

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA  
DIPARTIMENTO TERRITORIO E SISTEMI AGRO-FORESTALI

**Corso di laurea triennale in scienze e tecnologie viticole ed  
enologiche**

Processi ed innovazioni per l'automatizzazione delle  
lavorazioni enologiche pre-fermentative e fermentative

Relatore

Dott. Lorenzo Guerrini

Co-Relatore

Dott. Alessandro Zanchin

Laureando Niccolò Lazzari

Matricola n. 1221739

ANNO ACCADEMICO 2022/2023

# INDICE

	Pagine
RIASSUNTO .....	4
ABSTRACT .....	5
INTRODUZIONE .....	6
CAPITOLO I – INDUSTRIA ENOLOGICA 4.0 .....	7
1.1 L'industria enologica 4.0 .....	7
1.1.1. <i>Industria enologica 4.0 nelle fasi pre-fermentative e fermentative</i> .....	9
1.1.2. <i>Elenco strumenti innovativi coinvolti</i> .....	11
CAPITOLO II – SELEZIONE DELLE UVE POST CONFERIMENTO .....	12
2.1 Selezione manuale .....	14
2.2 Selezione automatizzata .....	15
2.2.1 <i>Selezione meccanica</i> .....	15
2.2.2 <i>Selezione ottica</i> .....	18
2.2.3 <i>Selezione con intelligenza artificiale</i> .....	19
2.3 Confronto ed effetti tra selezione automatizzata, manuale e la non selezione .....	21

CAPITOLO III – PRESSATURA .....	23
3.1 Strumenti e metodi della pressatura comune .....	24
3.2 Strumenti e gestione della pressatura 4.0 .....	27
3.2.1 <i>Caratteristiche funzionali e strutturali</i> .....	28
 CAPITOLO IV – FERMENTAZIONE .....	 32
4.1. Strumenti e metodi tradizionali di controllo fermentativo .....	32
4.1.1. <i>gestione della temperatura fermentativa</i> .....	33
4.1.2. <i>gestione di valutazione</i> .....	34
4.1.3. <i>gestione dell'ossigeno e dei nutrienti</i> .....	36
4.2. Strumenti, metodi e risultati di controllo fermentativo 4.0 .....	37
4.2.1 <i>Temperatura, densità e cinetica fermentativa</i> .....	38
4.2.2 <i>Gestione dell'ossigeno e della macerazione</i> .....	39
4.2.3 <i>Nutrizione</i> .....	41
4.2.4 <i>Sistema di controllo generale unificato</i> .....	43
 CONCLUSIONI .....	 46
 BIBLIOGRAFIA .....	 49

## RIASSUNTO

La presente tesi intende affrontare la tematica dell'automatizzazione delle lavorazioni enologiche di cantina, soffermandosi in dettaglio nei processi pre-fermentativi, di selezione delle uve e pigiatura, e sul processo fermentativo vero e proprio.

Verranno affrontate e confrontate le diverse tecnologie possibilmente utilizzabili: dimostrando ed analizzando i loro conseguenti effetti sul prodotto e sulle operazioni enologiche successive, sempre soffermandosi su effetti positivi, negativi e criticità. Si mostrerà in oltre un confronto generale tra i pro e i contro di queste pratiche di industria enologica 4.0.

Abbiamo trattato il tema attraverso il confronto tra testi e la lettura critica delle fonti e come già citato in precedenza, ci siamo mossi all'interno dello studio dei processi di selezione delle uve, pigiatura e fermentazione, ovvero quelli che determinano con maggior peso il prodotto vino finale.

Riassumendo il percorso:

nel capitolo primo affronteremo una vista generale di quella che è stata la storia dell'industrializzazione e quella che è ad oggi l'industria 4.0 e ciò che conferisce al nostro settore di cantina.

Nel capitolo secondo entreremo più nel dettaglio, osservando queste nuove influenze tecnologiche sulla selezione delle uve Post-conferimento, come nel terzo e nel quarto, dove allo stesso modo analizzeremo rispettivamente pigiatura e fermentazione.

Infine nella conclusione dello studio andremo ad osservare con un'ottica di confronto specifico e generale i punti positivi e negativi di queste pratiche appartenenti all'industria enologica 4.0, ovvero di quelle che potenzialmente saranno il futuro di questo settore.

## **ABSTRACT**

This thesis intends to address the issue of the automation of winemaking processes in the cellar, focusing in detail on the pre-fermentation processes, grape selection and pressing, and on the actual fermentation process.

The different technologies that can possibly be used will be addressed and compared: demonstrating and analyzing their consequent effects on the product and on subsequent oenological operations, always focusing on positive, negative and critical effects.

Furthermore, a general comparison between the pros and cons of these wine industry 4.0 practices will be shown.

We dealt with the topic through the comparison between texts and the critical reading of the sources and as already mentioned previously, we moved within the study of the processes of: selection of the grapes, pressing and fermentation, i.e. those which determine with greater weight the final wine product.

