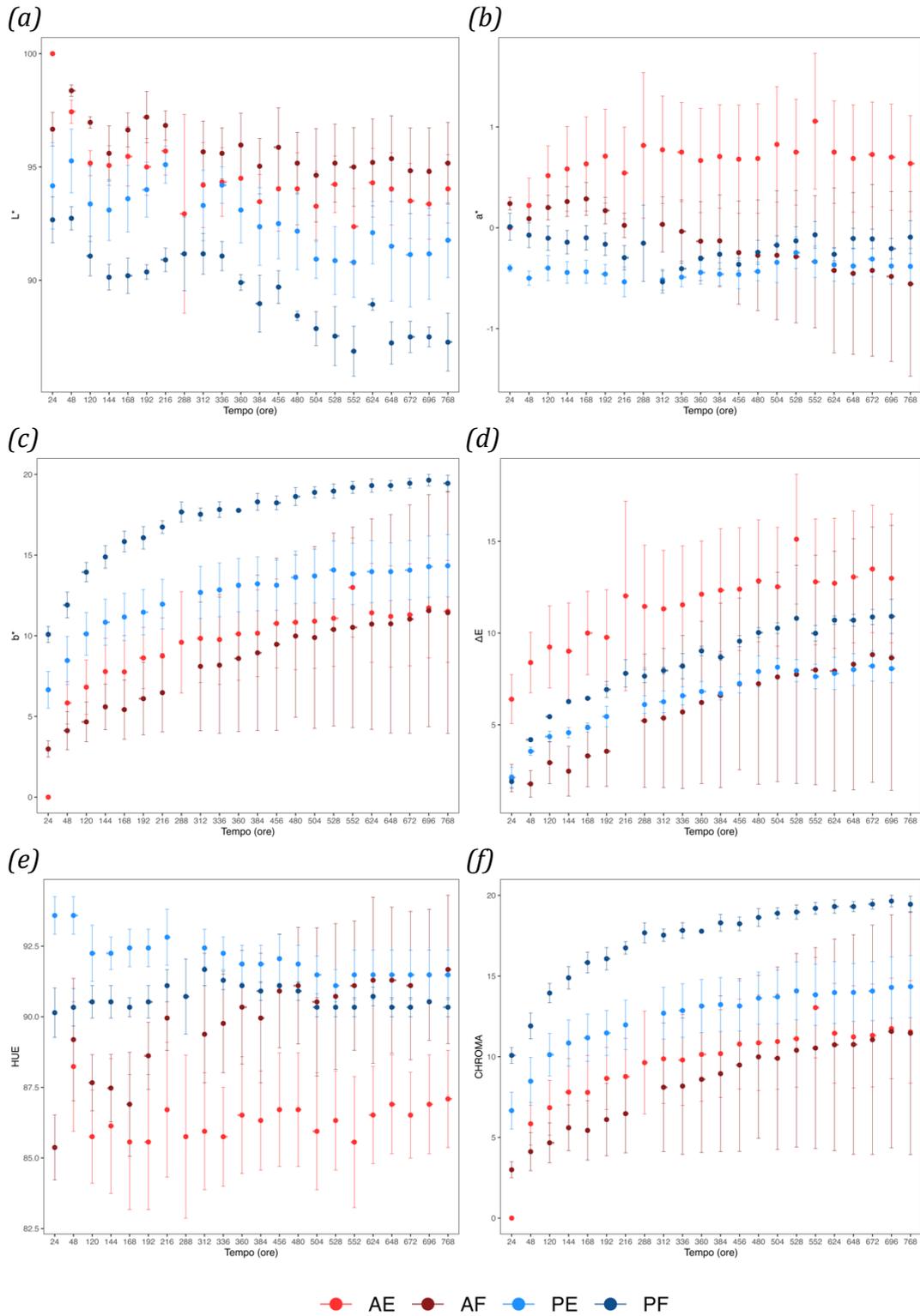


Figura 4.4 Cinetiche di estrazione di luminosità L^* (a), a^* (b), b^* (c), ΔE (d), Hue (e) chroma (f) per cippato fresco (F) ed esausto (E) di Pino mugo (P) e Picea abies (A) durante il periodo di macerazione.

