

a cura di ENRICO MARENGO, ARCHITETTO, AMETHYST SRL



I FABBISOGNI TERMICI DELLA CANTINA

L'USO DEL CALDO E DEL FREDDO NEGLI ULTIMI DECENNI HA RIVOLUZIONATO L'ENOLOGIA: OGGI L'ATTENZIONE SI SPOSTA SULLA SOSTENIBILITÀ

Il "maestro di cantina" conosce, spesso in modo empirico, l'importanza degli aspetti termici durante il processo di vinificazione: tutte le strade atte a sfruttare il fresco o il caldo naturale sono state percorse (cantine sotterranee, orientamento dei bocchettoni d'areazione secondo i venti o l'esposizione,...). Da qualche decennio le esigenze di garantire la stabilità biologica e fisico-chimica del vino e di abbreviare i cicli di vinificazione hanno portato le cantine ad utilizzare mezzi di condizionamento delle temperature slegati dagli andamenti stagionali e dal clima del luogo. I fabbisogni energetici devono essere quantificati durante le varie fasi del processo e considerati in fase di progettazione. In questo articolo intendiamo discutere alcune linee guida.

GLI EFFETTI DELLE TEMPERATURE SU COMPONENTI E PROCESSI

Spesso la scelta della temperatura ottimale durante una fase del processo di vinificazione deriva da un compromesso tra le azioni favorevoli e sfavorevoli degli effetti termici sul mosto o sul vino.

Enzimi e proteine

I valori ottimali per l'attività degli enzimi si colloca in genere tra i 15 e i 25 gradi; oltre una certa soglia di temperatura si interrompe a causa della coagulazione della struttura proteica degli enzimi stessi. Il livello di temperatura che porta alla denaturazione varia a seconda delle proteine e agisce sulla natura dei prodotti secondari della fermentazione. Se si effettuano trattamenti enzimatici occorre tener conto di questi parametri. Ad esempio, se si sceglie il metodo enzimatico per la chiarifica dei mosti bianchi non bisogna raffreddarli a meno di 15-18 gradi, almeno nella fase di azione degli enzimi.

Lieviti e batteri

L'intervallo di temperatura per l'azione dei lieviti è di norma più ampio e più "freddo" di quello dei batteri (di interesse enologico), che sono più termofili. Per i primi si colloca (con notevoli

differenze tra i ceppi) di norma tra i 12 e i 30 gradi, con optimum di temperatura (sotto il profilo della vita dei lieviti e dei loro processi metabolici, non necessariamente per la qualità del vino desiderata...) intorno ai 20-25 gradi. Per i secondi, con notevoli differenze tra le specie e i ceppi, dai 18-22 (batteri lattici) ai 35 gradi (batteri acetici). Il condizionamento della temperatura

I VALORI OTTIMALI PER L'ATTIVITÀ DEGLI ENZIMI SI COLLOCA IN GENERE TRA I 15 E I 25 GRADI; OLTRE UNA CERTA SOGLIA DI TEMPERATURA SI INTERROMPE A CAUSA DELLA COAGULAZIONE DELLA STRUTTURA PROTEICA DEGLI ENZIMI STESSI

di fermentazione è la più nota applicazione del caldo e del freddo in enologia, con i suoi riflessi microbiologici e tecnologici, per cui non ci dilunghiamo sull'argomento. La fermentazione malolattica richiede il riscaldamento dei locali o delle vasche a 18-20 °C dopo

la fermentazione alcolica (a meno di usare ceppi batterici selezionati meno esigenti in temperatura);

Conservazione in vasca o in botte

Temperature ottimali intorno ai 15 gradi per limitare il rischio di malattie batteriche ed eventualmente della fermentazione malolattica, qualora non desiderata; per i vini da invecchiamento occorre anche considerare che a queste temperature le reazioni chimiche tipiche del processo (in particolare la polimerizzazione dei tannini e la formazione di aromi terziari) sono lente, quindi l'affinamento richiede più tempo. Accelerarlo aumentando le temperature è possibile ma di norma non consigliabile per prodotti di alta qualità. Un caso particolare è quello dell'invecchiamento forzato di vini con carattere ossidativo, per mezzo del riscaldamento naturale (metodo "Sotlera" e metodo "Madera", invecchiamento con calore solare, in fusti, in bottiglia), o per mezzo di trattamento termico industriale.

