

Agris

Agenzia regionale
per la ricerca in agricoltura



REGIONE
AUTONOMA
DELLA SARDEGNA

QUADERNI DEL

*SERVIZIO TECNOLOGIA DEL SUGHERO E DELLE MATERIE PRIME
FORESTALI*

N° 18

Tappi di sughero naturale. Effetti sulla tenuta di differenti procedure di tappatura.

M. Giua, G. Marzeddu, R. Manuedda, C. Dimauro

Tempio Pausania
2021

Tappi di sughero naturale. Effetti sulla tenuta di differenti procedure di tappatura.

M. Giua⁽¹⁾, G.Marzeddu⁽¹⁾, R. Manuedda⁽¹⁾, C. Dimauro⁽²⁾

⁽¹⁾ *Agris Sardegna – Dipartimento della Ricerca per il Sughero e la Silvicultura, via Limbara 9, 07029 Tempio Pausania (SS) – Italia.*

⁽²⁾ *Dipartimento di Agraria – Sezione di Scienze Zootecniche - Università di Sassari, viale Italia, 07100 Sassari – Italia.*

Corresponding author: Maria Giua (migiua@agrisricerca.it)

Riassunto

È stata studiata la tenuta ai liquidi di tappi di sughero naturale in relazione ai seguenti fattori di variabilità: massa volumica dei tappi, applicazione del vuoto in fase di tappatura, tempi di coricamento diversi e condizioni di stress termico nella fase iniziale della conservazione. L'analisi della varianza condotta sulla progressione di vino sulla superficie laterale dei tappi dopo imbottigliamento di 6 mesi ha mostrato differenze significative in relazione a tutti i fattori esaminati. Tra questi la Massa Volumica maggiore di 165 kg/m³ e l'applicazione del vuoto in fase di tappatura hanno ridotto in modo significativo le progressioni mentre la variazione del tempo di coricamento non ha evidenziato effetti di rilevanza pratica sulla tenuta dei tappi. L'applicazione di un aumento della temperatura nella prima fase della conservazione delle bottiglie si è rivelata ininfluente sui tappi con massa volumica maggiore di 165 kg/m³ (tappi medi e pesanti), mentre sui tappi con massa volumica inferiore ha diminuito le progressioni medie.

Parole chiave: tappi, sughero, tenuta, progressione, massa volumica, vuoto, coricamento, stress.

Abstract

The liquid tightness of natural cork stoppers was studied in relation to the following variability factors: density of the stoppers, vacuum application during the corking phase, different bedtime and thermal stress conditions in the initial storage phase. The analysis of variance conducted on the progression of wine on the lateral surface of the corks after bottling for 6 months showed significant differences in relation to all the factors examined. Among these, the density greater than 165 kg/m³ and the application of vacuum during the capping phase significantly reduced progressions while the variation in bedtime did not show any practical effects on the sealing of the stoppers. The application of an increase in temperature in the first phase of bottle storage proved to be irrelevant on stoppers with a density greater than 165 kg/m³ (medium and heavy stoppers), while on stoppers with a lower density it decreased the average progressions.

Keywords: stoppers, cork, tightness, progression, density, void, lying down, stress.

Introduzione

I problemi di tenuta costituiscono un difetto critico per la commercializzazione di una bottiglia di vino. Questo difetto, che nei casi più gravi può dar luogo a “colosità”, può essere determinato da molteplici cause. Tra le più frequenti si considerano: una bassa massa volumica del tappo, un suo trattamento di lubrificazione non corretto, modalità di tappatura errate, un intervallo di tempo insufficiente tra la tappatura e la disposizione delle bottiglie in posizione orizzontale (tempo di coricamento) e modalità di conservazione non idonee. La combinazione di alcuni di questi fattori aumenta le probabilità che si verifichi il difetto della colosità.

Riguardo i tempi di coricamento, in particolare, si osserva che malgrado le indicazioni dei produttori di tappi e lo stesso Manuale tecnico per il corretto utilizzo dei tappi (AA.VV., 2012) consiglino un intervallo di 3 ore prima di porre la bottiglia in posizione orizzontale, le esigenze delle cantine o delle aziende di imbottigliamento, spesso, non consentono il rispetto di questa indicazione. L’esigenza largamente manifestata dagli utilizzatori dei tappi è la garanzia che il tappo abbia una buona tenuta anche in condizioni di coricamento immediato dopo la tappatura.