4.3 Analisi sensoriale

L'analisi sensoriale è risultata uno strumento utile a rilevare le differenze tra le varie prove a livello olfattivo e tattile, in modo da ottenere la miglior aromatizzazione della soluzione idroalcolica.

La stima delle risposte corrette ed errate è stata eseguita per ciascuno dei sei campioni e sul numero totale di risposte date.

I risultati evidenziano una disomogeneità nelle risposte alla prima serie per entrambe le specie vegetali, con una quota maggiore di risposte errate rispetto le giuste. La sostanziale discrepanza può essere implicata alla difficoltà nel percepire la differenza olfattiva legata alle sostanze volatili facilmente interscambiabili.

Nella seconda e terza serie invece si ha avuto una predominanza netta delle risposte corrette.

Con una significatività dello 0,1% si può concludere che, sia per *Pinus mugo* che per *Picea abies*, le coppie di campioni di cippato esausto-olio essenziale e cippato fresco-olio essenziale (seconda e terza serie) sono facilmente distinguibili. Infatti, si deduce che per un numero totale di risposte di 24, il numero minimo di risposte corrette affinché il test sia significativo è di 16 per una significatività del 0,1% (Figura 4.6).

Nella pratica le risposte corrette per le due coppie sono state di almeno 17 (Figura 4.5).

Utilizzando lo stesso metodo di analisi, per la coppia di campioni cippato fresco-esausto (prima serie), questi risultano non distinguibili; le risposte corrette minime sono di 16, mentre dal test triangolare ne risultano 9/10.

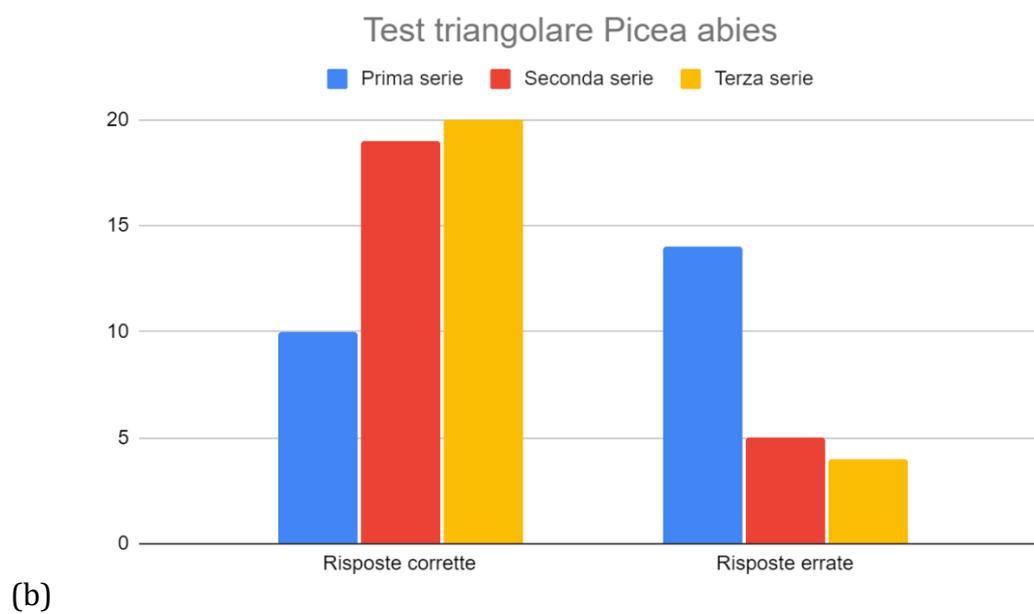
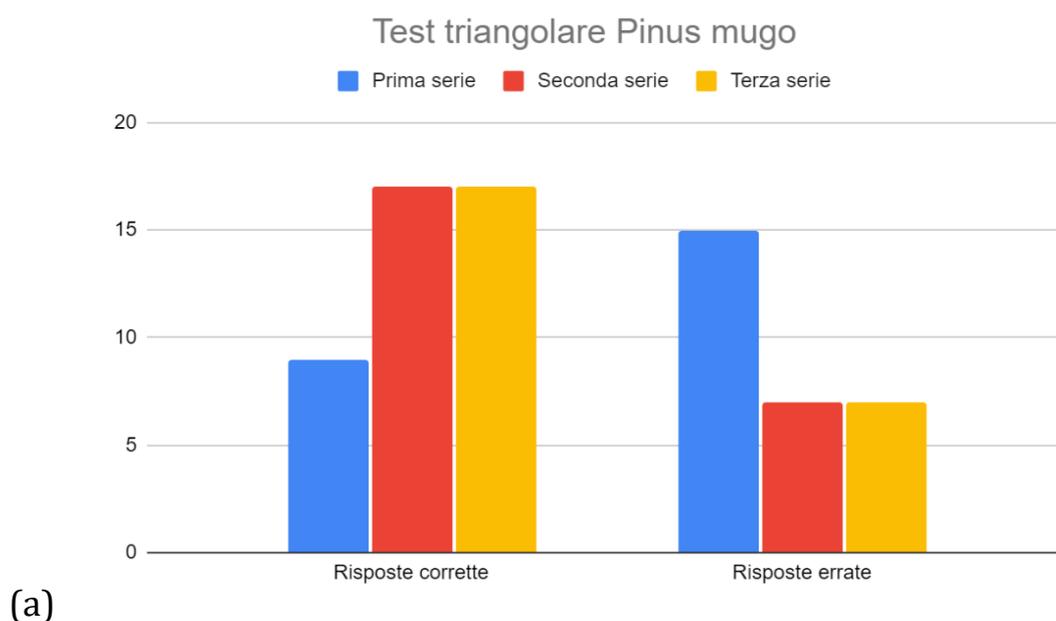


