

PRESENTAZIONE
AUTORI
INDICE TEMATICO

pag 3
pag 5
pag 6

CAPITOLO I
STORIA DEI CONTENITORI

- Origini - '800
- Anni '900 - 1700
- Anni 1800 - 1900
- Anni 1900 - 1970
- Dal 1970 ad oggi

pag 8 *Morando A., Bussi D.*
pag 10 *Morando A., Bussi D.*
pag 12 *Morando A., Bussi D.*
pag 14 *Morando A., Bussi D.*
pag 16 *Morando A., Bussi D.*

CAPITOLO II
BOTTI DI LEGNO

- Essenze legnose per botti
- Legno di rovere e provenienza geografica
- Anatomia e composizione chimica del legno
- Caratteristiche fisiche del legno per botti
- Scelta del legname
- Taglio delle doghe
- Stagionatura del legname
- Costruzione delle botti piccole
- Costruzione delle botti grandi
- Accessori
- Tipologia dei contenitori di legno
- Conservazione e manutenzione delle botti di legno
- Rapporti legno-vino

pag 18 *Morando A.*
pag 20 *Citron G., Morando A.*
pag 22 *Citron G., Lavezzaro S.*
pag 24 *Citron G., Lavezzaro S.*
pag 26 *Citron G., Lavezzaro S.*
pag 28 *Citron G., Morando A.*
pag 30 *Citron G., Lavezzaro S.*
pag 32 *Citron G., Morando A.*
pag 36 *Citron G., Morando A.*
pag 40 *Morando A., Lavezzaro S.*
pag 42 *Morando A., Lavezzaro S.*
pag 44 *Morando A.*
pag 46 *Bosso A.*

CAPITOLO III
VASCHE DI MURATURA
E CEMENTO ARMATO

- Costruzione e utilizzo
- Manutenzione e rivestimenti interni

pag 54 *Morando A., Gozzelino S.*
pag 58 *Morando A., Gozzelino S.*

CAPITOLO IV
SERBATOI DI PRFV

- Composizione dei PRFV
- Costruzione serbatoi di PRFV
- Caratteristiche tecniche e tipologie di serbatoi di PRFV

pag 60 *Morando A.*
pag 62 *Morando A.*
pag 64 *Morando A.*

CAPITOLO V
SERBATOI METALLICI

- Metalli impiegati
- Acciai inossidabili: costituenti e finiture
- Costruzione dei serbatoi: saldature
- Costruzione: materiali e progettazione
- Assemblaggio e condizionamento termico
- Costruzione: accessori e rifiniture
- Manutenzione e conservazione
- Tipologie di serbatoi metallici

pag 66 *Friigo M.*
pag 68 *Friigo M.*
pag 70 *Friigo M.*
pag 72 *Morando A., Soria A.*
pag 74 *Morando A., Soria A.*
pag 76 *Morando A., Soria A.*
pag 78 *Lavezzaro S., Soria A.*
pag 80 *Lavezzaro S., Morando A.*

CAPITOLO VI
ACCESSORI PER VASI
VINARI E TUBAZIONI

- Valvole
- Raccordi
- Portelle e chiusini
- Tubazioni mobili e fisse
- Altri accessori
- Condizionamenti termici e dei gas

pag 84 *Morando A., Dirani G., Lavezzaro S.*
pag 88 *Morando A., Dirani G., Lavezzaro S.*
pag 90 *Morando A., Dirani G., Lavezzaro S.*
pag 92 *Morando A., Dirani G., Lavezzaro S.*
pag 94 *Morando A., Dirani G., Lavezzaro S.*
pag 98 *Morando A., Dirani G., Lavezzaro S.*

CAPITOLO VII
RIVESTIMENTI E LOCALI
DI CANTINA

- Materiali per rivestimenti
- Distribuzione dei rivestimenti
- Pavimenti
- Pareti e soffitti

pag 100 *Morando A.*
pag 102 *Fumi M.D., Morando A.*
pag 104 *Morando A.*
pag 106 *Fumi M.D.*

CAPITOLO VIII
CONTENITORI DI VETRO

- Caratteristiche del materiale
- Composizione e proprietà del vetro
- Produzione della bottiglia
- Caratteristiche delle bottiglie
- Damigiana e fiasco

pag 108 *Dall'Igna R., Scarpa M.*
pag 110 *Dall'Igna R., Scarpa M.*
pag 112 *Dall'Igna R., Scarpa M.*
pag 116 *Dall'Igna R., Scarpa M.*
pag 120 *Lavezzaro S., Morando A.*

CAPITOLO IX
ALTRI CONTENITORI

- Bag in box
- Polietilene tereftalato
- Poliaccoppiati e contenitori metallici
- Lattine e fusti di acciaio

pag 122 *Lavezzaro S., Morando A.*
pag 124 *Lavezzaro S., Morando A.*
pag 126 *Lavezzaro S., Gozzelino S., Morando D.*
pag 128 *Lavezzaro S., Gozzelino S., Morando D.*

CAPITOLO X
TAPPI DI SUGHERO

- Le sugherete
- Produzione del sughero
- Caratteristiche del sughero
- Produzione dei tappi
- Rapporto sughero-vino

pag 130 *Pintus A.*
pag 132 *Pintus A.*
pag 134 *Mazzoleni V.*
pag 136 *Pintus A.*
pag 142 *Dagna L., Marchi D., Lanati D.*

CAPITOLO XI
CHIUSURE ALTERNATIVE

- Tappi sintetici: processo produttivo
- Tappi sintetici: caratteristiche tecniche
- Tappi a vite: processo produttivo
- Altre chiusure
- Altre chiusure e gabbiette

pag 144 *Gozzelino S.*
pag 146 *Gerbi V., Gozzelino S.*
pag 148 *Gozzelino S., Lavezzaro S.*
pag 150 *Gozzelino S., Lavezzaro S.*
pag 152 *Morando A.*