Il presente studio si propone di valutare l’incidenza del difetto di colatura attraverso prove di imbottigliamento a 6 mesi in relazione alla combinazione di fattori quali la massa volumica dei tappi, il procedimento di tappatura, i tempi di coricamento delle bottiglie e le modalità di conservazione delle stesse.

Materiali e metodi

È stata studiata la tenuta dei tappi monopezzo di sughero naturale in prove di imbottigliamento della durata di sei mesi. Per le prove sono state utilizzate bottiglie bordolesi con bocca a fascetta e diametro all’imboccatura di $(17,5 \pm 0,4)$ mm (collo italiano). Le bottiglie sono state riempite in conformità alle indicazioni metrologiche con soluzione etanolica al 10 %, colorata con blu di metilene. La tenuta è stata valutata durante il periodo di conservazione attraverso la rilevazione di fenomeni di colatura e, al

momento dello sturamento, attraverso la misura della progressione di liquido lungo la superficie laterale del tappo.

Per la sperimentazione sono stati utilizzati tappi monopezzo di sughero naturale, finiti, provenienti dallo stesso lotto ed appartenenti alle fasce di qualità visiva B-C del Disciplinare (AA.VV., 2011), aventi dimensioni nominali 24x45 mm. I tappi, prima dell'utilizzo nelle prove di imbottigliamento, sono stati caratterizzati attraverso i seguenti controlli:

- Controllo delle dimensioni (ISO 9727 – 1: 2007);
- Controllo della massa e della massa volumica (ISO 9727 – 2: 2007);
- Controllo del contenuto d'umidità, metodo rapido (ISO 9727 – 3: 2007);
- Controllo del recupero del diametro dopo compressione (ISO 9727–4: 2007).

I tappi testati sono stati compressi sino al diametro di 16 mm ed il recupero è stato rilevato istantaneamente, dopo 3 minuti e dopo 24 ore dalla compressione. Tale scelta è coerente con i tempi di coricamento delle bottiglie dopo la tappatura adottati nelle prove di imbottigliamento. Per ciascun campione sono state eseguite due misure del diametro, una nella direzione degli accrescimenti annuali del sughero ed una in direzione perpendicolare.

- Controllo della forza di estrazione, metodo di tappatura a vuoto e stappatura dinamometrica dopo un'ora (ISO 9727 – 5: 2007).

Le prove d'imbottigliamento sono state condotte secondo un piano sperimentale che ha tenuto conto dei seguenti fattori: massa volumica dei tappi, applicazione di condizioni di vuoto nello spazio di testa della bottiglia in fase di tappatura, durata dell'intervallo tra la tappatura e il coricamento della bottiglia, applicazione di uno stress nella fase iniziale della conservazione (incremento della temperatura).

Si analizzano di seguito i fattori presi in considerazione:

a) Massa volumica dei tappi

I tappi utilizzati per il progetto sono stati suddivisi in 3 classi ponderali costituite da tappi leggeri, medi e pesanti identificate, rispettivamente, L, M e P e caratterizzate dagli intervalli di massa volumica riportati in tabella 1.

Tabella 1. Classificazione ponderale dei tappi.

Classe di peso	MVA [kg/m ³]
L	130 ÷ 165
M	166 ÷ 190
P	191 ÷ 225

b) Applicazione del vuoto durante la tappatura

La tappatura è stata eseguita a raso con una macchina tappatrice semiautomatica secondo due modalità: con applicazione del vuoto nello spazio di testa e senza questo accorgimento. La macchina tappatrice, corredata dell'accessorio per il vuoto, è stata regolata per eseguire un vuoto del 90%.

c) Tempi di coricamento (intervallo tra la tappatura e il coricamento della bottiglia)

La collocazione in posizione orizzontale delle bottiglie dopo la tappatura è stata eseguita istantaneamente, dopo 3 minuti e dopo 24 ore.

Il coricamento istantaneo è stato adottato perché utilizzato di frequente dall'industria nei processi di tappatura; l'intervallo di tre minuti è stato adottato perché il tappo, dopo 3 minuti dalla compressione recupera, generalmente, gran parte del suo diametro. L'intervallo di 24 ore è stato scelto per consentire al tappo di raggiungere il massimo ritorno elastico possibile.

d) Condizioni di conservazione con applicazione di uno stress termico (aumento della temperatura) nella fase iniziale.

Dopo la tappatura e il coricamento le bottiglie sono state conservate secondo due modalità:

“senza stress termico” e “con stress termico”.

Le bottiglie conservate secondo la prima modalità sono state collocate direttamente all'interno del locale di stoccaggio per 6 mesi ad una temperatura compresa nell'intervallo (17 ± 2) °C.