Figura 4.5 Test triangolare Pinus mugo (a) e Picea abies (b).

n	Significance (%)						n	Significance (%)					
	30	20	10	5	1	0.1		30	20	10	5	1	0.1
5	3	4	4	4	5	-	42	17	18	19	20	22	25
6	3	4	5	5	6	-	48	19	20	21	22	25	27
7	4	4	5	5	6	7	54	21	22	23	25	27	30
8	4	5	5	6	7	8	60	23	24	26	27	30	33
9	4	5	6	6	7	8	66	25	26	28	29	32	35
10	5	6	6	7	8	9	72	27	28	30	32	34	38
11	5	6	7	7	8	10	78	29	30	32	34	37	40
12	5	6	7	8	9	10	84	31	33	35	36	39	43
13	6	7	8	8	9	11	90	33	35	37	38	42	45
14	6	7	8	9	10	11	96	35	37	39	41	44	48
15	6	8	8	9	10	12	102	37	39	41	43	46	50
16	7	8	9	9	11	12	108	40	41	43	45	49	53
17	7	8	9	10	11	13	114	42	43	45	47	51	55
18	7	9	10	10	12	13	120	44	45	48	50	53	57
19	8	9	10	11	12	14	126	46	47	50	52	56	60
20	8	9	10	11	13	14	132	48	50	52	54	58	62
21	8	10	11	12	13	15	138	50	52	54	56	60	64
22	9	10	11	12	14	15	144	52	54	56	58	62	67
23	9	11	12	12	14	16	150	54	56	58	61	65	69
24	10	11	12	13	15	16	156	56	58	61	63	67	72
25	10	11	12	13	15	17	162	58	60	63	65	69	74
26	10	12	13	14	15	17	168	60	62	65	67	71	76
27	11	12	13	14	16	18	174	62	64	67	69	74	79
28	11	12	14	15	16	18	180	64	66	69	71	76	81
29	11	13	14	15	17	19							
30	12	13	14	15	17	19							
31	12	14	15	16	18	20							
32	12	14	15	16	18	20							
33	13	14	15	17	18	21							
34	13	15	16	17	19	21							
35	13	15	16	17	19	22							
36	14	15	17	18	20	22							

Figura 4.6 Critical value per test triangolare (Kemp et al, 2009).

Nella seconda fase di prova, il test descrittivo, hanno partecipato 17 candidati, con una netta prevalenza maschile ed un'età compresa tra i 25 e 50 anni.

La maggior parte di essi non è fumatore, il che permette di aver un'analisi ancora più sensibile, e dei 17 candidati, all'88.2% piace bere la grappa.