CAPITOLO XII
ABBIGLIAMENTO DELLE
BOTTIGLIE

- Capsule
- Etichette ed etichettatura

pag 154 *Lavezzaro S., Morando A.*
pag 156 *Ferro S., Bussi D.*

CAPITOLO XIII
IMBALLAGGI PER BOTTIGLIE

- Cartone ondulato
- Altri imballaggi

pag 160 *Ferro S., Morando D.*
pag 162 *Morando A., Ferro S.*

CAPITOLO XIV
L'ULTIMO CONTORNO

- Bicchiere

pag 164 *Ferro S., Lavezzaro S.*

CAPITOLO XV
CONTROLLO QUALITÀ

- Principi teorici
- Controllo delle materie sussidiarie in cantina

pag 166 *Tablino L.*
pag 168 *Tablino L., Gozzelino S.*

BIBLIOGRAFIA
INDICE ANALITICO
ELENCO DITTE

pag 172
pag 184
pag 188

(A) - Caratteristiche dei principali legni di quercia

Quercus petraea Liebl (= *Q. sessilis*): corrisponde alla vera rovere. Presenta ghianda corta e rotondeggiante quasi senza peduncolo, foglia grande, scorza irregolare sottile e resistente. Ubiquitaria, poco esigente in fatto di luce, umidità e sostanze nutritive, vive bene fino a 1200 m di altitudine, longeva (300-400 anni, eccezionalmente 700), cresce lentamente e raggiunge 1,5-2 metri di diametro ed un'altezza di 35-40 m.

Quercus robur Ehrh (= *Q. pedunculata*): comunemente conosciuta come farnia, presenta ghianda lunga, ovale, con peduncolo lungo (da cui il nome "pedunculata"), scorza irregolare, spessa e tenera. Si adatta meno alle altitudini elevate rispetto *Q. sessilis*, ma è tendenzialmente più longeva. Predilige climi freschi e terreni fertili dove può raggiungere, eccezionalmente, i 40-50 metri di altezza ed oltre 3 metri di diametro.

Quercus pubescens o **Q. lanuginosa Willd**: roverella, tipica di Spagna, Italia e Penisola Balcanica meridionale. Presenta limitati impieghi locali e spesso compare mischiata nelle partite di legname alle precedenti essenze. Il fogliame dotato di lieve peluria, evidenzia dimensioni nettamente inferiori rispetto a farnia e rovere.

Quercus cerris L. (cerro): origina legnami tenaci e compatti, frequentemente con struttura contorta e forti tensioni interne del corpo legnoso. Nonostante spesso possieda notevole aromaticità, risulta scarso il suo impiego, causa le cessioni di sostanze anche tossiche, ma soprattutto sgradevoli (aldeide formica).

Quercus alba (quercia bianca americana): sotto la dizione *Q. alba*, si ritrovano in realtà, a livello commerciale, diverse specie (*Q. garryana*, *Q. prinus*, stellata, lyrata, bicolor, ecc.), che possono presentare caratteristiche strutturali e aromatiche differenti, perché provenienti da territori diversi tra loro. Vi sono individui tra le querce bianche che possono raggiungere i 35-38 m in altezza, con diametri sino a 150 cm. Comuni soprattutto nelle regioni centrali del Nord America, presentano a volte una composizione abbastanza diversa dal rovere europeo con una minore quantità di polifenoli estraibili, ma un maggiore contenuto in sostanze aromatiche (lattoni) che causa un'influenza marcata (talvolta eccessiva) sul vino. Ciò nonostante, in California, dove l'impiego di barriques e tonneaux è molto diffuso, il rapporto tra legno reperito in loco e proveniente dal Vecchio Continente è all'incirca 1:1. Esiste un discreto impiego di queste specie, per la costruzione di piccoli fusti atti all'invecchiamento di distillati, da cui il nome di Whisky-lattone attribuito da ricercatori giapponesi a gamma-8-metil-lattone, scoperto nel whisky. Infine, va precisato che commercialmente si designa (erroneamente) con il termine rovere, materiale fornito da specie botaniche distinte: *Q. sessilis*, *Q. pedunculata*, *Q. pubescens*.



L'esigenza di avere un contenitore per il trasporto dei liquidi, pratico, leggero e maggiormente resistente rispetto ad altri materiali, da millenni ha trovato risposta nei recipienti di legno, molto prima che si conoscessero le caratteristiche positive di questo materiale per l'affinamento del vino.

Recipienti scavati all'interno dei tronchi di palma vengono addirittura citati da Erodoto (Cantarelli, 1986), utilizzati al tempo degli Assiro-Babilonesi per il trasporto della bevanda di Bacco.

Ovviamente non vanno immaginate le botti come oggi le conosciamo, fatte di doghe accostate e serrate da cerchi metallici, che formano un contenitore caratterizzato dalla tipica convessità. Anche le essenze non erano certo scelte per particolari caratteristiche di pregio ma, semplicemente, si impiegava il materiale più facilmente reperibile in loco, seppure nel corso del tempo si sia ben compreso quali fossero i legnami più adatti alla realizzazione di fusti (A, B, C, D).

Con il tempo si è realizzato come alcune essenze potessero caratterizzare organoletticamente il liquido contenuto, apportando miglioramenti qualitativi, in particolar modo per vino e distillati alcolici.

Il legno dunque possiede delle peculiarità (porosità, composizione) che lo distinguono nettamente da altri materiali utilizzati per la costruzione di vasi vinari e gli permettono di partecipare "attivamente" al processo di evoluzione dei vini. Tale comportamento si manifesta essenzialmente attraverso due importanti fenomeni che avvengono durante l'affinamento:

- 1) la lenta permeazione di ossigeno verso l'interno del fusto grazie alla naturale porosità;
- 2) il rilascio di estraibili, solubili in soluzione idroalcolica, alcuni dei quali dotati di forte impatto aromatico.

L'entità di tali fenomeni è oltretutto in funzione della capacità del contenitore, ovvero del rapporto superficie-volume, in base al quale vi saranno scambi più o meno intensi. Tale evidenza suggerisce scelte ragionate, soprattutto in funzione dell'obiettivo enologico ricercato, prima ancora di esigenze estetiche, logistiche o "ideologiche".