Le bottiglie conservate secondo la seconda modalità, dopo il coricamento, sono state sottoposte ad una temperatura di 40°C. Tali condizioni, realizzate all'interno di una

cella climatica, sono state scelte per simulare una situazione di trasporto o di stoccaggio non idonea. Le bottiglie, da una temperatura iniziale di circa 20 °C sono state portate a 40 °C in circa 12 ore con un gradiente termico di 0,028 °C/min. La temperatura di stress è stata mantenuta per 60 ore; dopo questo periodo si è dato inizio al raffreddamento e nell'arco di circa 12 ore è stata raggiunta la temperatura di 16,5 °C, con gradiente termico di 0,033 °C/min. Dopo il raffreddamento le bottiglie, all'interno degli stessi contenitori, sono state trasferite nel locale di stoccaggio.

Il piano sperimentale, costituito da 36 tesi, ha riguardato in totale 360 tappi, 10 per ogni tesi.

Per testare le prestazioni dei tappi sono stati eseguiti i seguenti controlli:

- Durante i sei mesi di conservazione, allo scopo di registrare l'eventuale insorgenza di colature, le bottiglie sono state monitorate giornalmente nella prima settimana, settimanalmente nel primo mese e mensilmente dal secondo mese.
- Al termine del periodo di conservazione le bottiglie sono state stappate ed è stata misurata la progressione del simulante lungo la superficie laterale del tappo nel punto di massima risalita.

Le progressioni medie in funzione dei diversi fattori di variabilità sono state esaminate attraverso l'analisi della varianza. È stato condotto il confronto fra i valori medi della progressione e sono state studiate le interazioni fra due fattori di variabilità con l'utilizzo del test di Bonferroni ed intervallo di confidenza del 95,0%.

Risultati e discussione

Caratterizzazione dei campioni

I tappi utilizzati per le prove di imbottigliamento sono stati caratterizzati prima dell'utilizzo.

Le medie grezze per le variabili diametro, lunghezza, ovalizzazione e massa volumica dei tappi, misurate prima dell'imbottigliamento, sono riportate in tabella 2.

Tabella 2. Medie e deviazione standard delle variabili prese in considerazione.

Variabile	Classe di massa volumica	Media	Dev. Standard
Lunghezza [mm]	L	45,16	0,10
	M	45,16	0,08
	P	45,20	0,08
Diametro [mm]	L	24,15	0,04
	M	24,15	0,04
	P	24,17	0,05
Ovalizzazione [mm]	L	0,04	0,03
	M	0,03	0,03
	P	0,05	0,04
Massa volumica [kg/m ³]	L	152,7	9,2
	M	176,0	6,4
	P	204,0	8,5

Le dimensioni medie dei tappi rientrano nelle tolleranze fissate dalla Norma ISO 16420:2013 “Cork. Cork stoppers for stillwines - Mechanical and physical specifications”: $\pm 0,5$ mm per il diametro, $\pm 0,7$ mm per la lunghezza e $\leq 0,7$ mm per l’ovalizzazione (Tab.1). I valori medi di massa volumica di ciascuna classe ponderale assunta come tesi del progetto, rientrano nell’intervallo di accettabilità (130÷225) kg/m³ indicato per i tappi di sughero naturale (AA.VV.,2011); in particolare, le classi Media e Pesante rientrano anche nell’intervallo dei valori ottimali (160÷220) kg/m³.

I bassi valori della deviazione standard indicano che i campioni sottoposti a prova sono molto omogenei sia dal punto di vista del processo produttivo (diametro e lunghezza) sia, anche se in maniera meno evidente, dal punto di vista della materia prima (massa volumica).

I valori di recupero del diametro sono riassunti in Tabella 3.

Tabella 3. Recupero percentuali del diametro dei tappi delle diverse classi di massa volumica.

	Istantaneo	Dopo 3 minuti	Dopo 24 ore
Tappi leggeri	96,7%	97,8%	98,5%
Tappi medi	96,6%	97,5%	98,2%
Tappi pesanti	95,9%	97,2%	98,0%

I valori medi del recupero dopo tre minuti sono superiori al 90% come previsto dalla norma ISO 16420:2013.

I valori medi della forza di estrazione a vuoto, per ciascuna classe ponderale, sono riassunti in Tabella 4.

Tabella 4. Forza d'estrazione dopo 1 ora dei tappi delle diverse classi di massa volumica.