Spumanti: l'influenza della temperatura sui gas disciolti

La soglia di saturazione di un vino aumenta al diminuire della temperatura (O_2 , CO_2), cioè i gas sono più solubili in un liquido più freddo. Applicazioni

pratiche di questo concetto riguardano ad esempio la climatizzazione della cantina per garantire un adeguato livello di CO₂ disciolta; il raffreddamento dei vini effervescenti prima del dégorgeamento o della filtrazione per limitare le fughe di CO₂; presa di spuma per i vini frizzanti e spumanti a basse temperature (11-16 gradi) per favorire la formazione di perlage fine e persistente e spuma.

Macerazione

Temperature elevate favoriscono il trasferimento del contenuto delle cellule dell'uva (della buccia in particolare) in forza dell'azione congiunta di tre fattori:

- aumento della permeabilità cellulare,
- diminuzione delle forze dovute alla tensione superficiale dell'acqua,
- diminuzione della viscosità.

Questo comporta che nella vinificazione in rosso, poiché la macerazione e la fermentazione sono, solitamente, contemporanee, le temperature scelte dall'enologo nelle varie fasi del processo siano frutto di un compromesso tra esigenze diverse.

"La raccolta dell'uva inizia una mezz'ora dopo il levar del sole e se la giornata si presenta senza nuvole e calda, si cessa tra le 9h00 e le 10h00, in quanto dopo quest'ora, il grappolo si riscalda e il vino assume un colore rosso. Nei giorni nuvolosi, siccome il grappolo mantiene la propria freschezza, la raccolta può continuare per tutta la giornata" Dom Pérignon (Fine 17.mo secolo). Il cellario dell'Abbazia di Hautvillers aveva già capito l'importanza della temperatura per la vinificazione delle uve della Champagne.

Poiché la fermentazione è un processo esotermico di norma non è necessario riscaldare i mosti in fermentazione, è più comune raffreddarli per evitare gli eccessi. Fanno eccezione la termovinificazione (riscaldamento pre-fermentativo a 65 gradi per breve tempo) e la sovraestrazione post-fermentativa (riscaldamento del mosto a 35 gradi prima della svinatura), oltre che l'eventuale riscaldamento per favorire l'avvio

della fermentazione in climi freddi o su raccolte tardive.

Sedimentazione e precipitazione

Al diminuire della temperatura, le particelle colloidali del mosto o del vino tendono ad agglomerarsi in fiocchi la cui velocità di sedimentazione è proporzionale alla dimensione. Per quanto riguarda i mosti, l'abbassamento della temperatura ritarda l'attivazione del processo di fermentazione consentendo la sedimentazione in tempi più lunghi (ma ricordando che, per contro, si riduce l'attività enzimatica pectolitica, il cui optimum è intorno ai 20 gradi). Per la decantazione a freddo invece i mosti si raffreddano a 5 °C; durante la chiarifica naturale o la collatura (freddo invernale o climatizzazione) la temperatura di lavoro è sui 10 gradi; per i locali di remuage per gli spumanti prodotti col metodo classico le temperature delle cantine sotterranee sono ottimali.

Precipitazione del bitartrato di potassio

Il vino è una soluzione sovrasatura di



questo sale, per effetto dei colloidali protettori che ne rallentano la cristallizzazione: a bassa temperatura però la solubilità diminuisce fino a determinare la formazione di precipitati cristallini. È il principio della stabilizzazione tartarica a freddo.

Volatilizzazione

La maggior parte dei composti volatili lo sono di più a temperature elevate. La temperatura della fermentazione alcolica influenza la perdita, o la conservazione, di molecole volatili a basso peso molecolare che si formano nel corso della fermentazione stessa (esteri, acetati) e dello stesso alcol etilico.