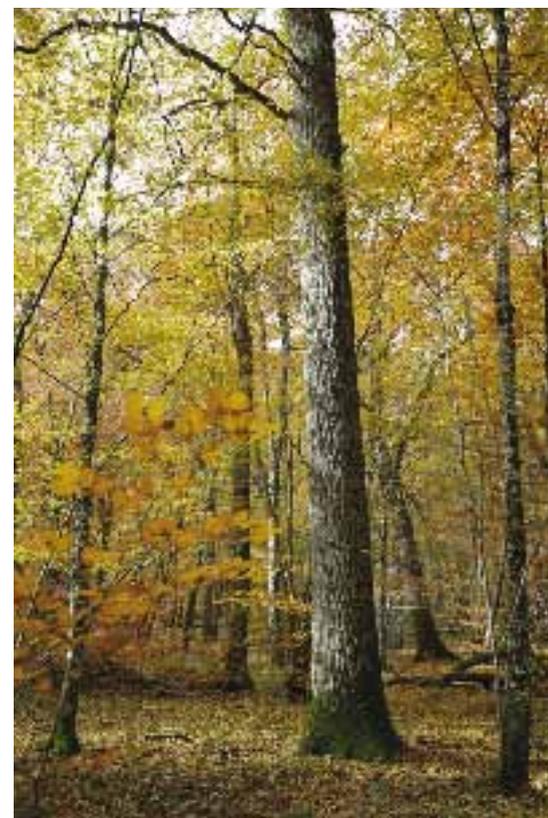
La botte va considerata come uno strumento, una "macchina" ad azione chimica e fisica, capace di elevare i vini verso traguardi qualitativi prestigiosi, semprché gli stessi posseggano caratteristiche (estratto, concentrazione polifenolica, polisaccaridi, grado alcolico) adeguate ad assecondarne l'effetto.

Tra le essenze legnose utilizzate nella costruzione di botti, le querce (solo per alcune specie) si sono imposte nel corso del tempo in maniera quasi totale

grazie alla qualità degli estraibili aromatici abbinata a facilità di lavorazione e porosità contenuta. Altre meritevoli di menzione, ma il cui uso è molto meno frequente in ambito enologico, sono il ciliegio (*Cerasus avium*) l'acacia (*Robinia pseudoacacia*) e, soprattutto, il castagno (*Castanea sativa*). Ulteriori famiglie citate (C) hanno trovato un impiego solo occasionale, seppure non siano da escludere eventuali sperimentazioni.

La quercia appartiene al genere *Quercus*, famiglia *fagaceae* o *cupuliferae*. Le specie che possono fornire materia prima adatta non sono molte: *sessilis* o *petraea* (rovere) e *robur* o *pedunculata* (farnia) oltre *Q. alba* (quercia bianca), con caratteristiche sensibilmente diverse rispetto alle prime. Occasionalmente può comparire nelle partite di legname anche *Q. pubescens* (roverella).

Farnia e rovere sono molto diffuse, in promiscuità (da cui la frequenza di ibridi con caratteristiche intermedie alle due), ed anche al momento dell'assemblaggio della botte non vengono distinte, tanto che in passato venivano considerate un'unica specie. Esempi di ibridazione sono presenti anche in Italia, tra *Q. pubescens* e *Q. petraea*, oppure tra *Q. ilex* (leccio) e *Q. suber* (sughero).



(C) - Essenze legnose per botti di minore utilizzo

Castanea sativa Mill. (castagno - Fam. Fagaceae): largamente diffusa in tutto il bacino mediterraneo, in passato ha trovato vasto impiego per la costruzione della botte, per la facile reperibilità ed il basso costo. Il legno è abbastanza duro e difforme, (fibratura fortemente influenzata dall'ambiente e dal governo del bosco) sostanzialmente elastico e di facile lavorazione; si presenta giallastro appena segato, ma assume in fretta toni più scuri tendenti al nocciolo. Contiene molti tannini che rilascia in abbondanza, perciò richiede durante la stagionatura soventi bagnature in catasta. Per la fabbricazione delle doghe si utilizzano solo i polloni (preferibilmente delle piante selvatiche), tagliati seguendo l'andamento del tessuto vascolare, per ridurre la porosità. Le piante adulte forniscono un legno troppo poroso e non adatto alle curvature.

Fraxinus excelsior (frassino - Fam. Oleaceae): molto diffusa, fornisce legname con struttura abbastanza dura, ma meno compatta del rovere e soggetta a infiltrazioni che richiedono un bottaio esperto per la scelta delle parti adatte a costruire doghe. Può servire per tini e botti da stoccaggio, ma ad oggi è praticamente inutilizzato.

Robinia pseudoacacia (robinia - Fam. Leguminosae): importata dal Nuovo Continente verso il 1600, si è diffusa in Europa solo nella seconda metà del XIX sec. Fornisce un legno molto duro e tenace, difficile da lavorare, poco poroso e con limitate cessioni, per questo in passato ritenuto ottimo per i vini bianchi (oppure rossi molto tannici come il Grignolino). Il suo impiego rimane limitato, oggetto più che altro di curiosità giornalistica.

Cerasus avium (ciliegio - Fam. Rosaceae): fornisce un legno rossiccio, abbastanza resistente, un tempo sfruttato nella fabbricazione dei tini. L'apporto aromatico di tale essenza è notevole, con note speziato e che ricordano il frutto di partenza. Frequentemente i fusti prodotti con tale essenza manifestano problemi di tenuta e inducono rapide ossidazioni. L'impiego principale è per la conservazione dell'aceto balsamico.

Prunus dulcis (= *P. amygdalus*) (mandorlo - Fam. Rosaceae): essenza dura, resistente, ricca di sostanze estrattive amarognole (amigdaline), trova impiego per piccoli recipienti (pochi litri), adibiti alla conservazione di grappa e altri distillati.

Malus domestica e **Pyrus communis** (rispettivamente melo e pero - Fam. Rosaceae): presentano un legno molto tenero con problemi di tenuta delle doghe, quindi con impieghi occasionali.

Morus alba e **M. nigra** (gelso - Fam. Moraceae): utilizzato soprattutto nel periodo di forte diffusione del gelso, le cui foglie erano utilizzate per l'alimentazione dei bachi da seta. Se coltivato in zone fresche di pianura fornisce un legno elastico, ma molto poroso e tenero. Il tronco presenta frequentemente delle spaccature che dal centro si spostano verso l'esterno, causando un forte scarto. Appena segato si presenta di colore giallo intenso che, con la stagionatura, si ossida a marrone cupo. Attualmente trova impieghi limitati e locali in enologia, mentre viene considerato un buon legno per la fase intermedia dell'invecchiamento dell'aceto balsamico modenese.

Juniperus communis (ginepro - Fam. Cupressaceae): pianta arbustiva (massimo 2 m di altezza e 20 cm di diametro) viene talvolta utilizzata per la costruzione di piccole botticelle adatte all'invecchiamento dell'aceto balsamico. Il legno è resinoso, di colore roseo cupo e profumo intenso e piccante. Fornisce materia prima molto dura e compatta, ma fragile al punto da rendere difficoltosa la piegatura delle doghe.