	Forza d'estrazione a vuoto [daN]	Omogeneità del campione (valore medio \pm $\frac{1}{4}$ della media)
Tappi leggeri	23,0	omogeneo
Tappi medi	25,5	omogeneo
Tappi pesanti	30,6	omogeneo

All'interno di ciascuna classe di massa volumica, le forze d'estrazione rientrano nell'intervallo (15 ÷ 40) daN e sono omogenee secondo quanto indicato dalla norma ISO 16420:2013.

L'umidità media dei campioni prima dell'imbottigliamento è risultata uguale al 4 % per tutte le classi di massa volumica. Il contenuto di umidità rientra nel valore di riferimento (6 \pm 2) % (ISO 16420:2013).

I tappi utilizzati per le prove d'imbottigliamento sono stati caratterizzati dal laboratorio anche in relazione alla classe di qualità visiva (AA.VV., 2011). Oltre il 90% dei campioni appartiene alle classi visive B e C, equamente rappresentate.

Analisi delle prestazioni dei tappi

L'analisi della varianza condotta sulla progressione di vino sulla superficie laterale dei tappi dopo sei mesi di imbottigliamento, ha mostrato differenze significative in relazione a tutti i fattori esaminati: la massa volumica dei tappi, l'applicazione del vuoto nello spazio di testa della bottiglia al momento della tappatura, la durata dell'intervallo di tempo tra la tappatura e il coricamento della bottiglia e l'applicazione di condizioni di stress termico nelle prime fasi della conservazione delle bottiglie. I risultati sono riportati in Tabella 5.

Tabella 5. Significatività (P-value) dei fattori di variabilità rispetto alla variabile di risposta “progressione”.

Fattori di variabilità	Progressione P-value
Massa volumica	0,000
Vuoto	0,000
Tempo di coricamento	0,023
Stress	0,004

I diversi fattori di variabilità sono stati esaminati singolarmente. In Tabella 6 sono riportati i valori medi e il confronto fra le medie della progressione con l'utilizzo del Test di Bonferroni ed il 95,0% di intervallo di confidenza.

Tabella 6. Progressioni medie, deviazioni standard e confronto fra le medie per i diversi fattori di classificazione.

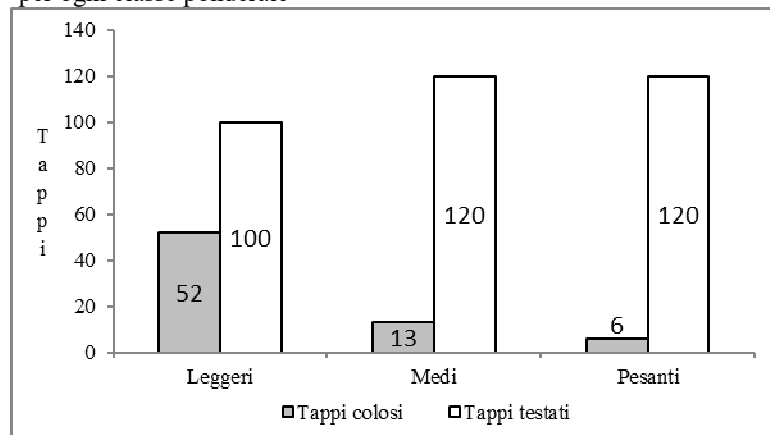
Fattore	N° osservazioni	Progressione media [mm]	Deviazione Standard	Confronto fra le medie
<i>Massa Volumica</i>				
L	100	35,9	17,8	a
M	120	19,8	16,7	b
P	120	17,8	14,9	b
<i>Vuoto</i>				
NO	160	36,2	12,6	a
SI	180	12,8	15,0	b
<i>Tempo di coricamento</i>				
istantaneo	110	26,0	18,5	a
3 minuti	120	25,1	18,6	a
24 ore	110	22,4	15,0	b
<i>Stress</i>				
NO	180	26,3	17,1	a
SI	160	22,7	17,3	b

Le medie che non presentano lettere comuni sono significativamente diverse (p-value < 0,05).

In relazione alla massa volumica dei tappi si è registrata una diversa entità del fenomeno. I tappi leggeri (massa volumica $\leq 165 \text{ kg/m}^3$) presentano progressioni diverse e più alte dalle progressioni dei tappi medi e pesanti (masse volumiche $\geq 166 \text{ kg/m}^3$).