Cambiamento dello stato dell'acqua

La formazione di ghiaccio o l'evaporazione consentono di diminuire la quantità in acqua dell'uva, del mosto o del

NELLA VINIFICAZIONE IN ROSSO, POICHÉ LA MACERAZIONE E LA FERMENTAZIONE SONO, SOLITAMENTE, CONTEMPORANEE, LE TEMPERATURE SCELTE DALL'ENOLOGO NELLE VARIE FASI DEL PROCESSO SONO FRUTTO DI UN COMPROMESSO TRA ESIGENZE DIVERSE

vino. Applicazioni pratiche riguardano la raccolta e spremitura dell'uva gelata (eiswein); la crio-estrazione pre-fermentativa su mosti di uve nere; la concentrazione dei vini col freddo per sottrazione di ghiaccio; l'appassimento e la disidratazione dell'uva passa al sole o in fruttaio.

ELEMENTI PER IL CALCOLO DEI FABBISOGNI

Normalmente si assume che vengano adottate vasche in acciaio inox.

Per la **stabilizzazione a freddo** si considera generalmente di utilizzare vasche con un coefficiente di trasmissione termica globale della superficie di

$0,65 \text{ J/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C s}$ con uno strato isolante di 5 cm, mentre per le altre operazioni in vasca inox non isolata un coefficiente di trasmissione termica di $4,6 \text{ J/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C s}$. Normalmente per il riscaldamento si usa acqua calda e per il raffreddamento un sistema di refrigerazione a glicole o glicerina con torre di raffreddamento ad acqua con un $T=5,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ tra mezzo refrigerante e mezzo refrigerato. Il coefficiente di prestazione (COP di una macchina frigorifera, rapporto fra il calore assorbito dalla sorgente a temperatura più bassa e il lavoro speso) del sistema è indicativamente pari a 3,5. Naturalmente per il calcolo del fabbisogno termico, la temperatura ambiente è la variabile che maggiormente condiziona il consumo energetico.

Valori normalmente utilizzati per le varie fasi:

Ricevimento delle uve: no fabbisogno termico ad eccezione delle uve stoccate a freddo per la produzione di vini bianchi/spumanti nelle aree calde o a temperatura negativa per ottenere concentrazioni zuccherine per crio-estrazione.

Pressatura delle uve: di norma no fabbisogno termico.

Termovinificazione dei vini rossi: temperatura di default di $65 \text{ } ^\circ\text{C}$ per una durata di circa 10 ore. Quindi si deve tener conto del fabbisogno necessario per passare da temperatura ambiente a quella voluta, tenendo conto delle perdite di calore dalla vasca all'ambiente. Trattamenti a freddo pre-fermentativi: si deve tener conto delle perdite termiche tra la vasca e l'ambiente nel portare la temperatura del prodotto da quella ambiente a quella di trattamento a freddo. Per i vini rossi si considera una temperatura di trattamento a freddo di $10 \text{ } ^\circ\text{C}$ ed una durata del trattamento di 110 h; per gli altri vini una $T=12,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ e una durata di 12 h.

Fermentazione: la refrigerazione richiesta per la fermentazione è calcolata considerando la differenza tra la temperatura prima della fermentazione e quella durante la fermentazione, il calore sviluppato durante la fermentazione e le perdite di calore tra vasca e ambiente.

Rifermentazione per vini frizzanti e spumanti: per il metodo classico, in cui la rifermentazione avviene in bottiglia, si considera una temperatura ottimale di circa $12\text{-}13 \text{ } ^\circ\text{C}$, che è la temperatura standard di cantine interrato e quindi naturalmente condizionate. L'energia usata per il ricircolo di aria viene stimata utilizzando un valore di default di $2,0 \text{ KWh}/1000 \text{ litri}$ di vino fermentato.

Fermentazione malolattica: il riscaldamento richiesto per la fermentazione malolattica in vasca si basa sul calore necessario per passare dalla temperatura ambiente a quella di fermentazione ($19\text{-}20 \text{ } ^\circ\text{C}$), considerando le perdite dalla vasca all'ambiente. L'impiego di energia per il ricircolo dell'aria per la fermentazione malolattica dei vini in barrique è normalmente stimata usando un valore di default di $2,0 \text{ KWh}/1000 \text{ litri}$ di vino fermentato. Normalmente si considera la temperatura ambiente per la fermentazione malolattica in barrique di $5 \text{ } ^\circ\text{C}$ superiore a quella di fermentazione. La richiesta energetica per scaldare l'ambiente e mantenerlo a temperatura costante si stima in $2,5 \text{ MJ/litro}$ fermentato assumendo una durata della fermentazione di 56 giorni.