A livello teorico le differenze che è possibile rilevare sono:

- Campione con macerato di cippato esausto. Presenta un intenso sentore legnoso accompagnato da un bouquet aromatico più complesso ma dall'intensità moderata. Forte il sentore legnoso accompagnato da un amaro ed astringenza intensi, in particolare nel campione di *Pinus mugo*;
- Campione con macerato di cippato fresco. Rispetto il precedente è caratterizzato da una maggior presenza di sostanze aromatiche volatili, che potrebbero essere responsabili del più forte sentore balsamico e prevale il sentore legnoso;
- Campione con idrolato/olio essenziale. Presenta picchi di poche sostanze odorose in un bouquet aromatico poco complesso, un'astringenza e apporto tannico lievi.

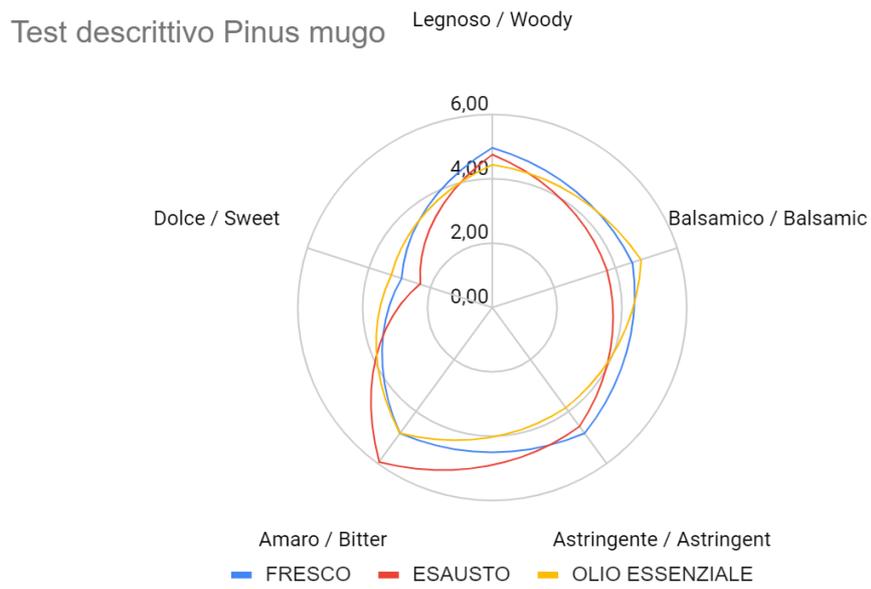
I risultati dell'ANOVA hanno evidenziato differenze significative in relazione al tipo di pianta per i descrittori olfattivi "legnoso" e "balsamico" ($p < 0,05$) e per il descrittore gustativo "amaro" ($p < 0,001$). Contrariamente a quanto riscontrato con l'astringenza, l'alta significatività della sensazione amara potrebbe essere legata alla maggior sensibilità dei pannellisti nei confronti di tale gusto.

La valutazione descrittiva è stata utile per ottenere un primo tentativo di delineare il profilo sensoriale dei distillati a base di conifere.