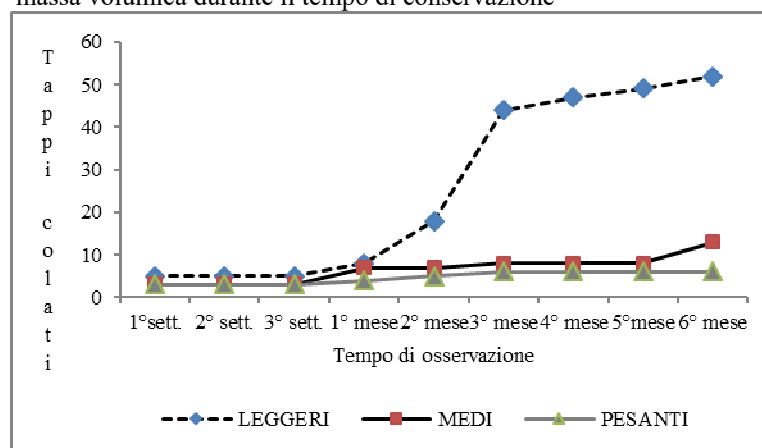
Nel grafico di fig. 1, per ogni classe ponderale, è riportato il numero dei tappi colati sul totale dei tappi analizzati per ogni classe. Il fenomeno della colatura ha interessato il 21 % del totale dei tappi analizzati, costituito per il 15 % da tappi leggeri, per il 4% da tappi medi e per il 2% da tappi pesanti.

Fig. 1. Numero di tappi colati rispetto al numero dei tappi esaminati per ogni classe ponderale



Durante il periodo di conservazione le bottiglie sono state controllate periodicamente al fine di individuare l'insorgenza del fenomeno e il suo andamento nell'arco dei sei mesi di imbottigliamento. Nel grafico di Fig. 2 è riportato il numero dei tappi colosi rilevati nei diversi intervalli del tempo di osservazione per le tre diverse classi di massa volumica.

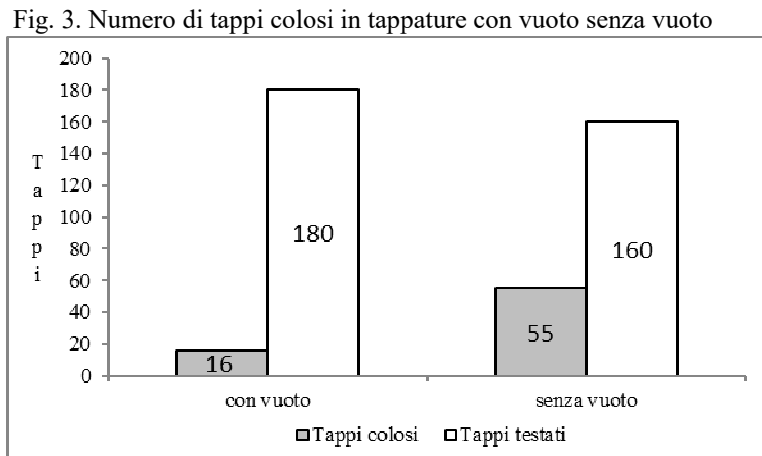
Fig. 2. Monitoraggio del fenomeno della colatura per le tre classi di massa volumica durante il tempo di conservazione



Si osserva che il fenomeno ha inizio durante la prima settimana di conservazione dopo il coricamento, e aumenta, per tutte le classi ponderali, attorno alla terza settimana.

Dopo il primo mese di conservazione, il comportamento dei tappi leggeri si discosta decisamente da quello dei tappi medi e pesanti.

Nel grafico di Fig. 3 è riportato il numero dei tappi colosi a seguito di tappare con applicazione del vuoto e senza applicazione del vuoto.



Si osserva che la sua applicazione determina valori di progressione media significativamente inferiori (circa un terzo) della progressione media registrata non applicando il vuoto.

Riguardo i fattori tempo di coricamento e stress, come già evidenziato in tabella 5, le differenze fra le progressioni medie risultano statisticamente significative; tuttavia, si osserva che dal punto di vista pratico tali differenze non rivestono particolare importanza registrando valori minori o uguali a 6 mm.

Nei grafici di Fig. 4 e di Fig. 5 è riportato il numero dei tappi colosi a seguito di diversi tempi di coricamento e di applicazione di condizioni di stress.

Fig. 4. Numero di colature dopo tempi di coricamento diversi.