Chiarificazione, stabilizzazione: i dati normalmente assunti per la stabilizzazione a freddo sono $-2,0 \text{ } ^\circ\text{C}$ per la temperatura e una durata di 950 h. La temperatura e il tempo di trattamento variano a seconda della tecnica di stabilizzazione in particolare qualora vi sia o no l'apporto di cristalli di bitartrato. Esistono anche validi software per calcolare la stabilità tartarica sulla base dei dati analitici di potassio, acido tartarico e pH.

Maturazione e conservazione: normalmente avvengono in botti e in cantine interrato o in locali ben isolati senza necessità di un condizionamento addizionale dell'aria per la cui circolazione si suppone un utilizzo di energia pari a $5,7 \text{ KWh}/1000 \text{ litri}$ di vino.

Sboccatura per la spumantizzazione con metodo classico: si assume normalmente un utilizzo energetico pari a $8,5 \text{ KWh}/1000 \text{ litri}$ di vino.

Imbottigliamento: no energia termica per il processo, ma temperatura di lavoro da mantenere costante, come pure l'umidità per il confezionamento. Tuttavia una fonte di energia può essere considerata, in particolare, per i casi di recupero e lavaggio di bottiglie, pastorizzazione di vini o imbottigliamento a caldo.

L'EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI EDIFICI

Per migliorare l'efficienza energetica "dell'edificio cantina" due sono le strade da seguire:

- diminuzione delle necessità energetiche dell'involucro edilizio (nozione di eco-progettazione)
- utilizzo più efficiente in termini di rendimento nell'utilizzo dell'energia necessaria.

La prima azione da fare è dunque migliorare il comportamento "passivo" del sistema edilizio di cantina limitando quanto più possibile le "perdite" energetiche. Bisogna quindi intervenire:

- sui sistemi di ventilazione evitando

l'utilizzo di sistemi "aperti" e privilegiando invece l'utilizzo di sistemi il più possibile "chiusi" ove nelle fasi di ricircolo l'energia non solo non viene dispersa nell'ambiente, ma al contrario viene recuperata e riutilizzata (tenendo ben presenti, in parallelo, i rischi di sviluppo di muffe);

- sulle caratteristiche passive del sistema edilizio utilizzando materiali e sistemi che limitino quanto più possibile la dispersione dell'energia verso l'ambiente esterno grazie alla loro capacità di isolamento e alla loro elevata inerzia termica;
- per i nuovi edifici sulle fasi di "concezione" dell'involucro edilizio facendo una progettazione ottimizzata sull'utilizzo tecnologico dell'edificio e sul corretto inserimento dell'edificio nell'ambiente (localizzazione ed esposizione).

La seconda azione deve invece mirare all'ottimizzazione delle prestazioni dei sistemi di distribuzione preferendo quelli che utilizzano fluidi con bassa energia (30/34 ° C per riscaldamento e 10/12 ° C per raffreddamento). Tali sistemi si

prestano particolarmente ad essere utilizzati con sistemi di produzione dell'energia che utilizzano fonti di tipo rinnovabile.

ESEMPIO 1, LE MORTELLE (CASTIGLIONE DELLA PESCAIA, TOSCANA)