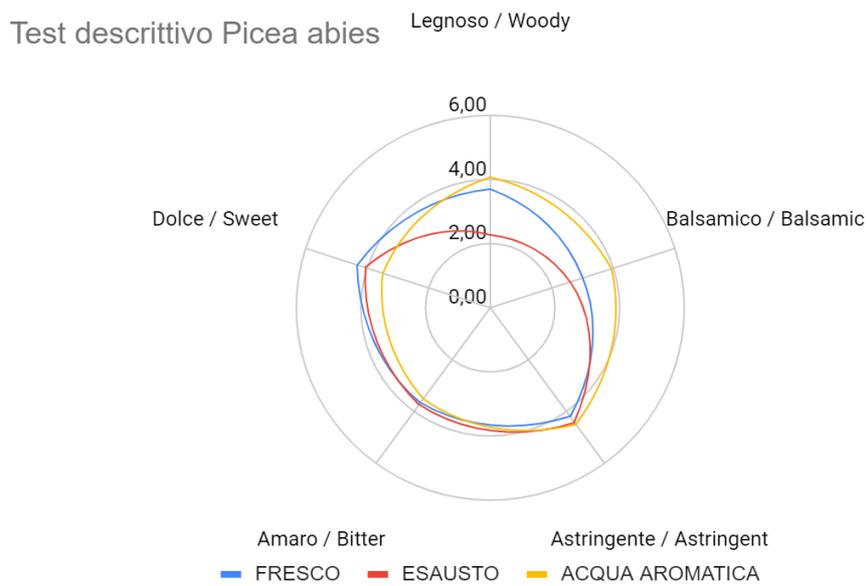
Le grappe a base di *Pinus mugo* (Fig. 4.7a) sono state percepite come più legnose, balsamiche e amare rispetto a quelle a base di *Picea abies* (4.7b). I campioni aromatizzati con olio essenziale di *Pinus mugo* sono risultati leggermente più balsamici rispetto a quelli ottenuti dalla macerazione di cippato fresco. Inoltre, il sapore amaro è stato percepito come più forte nelle grappe aromatizzate con cippato esausto di *Pinus mugo*, in linea con i risultati derivati dalle misurazioni del pH e dell'ORP. Le grappe a base di *Picea abies* sono state descritte come più dolci rispetto a quelle a base di *Pinus mugo*.

Per quanto riguarda *Picea abies*, le grappe ottenute dall'acqua aromatica sono state considerate più balsamiche rispetto a quelle prodotte tramite macerazione del cippato.

Questi risultati sottolineano l'importanza della percezione olfattiva nella valutazione positiva del prodotto.



(a)



(b)

Figura 4.7 Test descrittivo Pinus mugo (a) Picea abies (b).

Nessuna differenza significativa è stata rilevata dall'ANOVA in termini di piacevolezza (Fig.4.8).

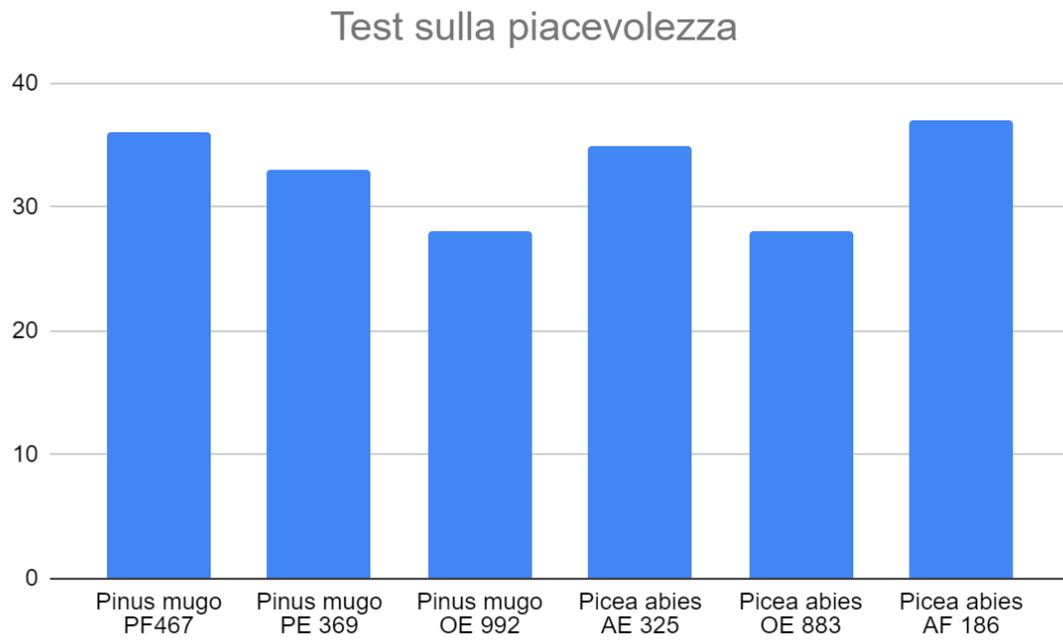


Figura 4.8 Test sulla piacevolezza campioni di Pinus mugo e Picea abies.

Capitolo 5 - CONCLUSIONE

La tesi aveva l'obiettivo di valutare i processi di distillazione in corrente di vapore e successiva estrazione idroalcolica per estrarre composti volatili e non volatili a partire dal cippato di *Pinus mugo* e *Picea abies* ed analizzarne i relativi effetti sull'aromatizzazione della grappa.