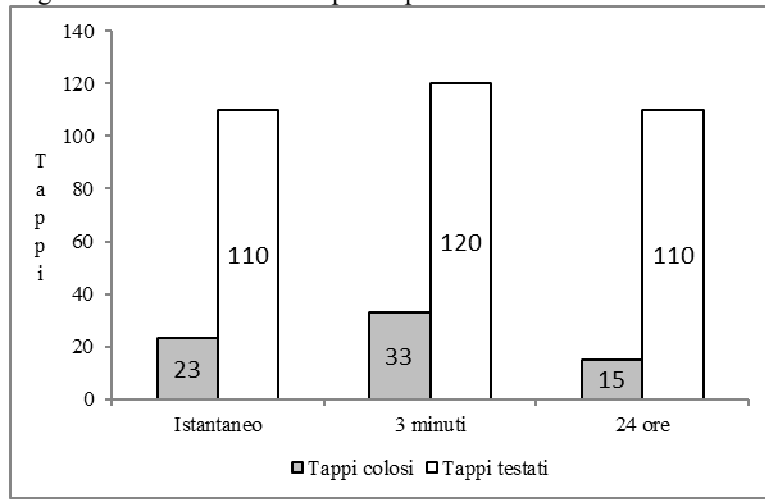
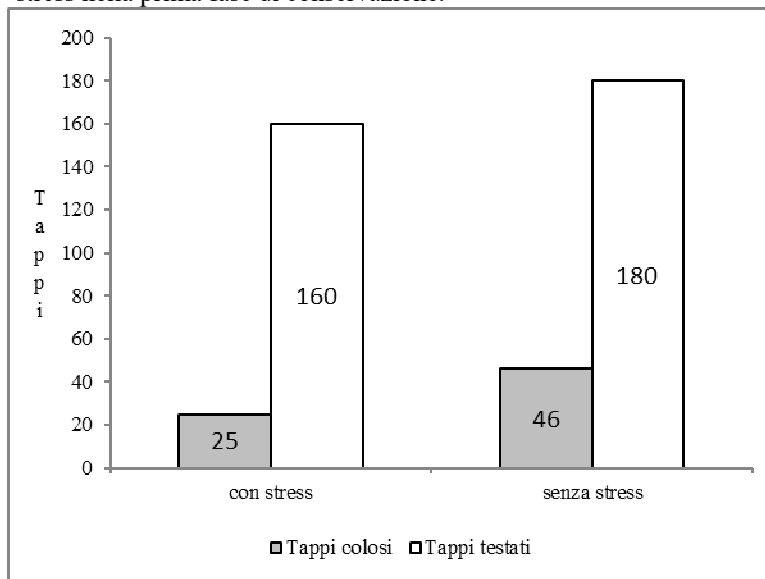


Fig. 5. Numero di colature con applicazione e senza applicazione di stress nella prima fase di conservazione.



L'applicazione delle condizioni di stress scelte per la sperimentazione sembra determinare una diminuzione importante delle colature registrate non applicando lo stress.

Al fine di approfondire quanto emerso da questa prima analisi dei dati, in particolare a proposito degli effetti dello stress nelle prime fasi della conservazione delle bottiglie, sono state prese in esame le interazioni fra due fattori di variabilità. Lo studio ha evidenziato che quattro interazioni su sei sono significative, come riportato in tabella 7.

Tabella 7. Significatività (P-value) delle differenze fra le progressioni medie date dall'interazione di due fattori di variabilità

Fattori di variabilità	Progressione P-value
Massa volumica * Stress	0,001
Vuoto * Stress	0,000
Massa volumica * Tempo di coricamento	0,001
Vuoto * Tempo di coricamento	0,000
<i>Massa volumica</i> * <i>Vuoto</i>	<i>0,102</i>
<i>Tempo di coricamento</i> * <i>Stress</i>	<i>0,891</i>

Per tutte le interazioni prese in esame, è stato eseguito il confronto fra i valori medi delle progressioni con il test di Bonferroni ed il 95 % di intervallo di confidenza.

Le interazioni fra “massa volumica - vuoto” e “tempo di coricamento-stress”, non sono risultate significative (P-value > 0,05) e, pertanto, non sono state analizzate.

La Tab. 8 riporta l'analisi dell'interazione “massa volumica-stress”.

Tabella 8. Valori medi, deviazioni standard e confronto fra le medie della progressione con l'interazione dei fattori massa volumica e stress

Fattori	N° osservazioni	Progressione media [mm]	Deviazione Standard	Confronto fra le medie
MVA * Stress				
L NO	60	41,8	7,9	a
L SI	40	30,1	19,8	b
M SI	60	20,4	17,1	c
M NO	60	19,1	16,4	c
P NO	60	18,1	14,0	c
P SI	60	17,4	15,9	c

Le medie che non presentano lettere comuni sono significativamente diverse (p-value < 0,05).