La sfida di Antinori, in questo caso, è consistita nel realizzare una cantina a basso impatto ambientale e paesag-



gistico, ponendo grande attenzione al risparmio ed alla chiusura dei cicli energetici, oltre alla ricerca di un'ottimale integrazione nell'ambiente collinare circostante. La cantina ha una forma semisferica semi-ipogea, rimane celata per la maggior parte del suo volume in una collina che si trova naturalmente all'interno della tenuta. Si sviluppa su tre piani, ognuno dei quali, secondo una sequenza per caduta, è adibito a svolgere una funzione produttiva ben precisa: partendo dall'alto, al secondo piano viene conferita l'uva che, per gravità, passa al piano sottostante per i vari processi di vinificazione; al piano seminterrato sorge la barricaia per l'invecchiamento, ricavata in uno sperone di roccia lasciato a vista, con lo scopo di fornire una regolazione naturale del clima e dell'umidità all'interno del locale. Questo processo produttivo, sicuramente innovativo nel panorama delle aziende vitivinicole, permette non solo di garantire un ottimo controllo di qualità in ogni singola lavorazione, ma permette anche di ridurre notevolmente il consumo di energia.

Sempre per caduta, l'anidride carbonica, prodotta in piccole quantità dalle lavorazioni, scende per gravità in un pozzo sistemato nel pavimento del piano seminterrato e successivamente distribuita nei vigneti.

La cupola di copertura della cantina è realizzata con una struttura in legno lamellare ed acciaio, al di sopra della quale è stato realizzato un tetto vegetale, con la funzione di fornire un corretto isolamento termico e un adeguato raffrescamento naturale nei mesi più caldi.

ESEMPIO 2: CONTERNO FANTINO (MONFORTE D'ALBA, PIEMONTE):

L'intervento di ristrutturazione ed ampliamento della cantina è stato concepito con l'obiettivo di minimizzare l'impronta ambientale dell'attività; si è quindi intervenuti sui locali esistenti migliorando il comportamento "termico" delle murature, dei serramenti e delle coperture mentre per i nuovi locali si è privilegiata ove possibile la collocazione interrata, e quando questo non era possibile, curando con particolare attenzione la loro



“esposizione” in funzione della loro destinazione d'uso. È stata poi fatta una attenta valutazione dei fabbisogni energetici non solo in termini quantitativi ma prestando particolare attenzione al livello energetico e alla



distribuzione temporale dell'energia richiesta.

A seguito di tale analisi si è scelto di produrre l'energia termica necessari all'attività utilizzando un sistema costituito da:

- Pompa di calore geotermica (con sonde geotermiche verticali)
- Pannelli solari termici
- Caldaie a metano a condensazione (per i carichi di picco). L'integrazione e la ottimizzazione dell'uso delle varie fonti è realizzata utilizzando un PLC (controller a logica programmabile) di tipo industriale con un software dedicato che “sceglie” in funzione delle richieste energetiche, dei vari parametri esterni e dei “costi” di produzione quale fonte energetica utilizzare.

L'utilizzo di energia elettrica è stato ottimizzato lavorando sia nella scelta delle attrezzature tecnologiche sia utilizzando sistemi di illuminazione a LED controllati da rilevatori di presen-

za per ottimizzarne l'utilizzo.

Per il mantenimento dell'umidità relativa in cantina si è fatto scorrere in continuo su una parete verticale dell'acqua proveniente dal recupero delle acque piovane; quando l'umidità in cantina non raggiunge i livelli richiesti sono utilizzate delle UTA (unità di trattamento d'aria) ed un generatore di vapore.

L'analisi dei risultati ottenuti in due anni di attività evidenziano un sensibile risparmio dei costi di gestione, un minor consumo energetico e dunque una diminuzione della CO₂ introdotta nell'ambiente.

LA FRIGORIA

La frigoria è una unità di misura impropria, utilizzata per gli impianti di condizionamento o raffreddamento, che misura la quantità di calore che bisogna sottrarre ad 1 kg di acqua distillata per abbassare la sua temperatura da 15,5°C a 14,5°C. Di conseguenza: 1 Fr = 1 kcal. La Frigoria (Fr) può essere assimilata, per definizione, alla caloria (kcal), che è la quantità di energia necessaria per innalzare la temperatura di 1 kg di acqua distillata da 14,5°C a 15,5°C, alla pressione di 1 atmosfera. Vale infine la seguente uguaglianza: 1 watt = 0,86 Fr/h.

BIBLIOGRAFIA

Aspects pratiques des traitements thermiques des vins, A. BRUGIRARD e J. ROCHARD, 1991, Collection Avenir Œnologie.