L'impatto ambientale del processo di distillazione in corrente di vapore è di rilevante importanza, nelle sei prove eseguite il consumo d'acqua totale è stato di 267 litri. Non potendo eliminare il condensatore per la sua rilevante importanza, si devono ricercare strumenti diversi per ridurre il consumo di acqua. Si potrebbe utilizzare un distillatore a termocompressione a fascio tubiero che non richiede acqua di raffreddamento, oltre a quella introdotta per essere distillata. La differenza di temperatura tra il vapore compresso dalla termopompa e l'acqua in caldaia è sufficiente a determinare la condensazione totale del vapore. L'aggiunta di un compressore va però ad aumentare l'ingombro del macchinario, condizione fondamentale per l'utilizzo di questo sistema in ambito industriale.

Il colore di tutte le grappe aromatizzate è stato interessato da un aumento esponenziale della saturazione, uno spostamento verso una tonalità più gialla e una modifica cromatica nel tempo.

Sono state osservate differenze significative tra il materiale fresco e quello post-distillazione per quanto riguarda i valori di pH ed ORP, implicando che l'applicazione di un pretrattamento a vapore sul cippato potrebbe favorire l'estrazione di composti antiossidanti.

La combinazione delle frazioni ottenute da distillazione in corrente di vapore e successiva estrazione idroalcolica potrebbe permettere una

maggior personalizzazione del prodotto finale, bilanciando la componente olfattiva e le sensazioni tattili, andando a stabilizzare i picchi che c'erano nella miscela singola ed al contempo attenuare l'amaro forte.

La presente ricerca ha fornito il fondamento per migliorare il processo di distillazione a vapore e la macerazione idroalcolica al fine di valorizzare i sottoprodotti di *Pinus mugo* e *Picea abies*, con l'obiettivo di applicarli nell'arricchimento aromatico della grappa. Si promuove quindi la diversificazione della produzione nel contesto dei prodotti del bosco non legnosi (Non-Wood Forest Products).

BIBLIOGRAFIA

Hodel, Jan, et al. "Influence of Distillation Parameters on the Extraction of Juniperus Communis L. In Vapour Infused Gin." *Journal of the Institute of Brewing*, vol. 126, no. 2, 2020, pp. 184–193, <https://doi.org/10.1002/jib.607>.

Riani, Pierluigi, et al. LA CHIMICA NELLA SCUOLA Direttore Responsabile Comitato Di Redazione. 2010.

Friso, Dario. 2018. «Ingegneria dell'industria agroalimentare. Teoria, Applicazione e Dimensionamento delle Macchine e Impianti per le Operazioni Unitarie». In *Ingegneria dell'industria agroalimentare. Teoria, Applicazione e Dimensionamento delle Macchine e Impianti per le Operazioni Unitarie*, 2018^a ed., 2:181–207. Padova.

Disciplinare. (2016, February 8). Grappa IG - disciplinare.it. <https://www.disciplinare.it/grappa-ig.html>

Denny, E. F. K. (2002). Distillation of the lavender type oils:theory and practice. In *Lavender: The genus Lavandula* (p. 268). Taylor & Francis.

Başer, K. H. C., & Buchbauer, G. (Eds.). (2020). *Handbook of essential oils: Science, technology, and applications* (Third edition). CRC Press.

Turek, C., & Stintzing, F. C. (2013). Stability of Essential oils: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(1), 40–53. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12006>

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446–475. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>

Sid-Ahmed Rezzoug. Optimisation of steam extraction of oil from maritime pine needles. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 2009, 29 (2), pp.87-100. [ff10.1080/0277381092879025ff](https://doi.org/10.1080/0277381092879025ff). [ffhal00414223f](https://doi.org/10.1080/0277381092879025ff)

ImagePRESS C850 Series 6.1 2018-05. (n.d.). <https://docs.cpp.canon/help?tsm=ODP0000456.1IT.IT&pageid=GUID-5A5E9A08-48E6-4DA0-A836-AE5008C62B98.xml>