(D) - Le querce hanno una longevità di 300-400 anni; generalmente sono utilizzate attorno ai 120-200 anni. I frutti, detti ghiande, risultano importanti per il riconoscimento varietale (Radoux)

(B) - La verticalità del tronco e l'assenza di nodi rappresentano parametri determinanti per produrre buone doghe. Tale risultato viene ricercato mantenendo il bosco fitto per costringere le piante a svettare verso l'alto alla ricerca della luce (Orion)





(A) - Particolare di duomo e chiusino superiore con diverse tubazioni di collegamento e valvole di sfiato (Dirani)



(B) - Pompa centrifuga fissa, adatta ai rimontaggi (Gimar Tecno)



(C) - Serbatoio di acciaio inox adatto alla fermentazione con macerazione (Siro Aliberti)



(D) - Portella di scarico: può essere tonda, posta leggermente più in alto del fondo per favorire le operazioni di sfiocatura. Oppure, nei serbatoi da vinificazione, rettangolare inserita nel punto più basso del fondo inclinato per consentire l'estrazione delle vinacce



(E) - Serbatoio da fermentazione misto acciaio-legno munito di portella "a ghiottina" con comando pneumatico per le operazioni di svinatura. Altri accessori applicati: valvola di scarico totale, termometro e assaggiavino (Di Zio)

Chiusino superiore (A): prima si opera il foro (taglio a fiamma) e poi si applica il telaio dell'apertura, adottando quasi sempre l'acciaio inossidabile, anche per i serbatoi in ferro smaltato. Il boccaporto non viene mai applicato direttamente sul fondo superiore, ma inserito su apposito camino o duomo, costituito da un cilindro dello stesso materiale del contenitore, posto al centro o ad un lato del tetto

Gruppo livellostato, con indicatore sonoro per avvertire l'imminente riempimento della vasca. In alternativa può essere applicato un comando a distanza che spenga in automatico la pompa di alimentazione

Tubazione fissa per rimontaggio, collegata ad una pompa, solitamente centrifuga

Segnalivello con rubinetto di acciaio inox e tubo in materiale plastico. In caso di autoclavi dev'essere anch'esso a tenuta di pressione

Assaggiavino o prelevacamioni: sistemato in posizione facilmente accessibile

Pompa per il rimontaggio (B)



Rifiniture

Per i serbatoi di acciaio inossidabile, terminato l'assemblaggio, si devono effettuare le necessarie rifiniture per ottenere un adeguato risultato estetico ma, soprattutto, la dovuta protezione dalle ossidazioni.

Per le saldature ad esempio, ad esclusione della parte esterna delle autoclavi che, per legge, vanno lasciate tal quale, è necessario procedere alla loro molatura (possibilmente con dispositivi automatici) in modo da renderle meno evidenti, di facile igienizzazione ed esteticamente apprezzabili (F).

Decapaggio

Le stesse saldature, per azione delle elevate temperature, possono generare nei pressi del punto in cui vengono eseguite dei cosiddetti "punti di calore" che provocano la depassivazione dell'acciaio. In pratica viene rimosso lo strato di ossido che protegge il metallo dai fenomeni di corrosione, rendendo necessario un suo pronto ripristino. Tale operazione definita "decapaggio" consiste nel trattamento della parte interessata con acido fluoridrico e nitrico in grado di rimuovere le macchie di calore ed il sottostante strato impoverito di cromo. La superficie pulita viene poi rapidamente passivata dall'ossigeno presente nell'aria e nell'acqua utilizzata abbondantemente per il risciacquo, ricostituendo le ottimali condizioni di resistenza alla corrosione (G, H).

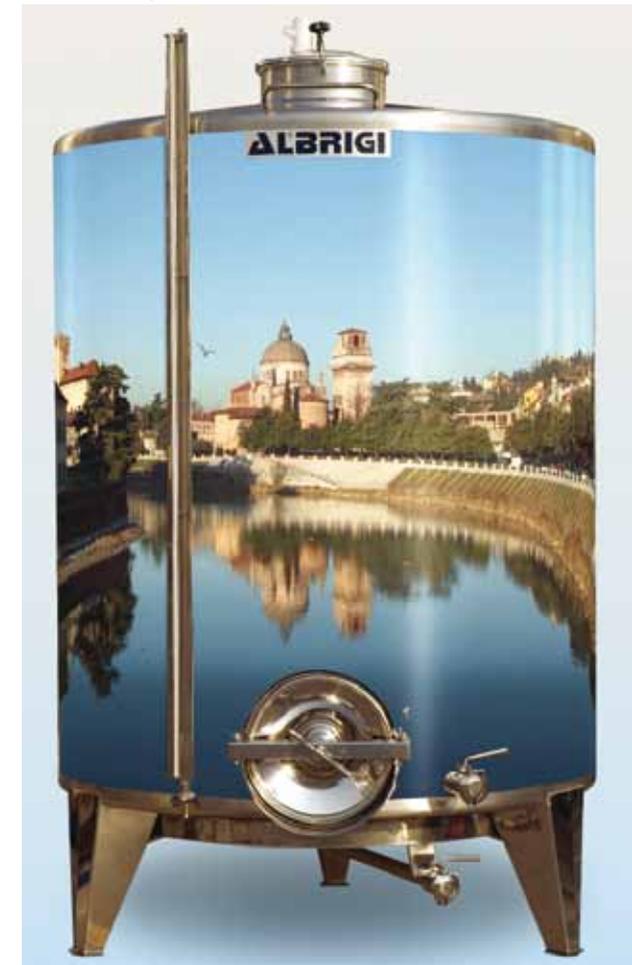
Per i serbatoi isotermitici si deve ancora procedere alla sistemazione dell'isolante (lana di vetro, polistirolo o poliuretano espansi) ed alla copertura dello stesso con una superficie protettiva (lamierino di alluminio o di acciaio inossidabile, PRFV, armaflex, ecc.).