Per i tappi medi e pesanti l'applicazione dello stress sembra non avere influenza sulle progressioni medie, mentre per i tappi leggeri le progressioni medie sono significativamente più alte se non si applica lo stress.

Lo studio di questa interazione consente di approfondire l'evidenza emersa nella prima fase dell'analisi dei dati relativamente al fatto che le condizioni di stress scelte per la sperimentazione sembrano migliorare le prestazioni dei tappi. In realtà è necessario precisare che questo effetto è limitato ai tappi leggeri (tappi con massa volumica $\leq 165 \text{ kg/m}^3$) che registrano, in ogni caso, le prestazioni peggiori con le progressioni più alte e le colature più numerose.

Gli effetti dello stress sono stati esaminati anche nell'interazione con il vuoto come riassunto in Tab. 9.

Tabella 9. Valori medi, deviazioni standard e confronto delle medie della progressione con l'interazione dei fattori Vuoto e Stress

Fattori		N° osservazioni	Progressione media [mm]	Deviazione Standard	Confronto fra le medie
Vuoto * Stress					
NO	SI	70	37,3	13,7	a
NO	NO	90	35,2	11,8	a
SI	NO	90	17,5	17,1	b
SI	SI	90	8,0	10,7	c

Le medie che non presentano lettere comuni sono significativamente diverse (p-value < 0,05).

Si osserva che in assenza di vuoto non ci sono differenze significative fra applicare e non applicare lo stress: in entrambi i casi si registrano le progressioni medie più alte. In condizioni di vuoto, invece, le progressioni medie sono significativamente più basse ed esistono differenze fra l'applicazione e la non applicazione dello stress: i risultati migliori si registrano applicando lo stress.

La Tab. 10 riporta lo studio dell'interazione fra "massa volumica-tempo di coricamento".

Si osserva che i tappi leggeri, per tutti gli intervalli di tempo considerati, mostrano le progressioni medie più alte e significativamente diverse da quelle degli altri tappi. I tappi medi e pesanti con tempo di coricamento istantaneo e di 3 minuti evidenziano progressioni intermedie, mentre dopo il tempo di coricamento di 24 h evidenziano le progressioni più basse.

Tabella 10. Valori medi, deviazione standard e confronto fra le medie della progressione con l'interazione dei fattori massa volumica e tempo di coricamento

Fattori		N° osservazioni	Progressione media [mm]	Deviazione Standard	Confronto fra le medie
MV	* Tempo				
L	24 h	30	39,2	15,9	a
L	istant	30	35,5	19,3	a
L	3 min	40	33,1	18,0	a
M	3 min	40	22,6	18,6	b
M	istant	40	21,4	18,1	bc
P	istant	40	21,1	17,6	bc
P	3 min	40	19,5	16,7	bc
M	24 h	40	15,3	12,1	cd
P	24 h	40	12,7	7,0	d

Le medie che non presentano lettere comuni sono significativamente diverse (p-value < 0,05).

La Tab. 11 riporta l'esame dell'interazione "vuoto - tempo di coricamento".

Tabella 11. Valori medi, deviazioni standard e confronto delle medie con l'interazione dei fattori Vuoto e Tempo di coricamento

Fattori		n° osservazioni	Progressione media [mm]	Deviazione Standard	Confronto fra le medie
Vuoto * Tempo					
NO	istant	50	40,9	7,8	a
NO	3 min	60	39,4	8,6	a
NO	24 h	60	28,4	14,9	b
SI	24 h	60	16,5	15,0	c
SI	istant	60	11,1	15,2	d
SI	3 min	60	10,7	14,3	d

Le medie che non presentano lettere comuni sono significativamente diverse (p-value < 0,05).

Si osserva che le progressioni medie più alte si evidenziano senza vuoto con coricamento istantaneo e di 3 minuti, mentre, dopo 24 ore le progressioni sono significativamente inferiori. Nel caso dell'applicazione del vuoto, si registrano le progressioni più basse con differenze in corrispondenza dei diversi tempi di coricamento, che non hanno rilevanza dal punto di vista pratico.

Conclusioni

Dall'analisi condotta si evidenzia che i risultati delle prove di imbottigliamento a sei mesi sono stati influenzati soprattutto dalla massa volumica dei tappi utilizzati e dall'applicazione del vuoto in fase di tappatura. I tappi con massa volumica inferiore a

166 kg m³ (tappi leggeri) hanno fatto registrare le progressioni più alte e le colature più numerose; i tappi con masse volumiche superiori a questo valore (medi e pesanti) hanno fatto registrare le progressioni più basse e il minor numero di colature.