User, S. (n.d.). I tanti Delta della colorimetria | Spazio Colore L*a*b*. (“Permanente contatto cicatrice colorimetria rgb travestimento scacchi ferita”) <https://www.corgae.it/index.php/colore/che-colore-e/i-tanti-delta-della-colorimetria>

DNA Phone - LANDING COLORE V1. (2020, December 23). DNA Phone. <https://www.dnaphone.it/landing-colore-v1/>

Bonollo, E. (2023, September 25). Valutazione Sensoriale della Grappa - Distillerie Bonollo Umberto Spa. Distillerie Bonollo Umberto. <https://www.bonollo.it/grappa/valutazione-sensoriale-della-grappa/>

Kemp, S. E., Hollowood, T., & Hort, J. (2013). Sensory evaluation: A practical handbook. In *Sensory Evaluation: A Practical Handbook*. <https://doi.org/10.1002/9781118688076>

Contributori di Wikipedia. (2021, November 19). Sistema Munsell dei colori. Wikipedia. https://it.wikipedia.org/wiki/Sistema_Munsell_dei_colori

UNIMONT - Università degli Studi di Milano sede di Edolo. (2021, March 26). *Gli oli essenziali e la distillazione in corrente di vapore* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=2ePFrkgQq0g>

O'Mahony, M. (1992) Understanding discrimination tests: A user friendly "treatment of response bias, rating and ranking R-index tests and their relationship to signal detection." ("Journal of Sensory Studies - Wiley Online Library") ("UNDERSTANDING DISCRIMINATION TESTS: A USER ... - Wiley Online Library") *Journal of Sensory Studies*, 9, 1–47.

Stone, H. & Sidel, J.L. (2004) *Sensory Evaluation Practices*, Academic Press, New York.

ISO 2006 ISO 13300-1: Sensory analysis. General guidance for the staff of a sensory evaluation laboratory. Part 1: Staff responsibilities.

ISO 2006 ISO 13300-2: Sensory analysis. General guidance for the staff of a sensory evaluation laboratory. Part 2: Recruitment and training of panel leaders.

Sinkinson, C. (2017). Triangle Test. In *Discrimination Testing in Sensory Science* (pp. 153–170). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101009-9.00007-1>

Pozzolo, P. (2022, March 5). Livello di significatività statistica: che cos'è? Paola Pozzolo. <https://paolapozzolo.it/livello-significativita/>

Admin. (2022, January 7). *COLORE: TONALITÀ e VALORI TONALI - Claudia Vanni | art.* Claudia Vanni | Art. <https://www.claudiavanni.it/colore-tonalita-e-valori-tonali/>

Breslin, P., Gilmore, M., Beauchamp, G., & Green, B. (1993). Psychophysical evidence that oral astringency is a tactile sensation. *Chemical Senses*, 18(4), 405–417. <https://doi.org/10.1093/chemse/18.4.405>

Kemp SE, Hollowood T, Hort J. *Sensory Evaluation : A Practical Handbook.* Ames, Iowa : Wiley-Blackwell; 2009.

Tolvaj L, Papp G, Varga D, Lang E. 2012. Effect of steaming on the colour change of softwoods. *BioRes.* 7(3):2799–2808. doi:10.15376/biores.7.3.2799-2808.

International Commission on Illumination (CIE). *Colorimetry – Part 4: CIE 1976 Lab Colour Space**, CIE Technical Report 116-1995.

Scalisi A, O’Connell MG, Islam MS, Goodwin I. 2022. A Fruit Colour Development Index (CDI) to Support Harvest Time Decisions in Peach and Nectarine Orchards. *Horticulturae.* 8(5):459. doi:10.3390/horticulturae8050459.

Scalisi A, O’Connell MG, Pelliccia D, Plozza T, Frisina C, Chandra S, Goodwin I. 2021. Reliability of a Handheld Bluetooth Colourimeter and Its Application to Measuring the Effects of Time from Harvest, Row Orientation and Training System on Nectarine Skin Colour. *Horticulturae.* 7(8):255. doi:10.3390/horticulturae7080255.

SITOGRAFIA

Hanna: <https://hanna.it/rifrattometri> (consultato il:)

Zetalab: <https://www.zetalab.it/prodotto/pc7-violab-3/>