(H) - I moderni stabilimenti enologici, quando accuratamente progettati, sono in grado di abbinare la praticità delle lavorazioni ad un eccellente risultato estetico (Azzini)



(F) - Per i contenitori di ferro smaltato, dopo la molatura delle saldature si effettua la sabbiatura su tutte le superfici quindi, entro 3-4 ore per evitare il riformarsi della ruggine, si interviene con la distribuzione del primo strato protettivo. La formazione del rivestimento (sia interno che esterno) si completa secondo le esigenze dello stesso (polimerizzazione a freddo, a caldo, ecc.) (Gancia)

(G) - Le lamiere di acciaio possono subire un processo di stampa a caldo, ottenendo delle vere e proprie immagini decorative sull'esterno del serbatoio (Albrigi)



(A) - I diversi processi di stampo

Processo soffio-soffio: la macchina I.S. (Individual Section - a sezioni singole), concepita fin dal 1925 e successivamente perfezionata, è prodotta oggi anche a 8 sezioni che possono lavorare a goccia multipla. Dopo il taglio delle forbici, la goccia viene guidata, con opportuni canali, alle singole sezioni. Ogni sezione è costituita da uno stampo abbozzatore e da uno finitore disposti in linea. Il primo riceve la goccia in posizione capovolta ed è sormontato da un anello guida. Attraverso il mandrino di testa avviene la soffiatura, quindi l'abbozzatore si apre e l'abbozzo, sostenuto dallo stampo finitore dove avviene la soffiatura finale. La caratteristica principale di questa macchina è la possibilità di agire indipendentemente su ogni sezione, sia per quanto riguarda la regolazione (raffreddamento stampo, pressioni e tempi di soffiatura), sia, in caso di necessità, di cambio stampi, senza fermare la macchina stessa.

Processo presso-soffio: differisce dal processo soffio-soffio solo per la formatura dell'abbozzo che avviene per pressatura. Alcune macchine sono attrezzate per lavorare con entrambi i processi. Il processo presso-soffio è particolarmente indicato per produrre contenitori ad imboccatura larga (vasi).

Processo presso-soffio-girato: nella macchina rotante, è lo stampo abbozzatore che va a disporsi sotto il foro della vaschetta per ricevere la goccia. L'abbozzo pressato viene fatto girare nello stampo finitore durante la soffiatura; questo permette di non avere sulla superficie segni dello stampo (Fonte: www.glassway.org)



(B) - A sinistra lo stampo abbozzatore nel quale cade la "goccia" e si forma il collo della bottiglia. Il tutto viene poi capovolto e introdotto nello stampo di destra che si chiude e consente la soffiatura del contenitore



(C) - Su ciascuna bottiglia viene impresso un segno di riconoscimento che consente di individuare lo stampo da cui è originata. Questo permette di modificare o sostituire gli stampi che danno frequentemente origine a difetti (Verallia-Saint Gobain)



(D) - La possibilità del vetro di aderire allo stampo viene ovviata con raffreddamento e lubrificazione dello stesso, oggi quasi esclusivamente con grafite colloidale, che migliora la qualità della superficie del vetro, diminuisce l'ossidazione dello stampo e l'adesione (Vetzeria Etrusca)



Formatura

Gli stampi hanno la funzione di raffreddare e dar forma all'oggetto, conferendo allo stesso superfici levigate di buona qualità. Un contenitore è formato da due stampi: prima un "abbozzatore" fa una traccia della bottiglia completa dell'imboccatura, poi lo stampo "finitore" soffia l'abbozzo nella forma finale (A).

Fino a qualche decina di anni or sono, la ghisa era l'unico materiale utilizzato per la produzione di stampi e ancora oggi, nonostante l'avvento degli acciai, essa rimane il materiale più usato per il basso costo e l'elevata conducibilità termica. Gli acciai, dal canto loro, presentano i vantaggi di una migliore lucidatura e una buona resistenza all'ossidazione, ma la minore conducibilità e la durezza rende difficile e costosa la lavorazione.

Le attuali macchine per il vetro cavo in base alle modalità con cui viene formato l'abbozzo si suddividono in: macchine a "soffio" e per "pressatura". Qualunque sia il sistema di alimentazione, queste due fasi vengono ancora rispettate. La formazione dell'abbozzo viene in genere ottenuta in un primo stampo, detto appunto abbozzatore, dal quale, con sistemi diversi a seconda del tipo di macchina, l'abbozzo viene trasferito al secondo stampo finitore dove avviene la soffiatura finale (B, C).

Oltre a conferire la forma, lo stampo funziona da scambiatore di calore che passa dal vetro all'aria di raffreddamento. La superficie a diretto contatto col vetro subisce brusche variazioni di temperatura che si riducono dalla parte raffreddata con aria. È molto importante che la temperatura a contatto con il vetro non sia troppo elevata da comportare l'incollaggio dei due materiali adiacenti (D).

Lo smaltimento del calore degli stampi in vetreria avviene essenzialmente per convezione forzata mediante aria ventilata: raffreddamento continuo della superficie esterna, discontinuo di quella interna o accoppiamento dei due metodi (E).

(E) - Le macchine formatrici, tutt'oggi in uso, utilizzano il medesimo principio adottato nel 1925 da Henry W. Sigle della Hartford Company, il quale inventò la macchina a sezione singola o I. S. Le versioni precedenti di questa macchina aspiravano la goccia di vetro nel forno, mentre nel modello I.S. la stessa goccia viene portata allo stampo abbozzatore. Ciò consente di aumentare notevolmente la capacità produttiva in quanto l'abbozzatore produce un nuovo abbozzo, mentre lo stampo finitore soffia quello precedente. Un altro vantaggio che si rivelò determinante nell'economia della macchina è il fatto che ogni sezione lavora indipendentemente da tutte le altre e quindi la manutenzione di una sezione non blocca tutta la produzione (Verallia-Saint Gobain)

Trattamento "a caldo"

Il vetro appena formato presenta tensioni interne che ne limitano la resistenza meccanica (F, G, H). Queste vengono rilassate con un opportuno ciclo di raffreddamento (ricottura), prima del quale avviene però un "trattamento a caldo" della superficie esterna del contenitore. Nato per garantire l'adesione del successivo trattamento a freddo, consiste nello spruzzare il contenitore (all'uscita dallo stampo e prima dell'ingresso nel forno di ricottura) con una soluzione di tetracloruro di stagno (SnCl_4), cloruro di dimetil stagno $[(\text{CH}_3)_2\text{SnCl}_2]$ o tetracloruro di titanio (TiCl): i sali così depositati pirolizzano a circa 500 °C e fissano sulla superficie del vetro una sottile pellicola di ossido di metallo necessaria appunto per ancorare il successivo "trattamento a freddo" che avviene dopo il ciclo di ricottura. L'acido cloridrico che si forma viene aspirato e allontanato dall'impianto.