L'applicazione del vuoto durante la tappatura ha determinato una importante riduzione dell'entità del fenomeno per tutte le tipologie dei tappi.

I fattori tempo di coricamento e applicazione di condizioni di stress termico hanno influenzato in minor misura le prestazioni dei tappi. In particolare le condizioni di stress scelte per la sperimentazione sembrano aver avuto un effetto positivo per la tenuta dei tappi. Relativamente a questo aspetto, lo studio delle interazioni fra i fattori di variabilità "massa volumica e stress" ha evidenziato che la riduzione della progressione media registrata con l'applicazione dello stress riguarda solo i tappi leggeri, mentre per i tappi medi e pesanti l'applicazione dello stress non influenza significativamente le progressioni medie. Lo studio dell'interazione fra "massa volumica e tempo di coricamento" ha messo in evidenza che per i tappi leggeri la tenuta è indipendente dal fattore tempo di coricamento. Per i tappi medi e pesanti, invece, il tempo di coricamento di 24 fa registrare le progressioni medie più basse. Lo studio delle interazioni "vuoto-tempo di coricamento" e "vuoto-stress" ha evidenziato che in presenza di vuoto, sia i tempi di coricamento sia le condizioni di stress, sono sostanzialmente ininfluenti.

Bibliografia

- ISO 9727-1 (2007). Cylindrical cork stoppers – Physical tests – Part. 1: Determination of dimensions.
- ISO 9727 – 2 (2007). Cylindrical cork stoppers – Physical tests – Part. 2: Determination of mass and apparent density for agglomerated cork stoppers.
- ISO 9727 – 3 (2007). Cylindrical cork stoppers – Physical tests – Part. 3: Determination of humidity content.
- ISO 9727–4 (2007). Cylindrical cork stoppers – Physical tests – Part. 4: Determination of dimensional recovery after compression.
- ISO 9727 – 5 (2007). Cylindrical cork stoppers – Physical tests – Part. 5: Determination of extraction force.

- ISO 16420 (2013). Cork. Cork stoppers for stillwines - Mechanical and physical specifications.
- C.E.Liège (2018). *Codice Internazionale delle pratiche per la produzione dei tappi di sughero, rev. 7.00.*
- AA.VV. (2012). *Il sughero. Manuale tecnico per il corretto utilizzo dei tappi.*
- AA. VV. (2011). *NuovoDisciplinare sulle metodiche analitiche per il controllo del tappo di sughero ad uso enologico.*
- *Minitab Inc. (2007). Minitab 15 Statistical software.*
- Giua M., Pampiro F., Fois I., Marzeddu G., Dimauro C., 2012. Indagine sulla massa volumica di tappi tecnici di sughero. Primo contributo. Quaderni del DIRSS N° 3. Agris Sardegna. Sassari.
- Giua M., Pampiro F., Marzeddu G., 2015. Indagine sulla massa volumica di tappi tecnici di sughero - Secondo contributo. Quaderni del DIRSS N° 11. Agris Sardegna. Sassari.
- Giua M., Pampiro F., Fois I., Marzeddu G., Dimauro C., 2012. Indagine sulla resistenza a torsione di tappi tecnici di sughero. Primo contributo. Quaderni del DIRSS N° 2. Agris Sardegna. Sassari.
- Giua M., Pampiro F., Marzeddu G., 2014. Indagine sulla resistenza a torsione di tappi tecnici di sughero - Secondo contributo. Quaderni del DIRSS N° 9. Agris Sardegna. Sassari.
- Giua M., Pampiro F., Marzeddu G., Dimauro C., Gaspa G., 2013. Effetti della stagionatura del sughero sulla tenuta di tappi monopezzo. Primo contributo. Quaderni del DIRSS N° 7. Agris Sardegna. Sassari.
- Giua M., Pampiro F., Marzeddu G., Dimauro C., Gaspa G., 2014. Effetti della stagionatura del sughero sulla tenuta di tappi monopezzo. Secondo contributo: prove di imbottigliamento. Quaderni del DIRSS N° 8. Agris Sardegna. Sassari.
- Giua M., Manuedda R., Marzeddu G., Pampiro F., 2012. Analisi di una partita di sughero grezzo. Stagionatura della materia prima e prestazioni dei tappi naturali. Quaderni del DIRSS N° 1. Agris Sardegna. Sassari.