Altri metodi per aumentare la resistenza

Tempra termica: al medesimo scopo è in via di sperimentazione un "rafforzamento termico" (comunemente applicato al vetro piano, mentre per il vetro cavo è possibile solo su oggetti a bocca larga tipo i bicchieri), che consiste nell'innalzare la temperatura ai livelli citati e quindi raffreddare rapidamente. In tal modo le superfici esterne restano interessate dalle sollecitazioni di compressione compensate dalle sollecitazioni di trazione interne. Per rendere applicativo tale trattamento è indispensabile che lo spessore del contenitore sia almeno 3 mm e l'imboccatura sufficientemente larga da permettere un'uguale velocità di raffreddamento sulle due facce. Nel 2011, la Emhart Glass ditta produttrice di macchine per il vetro, ha brevettato un processo di formatura che prevede la blanda tempra fisica della bottiglia.

Tempra chimica: tale processo, anch'esso comune per il vetro piano, ad oggi non è praticabile su ampia scala per quanto riguarda le bottiglie in virtù dei lunghi tempi (20 ore) di realizzazione ed il sottile strato (circa 40 μm) interessato dal trattamento. Immergendo il contenitore in un bagno di sali di potassio fusi, o spruzzandolo con tali soluzioni quando è ancora caldo, è possibile realizzare in superficie uno scambio ionico tra il sodio presente nella struttura del vetro ed il potassio della soluzione. Gli atomi di potassio hanno un raggio atomico molto più grande rispetto al sodio, determinando quindi una tensione di compressione che rende il contenitore più resistente a sollecitazioni meccaniche e shock termici (Piergiorgio e Limbo, 2010).



(F) - Il trattamento a caldo viene misurato con le apparecchiature Hot End Coating Meter e Finish Coating Meter della AGR. Secondo il Documento Tecnico CETIE DT 13 (Centre Technique International de l'Emboutillage et du Conditionnement) (Verallia - Saint Gobain)



(G) - Lo spessore medio del trattamento a caldo sul corpo è preferibilmente compreso fra 20 e 50 CTU (unità di conteggio del sistema di misura) (Vetzeria Etrusca)

(H) - Sull'imboccatura il trattamento a caldo in media non dovrebbe superare 20 CTU nei contenitori a bocca stretta (diametro ≤ 38 mm) e 30 CTU per i contenitori a bocca larga e sarebbe opportuno poter abbassare tale soglia fino 10 CTU e 25 CTU (Vetzeria Etrusca)





(A) - Il PET presenta le seguenti caratteristiche chimico-fisiche: struttura amorfa o cristallina (in funzione della velocità di cristallizzazione), elevata durezza e rigidità, resistenza agli idrocarburi (anche quelli aromatici), ai grassi, agli oli, agli acidi e alcali diluiti. Non sopporta invece gli idrocarburi alogenati, acetone, acidi e alcali concentrati (Krones)



(B) - La grande crescita nell'uso di bottiglie di PET ha generato un crescente interesse per il riciclaggio e l'utilizzo di fiocchi e scaglie di PET riciclato (R-PET). Dati i numerosi campi d'impiego di questo materiale, l'impianto di riciclaggio deve essere in grado di garantire una materia prima-seconda (MPS) con caratteristiche conformi alle applicazioni previste: per esempio, le scaglie destinate alla produzione di flaconi e bottiglie richiedono purezze decisamente superiori a quelle necessarie per i fiocchi utilizzati dai produttori di fibre. Per questo motivo vengono progettati impianti e tecnologie differenti a seconda delle diverse applicazioni finali (Krones)

(C) - Le bottiglie di PET sono progettate per sopportare 10-12 bar di sovrappressione, consentendo l'imbottigliamento di vini frizzanti fino a 2,5 bar (Krones)



Le prime esperienze di imbottigliamento del vino, in contenitori di materiale plastico risalgono al 1962 in Francia con bottiglie di PVC. I risultati non furono però positivi, dal momento che bottiglie da un litro, con spessore 0,3 mm, peso 49 g e colore ambra scuro, riuscirono a conservare un vino rosso non oltre 2-3 mesi, a causa della forte ossidazione dovuta alla permeabilità del materiale.

I notevoli vantaggi delle materie plastiche (leggerezza, praticità, basso costo) hanno incentivato il proseguimento degli studi rivolti ad ottenere contenitori idonei. Negli Stati Uniti negli anni 1965-1977 trova notevole diffusione, per bevande gassate, un polimero a base di acrilonitrile (PAN), presto abbandonato per le eccessive cessioni.

PET (Polietilene tereftalato)

Impiegato nel settore alimentare dal 1975 è un polimero che appartiene alle resine poliestere termoplastiche e si ottiene per esterificazione (policondensazione) dell'acido tereftalico, o del suo estere dimeilico, con il glicole etilenico (A).

La formazione della bottiglia avviene in due passaggi distinti: in un primo tempo si procede allo stampaggio della preforma, che solo successivamente verrà modellata secondo le esigenze.

Stampaggio: dopo polimerizzazione a circa 280 °C ed essiccamento del prodotto (trattamento con aria a 175-185 °C) il PET viene ridotto in granuli e trasformato, per estrusione o iniezione, in preforme tipo provetta. La successiva bottiglia sarà ottenuta partendo da questo manufatto attraverso operazioni di stiramento e soffiaggio.

Formazione della bottiglia: si opera a temperature comprese fra 90 e 110 °C (poco superiori alla transizione vetrosa) per evitare la cristallizzazione del polimero che provocherebbe una riduzione della trasparenza. In genere lo stiro longitudinale e trasversale interessa solo le pareti e lascia inalterati l'imboccatura ed il fondo della bottiglia. La trasformazione da preforma a bottiglia (**bi-orientazione**) viene eseguita da una sola macchina dove l'orientazione in senso verticale avviene con un'asta di stiro che spinge all'interno della preforma e quella orizzontale dall'azione del soffio di aria compressa.

Le bottiglie di PET offrono una serie di vantaggi (per altro comuni a diversi contenitori alternativi al vetro), riassumibili in bassi costi di produzione, buona resistenza agli urti, estrema leggerezza e una facilità di lavorazione che consente di plasmare ogni tipo di forma e dimensione (B, C).

Permeabilità all'ossigeno

L'impiego del PET nel settore alimentare, nonostante sia in leggero aumento, è tutt'oggi limitato a causa della relativamente elevata permeabilità all'ossigeno di questo materiale, specie se paragonata al vetro (D). Ciò risulta particolarmente svantaggioso nel caso del vino, il quale deve sostare in bottiglia anche per lungo tempo prima di venir consumato, con rischio di ossidazioni indesiderate e accorciamento della **shelf-life**. Le industrie produttrici di materie plastiche stanno svolgendo in questo senso un'intensa attività di ricerca atta a ridurre al minimo gli scambi con l'esterno ed alcune novità stanno affacciandosi sul mercato (E, F).

Interazione aromi - materie plastiche

Le molecole che formano la frazione aromatica dei vini possono presentare diversa **affinità** con le materie plastiche. Tale fenomeno, in seguito a contatto prolungato fra il liquido e contenitore, potrebbe alterare il bilancio delle specie aromatiche che compongono il vino, alcune delle quali possono essere assorbite a livelli maggiori rispetto ad altre, modificando la percezione aromatica del prodotto. È stato ad esempio dimostrato, in una soluzione che simulava il vino, come alcuni contenitori di PET fossero maggiormente affini all'etil-ottanolo, rispetto al linalolo, il quale diminuisce molto più lentamente. Ciò ha provocato una profonda modificazione dell'equilibrio aromatico della soluzione in esame (Licciardello *et al.*, 2008).

Per tal motivo risulta assolutamente indispensabile trovare una protezione che limiti al minimo tale inconveniente. Sembra che alcune soluzioni proposte per evitare la permeazione dell'ossigeno possano agire anche in tal senso, ma le sperimentazioni sono tutt'ora in corso.

Cessioni

In rarissimi casi in cui la lavorazione del materiale plastico abbia subito qualche anomalia è possibile una **contaminazione** degli alimenti da parte dell'aldeide acetica che, pur essendo un prodotto naturale e non pericoloso per l'uomo, potrebbe avere ripercussioni negative sulla qualità del prodotto. Molto meno frequente, per quanto possibile, è la migrazione del benzene determinata per la prima volta in uno studio del 1994, da Komolprasert *et al.* Tali contenitori sono in ogni caso sottoposti ad una serie di controlli severi, che limitano al minimo il rischio di contaminazione e i difetti di lavorazione.

(D) - Permeabilità all'ossigeno dei più comuni polimeri plastici (Rocculi *et al.*, modificato)

Materiale polimerico	permeabilità all'ossigeno Spessore 25 micron (cm ³ /m ² 24 h 1 bar)
Polietilene a bassa densità (LDPE)	7000 - 8000
Polietilene a alta densità (HDPE)	2800 - 3000
Polipropilene (PP)	2300 - 3700
Cloruro di polivinile plastificato (PVC)	6000 - 9000
Polistirene (PS)	3800 - 5400
Polietilene tereftalato (PET)	45 - 90
Poliammide 6 (PA6)	20 - 40
Poliammide 11 (PA11)	500 - 1500
Cloruro di polivinilidene (PVDC)	12 - 100
Copolimero etilene vinil alcol (EVOH)	1 - 2
Poliammide aromatica (MXD6)	1 - 2
Poliacrilonitrile (PAN)	7 - 12

Per limitare la permeabilità all'ossigeno e, di conseguenza, le interazioni liquido materia plastica, diverse aziende si sono attivate sperimentando diverse soluzioni al riguardo. Al momento esistono due differenti soluzioni: una prima costituita da molecole lavorate in miscela con il PET in grado di assorbire l'ossigeno evitando che possa ossidare il contenuto. L'altra soluzione, attualmente più applicata, è formare una materia plastica multistrato, aggiungendo al classico PET un ulteriore rivestimento che risulti impermeabile all'ossigeno (ossido di silicio, etilene vinil alcol, ecc.) e al tempo stesso assolutamente trasparente e lavorabile

(E) - Fra gli innumerevoli vantaggi offerti dai contenitori di PET vi è la possibilità di forme e colorazioni fra le più svariate e particolari. A fianco, insieme a bottiglie dalla forma originale, si può scegliere di imitare le più classiche di vetro come la ben nota "bordolese", oggi giorno con risultati di assoluta qualità (PET Engineering)



(F) - L'immagine sotto mostra bottiglie dal colore scuro che, oltre a mascherare il prodotto all'interno, lo proteggono efficacemente dalle radiazioni luminose (Krones)



(A) - Parametri fondamentali previsti dalla normativa UNI 11311/2009

Parametro	Descrizione
Conformità legislativa	verifica i limiti di migrazione totale e specifica dei diversi composti utilizzati nella produzione del tappo
Inerzia sensoriale	analizza i possibili impatti organolettici del tappo sul vino
Sostanze estranee	certifica l'assenza di cessioni di sostanze tossiche
Caratteristiche meccaniche	cellulazione: omogeneità di distribuzione della materia plastica e rapporti vuoto/pieno
	elasticità: capacità del tappo di riassumere le dimensioni originarie in seguito a compressione
	impermeabilità: adeguata barriera ai gas, specie O ₂ e CO ₂ , ma anche alle sostanze volatili del vino
	dimensioni costanti: mantenimento delle caratteristiche dimensionali e ponderali al variare delle condizioni ambientali di stoccaggio
	pigmentazioni e stampa: eventuali decorazioni devono rispondere alla normativa comunitaria che regola l'uso dei coloranti a contatto con gli alimenti



(B) - Al tappo sintetico vengono applicati i medesimi test riservati al sughero, per verificarne le rispondenze chimiche, ma soprattutto fisiche. Prove di trazione, torsione, elasticità ecc. vengono perciò abbinate alle analisi sul vino imbottigliato (acidità volatile, solforosa, ossigeno disciolto, ecc.) osservando l'evoluzione dei principali parametri impuntabili all'evoluzione del prodotto (Nomacorc)

(C) - Spesso le analisi sensoriali prodotte da panel ben addestrati possono riscontrare differenze più nette rispetto ai comuni parametri chimici. Le differenze evolutive percepibili a livello sensoriale risultano più marcate per i vini bianchi rispetto ai rossi, evidentemente più sensibili alle ossidazioni (Fontanafredda)



Requisiti di qualità dei tappi sintetici

Il crescente consenso ottenuto da queste chiusure nel mondo enologico ha fatto nascere la richiesta di maggiori garanzie da parte degli utilizzatori e la regolamentazione degli standards industriali da parte dei sempre più numerosi produttori, con l'istituzione di una normativa volontaria di riferimento, la **UNI 11311 del 2009 (A)**. Essa stabilisce elementi oggettivi, basati sulla verifica di numerosi parametri (fisici, meccanici, diffusivi, sensoriali, chimici, igienici), da confrontare con indici numerici o alfanumerici. Il rispetto di questi requisiti consente al produttore di dimostrare la conformità ai due principali Regolamenti Europei: il **Reg. CE 1935/2004** (Disposizioni Generali per il Food Contact) e il **Reg. CE 2023/2006 (GMP)**.

Questi parametri consentono di mettere in luce alcune problematiche tipiche dei tappi di materiale sintetico e pongono dei possibili punti di riferimento per le trattative commerciali tra produttore e utilizzatore, che basano la bontà del prodotto su dati oggettivi e misurabili.

La sperimentazione sui tappi sintetici

Molte cantine hanno intrapreso, alla fine dell'altro secolo, sperimentazioni per verificare l'effetto dei tappi sintetici sulla qualità del vino in conservazione. In alcuni casi la collaborazione con enti di ricerca ha permesso un'impostazione scientifica delle prove e una valutazione statistica dei risultati. Ad esempio in una serie di prove su tre vini bianchi e cinque rossi DOC piemontesi della vendemmia 2001 sono state confrontate le performances di tappi di sughero e sintetici per 24 mesi, rilevando i **dati chimico-fisici** ogni tre mesi (B). Sugli stessi campioni sono stati condotti **test sensoriali** di riconoscimento (duo-trio test) per verificare oggettivamente l'esistenza di differenze percepibili dagli assaggiatori (C).

Le differenze riscontrate per i principali parametri analitici misurabili (acidità volatile, colore, SO₂ libera) sono state di modesta entità e con una certa variabilità interna, pertanto non sono state raggiunte differenze statisticamente significative.

I test sensoriali, condotti dallo stesso panel addestrato a scadenza trimestrale, hanno fornito risultati molto differenziati per i diversi vini: i **vini bianchi** presentavano differenze statisticamente significative a partire dal sesto mese, per alcuni **vini rossi** più delicati il riconoscimento è avvenuto a partire dal dodicesimo mese, mentre per qualche tipologia di vino rosso molto ricco di colore (vini da uve dolcetto)

il riconoscimento non è stato possibile nemmeno a ventiquattresimo mese. A livello descrittivo i vini tappati con tappo sintetico presentavano (soprattutto i bianchi) anticipati sintomi di decadimento ossidativo. Tale comportamento è probabilmente da attribuire all'**effetto memoria** subito dai tappi polimerici: essi tendono ad assumere con il tempo le dimensioni del collo della bottiglia, perdendo gran parte della loro elasticità. Inoltre le escursioni termiche possono provocare la perdita di pressione della chiusura sul collo della bottiglia permettendo l'ingresso di ossigeno all'interfaccia tra tappo e collo.

A volte la scarsa tenuta può essere dovuta alla parziale deformazione del tappo al momento dell'inserimento nel collo della bottiglia, causata da una non perfetta centratura e allineamento del tappo stesso (D). Le deformazioni, anche rilevanti, sono spesso di piccola entità, ma non prive di conseguenze. È quindi necessario procedere a una perfetta regolazione del tappatore per evitare questi inconvenienti.

Nuove prospettive del tappo sintetico

I primi tappi alternativi presentavano difetti macroscopici superati grazie ad un ampio lavoro di ricerca svolto dagli istituti preposti e dalle stesse ditte produttrici. Ad esempio, la riduzione della permeabilità specifica ai gas (e quindi all'ossigeno) di alcuni polimeri plastici, la rapida perdita di elasticità (E) riscontrata nelle sperimentazioni sopra ricordate, la scarsa aderenza al collo della bottiglia, le difficoltà di estrazione con cavatappi, sono alcuni degli inconvenienti risolti grazie all'impiego di mescole migliori, abbinate a processi produttivi più consoni.

È oggi ambizione dei produttori di alternativi offrire una chiusura durevole nel tempo, che possa garantire la perfetta conservazione del vino nell'arco di più anni. Oppure, al contrario, riprodurre la **microossigenazione** in bottiglia, modulabile in base alle esigenze del prodotto, includendo nel tappo una membrana in grado di regolare il passaggio di ossigeno (F).

Soluzioni all'avanguardia sono state proposte anche per la chiusura dei vini frizzanti e **spumanti** in cui la sovrappressione in bottiglia gioca un ruolo fondamentale. Questa tipologia di chiusure "tecnologiche" rappresenta oggi un mercato con ampi margini commerciali, ma i costi di produzione più elevati fanno lievitare il prezzo finale, che non differisce molto da quello del tappo di sughero. Solo ottimizzando i processi produttivi e abbattendo perciò i costi, il tappo sintetico per spumanti potrà avere futuro (G, H).



(D) - Deformazioni anche lievi del sintetico che possono avvenire al momento dell'imbottigliamento provocano la non perfetta aderenza del tappo al collo della bottiglia, con conseguente aumento degli scambi gassosi con l'esterno. Ciò si traduce in una perdita di biossido di zolfo dal vino ed una contemporanea ossidazione dello stesso. Il prodotto andrà pertanto incontro ad un precoce invecchiamento, riducendo drasticamente la propria vita utile



(E) - L'inserzione nel corpo del tappo di un "telaio" rigido minimizza la perdita di spinta elastica da parte della chiusura sulle pareti del collo della bottiglia, riducendo il passaggio di ossigeno (Guala Closures)

(F) - L'apposizione di una membrana semipermeabile interna al tappo potrebbe riprodurre gli scambi gassosi che avvengono con la chiusura di sughero, favorendo così l'affinamento in bottiglia e scongiurando la formazione di aromi indesiderabili (Korked)



(G) - Tappo policomposto a densità differenziata che permette di ottimizzare le caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche della tipica chiusura a "fungo" (Milova Plast)

(H) - Alcuni tipi di tappi sintetici (Labrenta)