Summing up the journey:

in the first chapter we will address a general view of what has been the history of industrialization and what industry 4.0 is today and what it gives to our winery sector. In the second chapter we will go into more detail, observing these new technological influences on the selection of post-harvest grapes, as in the third and fourth, where in the same way we will analyze crushing and fermentation respectively.

Finally, in the conclusion of the study we will observe with a specific and general comparison perspective the positive and negative points of these practices belonging to the wine industry 4.0, i.e. those that potentially will be the future of this sector.

## INTRODUZIONE

Negli ultimi anni il concetto di Industria 4.0 ha rivoluzionato vari settori produttivi, introducendo, nelle varie filiere, innovazioni tecnologiche che promettono di trasformare in maniera importante le modalità operative comuni delle aziende. Questo fenomeno ha trovato un terreno fertile anche nel settore vinicolo, portando alla nascita di quella che viene definita Industria Enologica 4.0.

Questa nuova frontiera del mondo enologico si caratterizza per l'adozione di strumenti e pratiche avanzate, quali l'automatizzazione dei processi produttivi e l'impiego dell'Intelligenza Artificiale (I.A.), con l'obiettivo principale di semplificare, ottimizzare e migliorare l'efficienza delle aziende del settore, consentendo loro di gestire in maniera più efficace la maggior parte delle fasi di vinificazione pre-fermentative e fermentative. Il tema dell'Industria Enologica 4.0 è di grande attualità e sta vivendo una fase di sviluppo esponenziale, sia dal punto di vista tecnologico, con l'introduzione di macchinari sempre più sofisticati, sia per quanto riguarda l'adozione pratica di queste tecnologie all'interno delle aziende. Questo progresso tecnologico ha suscitato un ampio dibattito, con opinioni favorevoli che evidenziano i benefici in termini di efficienza e qualità del prodotto finale, e opinioni contrastanti che sollevano preoccupazioni per quanto riguarda l'impatto che avrà sull'occupazione, la perdita delle pratiche che comunque sono e saranno sempre legate alla tradizione e alla sostenibilità economica che occorre per partecipare a questa quarta ondata di industrializzazione.

L'Industria Enologica 4.0 rappresenta quindi una nuova sfida e un'opportunità per il settore vinicolo, chiamato a confrontarsi con le nuove dinamiche tecnologiche per rimanere competitivo sul mercato globale. Le aziende che sapranno integrare con successo e con equilibrio a queste innovazioni potranno beneficiare di una gestione più accurata e sostenibile delle risorse, potendo migliorare al contempo la qualità del vino prodotto, rispondendo in maniera più efficiente alle esigenze di un mercato in continua evoluzione.

# CAPITOLO I

## INDUSTRIA ENOLOGICA 4.0

### 1.1. L'industria enologica 4.0

L'industria fa riferimento ad un'Organizzazione, che attraverso l'impiego di risorse finanziarie, tecniche e umane esercita un'attività volta alla produzione di beni o alla trasformazione di materie prime. (*corriere della sera, 4 dic 2023 di E80 Group*)

Per arrivare a questa odierna definizione ed a quella che consideriamo industria oggi, dobbiamo passare per il percorso delle tappe evolutive fondamentali della stessa. Nel corso della storia industriale abbiamo avuto quattro rivoluzioni importati, come illustrato in *Figura n.1*:

La prima rivoluzione industriale è caratterizzata dall'invenzione della macchina a vapore e dall'utilizzo del carbone come fonte di energia e si sviluppò a partire dalla fine del Settecento in l'Inghilterra e successivamente in Europa;

Questa epoca venne definita età dell'oro e delle invenzioni in quanto queste ultime vennero applicate nei sistemi produttivi tradizionali con il risultato di un incremento drastico della produttività e dell'economia.

Nacquero qui i primi sistemi industriali basati sul principio di investimento in capitali, acquisto di macchinari e materie prime ed elaborazione delle stesse in locali appositi dove i lavoratori gestivano la produzione dei beni.

La seconda fu quella dell'invenzione del motore a scoppio, la scoperta dell'elettricità e del petrolio, e iniziò circa attorno al 1870 e terminò nella prima metà del Novecento; Questo secondo fenomeno vede come protagonisti non solo l'Europa ma anche gli Stati Uniti, dove vennero trovati e perforati i primi pozzi petroliferi, e dove fu scoperta della luce elettrica. Con la scoperta del petrolio prese slancio anche l'industria Chimica.

In Germania venne prodotto il primo motore a scoppio ed iniziò l'era dell'automobile. Il modo stesso di produrre si evolse, in parallelo a macchine sempre più evolute, in grado di prendere il posto dell'operaio, comparve la catena di montaggio, un sistema in linea meccanizzato di produzione che suddivideva un lavoro complesso, in tanti lavori semplici. Il lavoratore doveva rimanere sempre allo stesso posto, mentre gli scorreva davanti una catena di nastri che gli conferiva i pezzi da assemblare.

La terza rivoluzione fu quella della scoperta dell'energia atomica, dell'astronautica e dell'informatica, e ha avuto inizio successivamente al termine della seconda guerra mondiale e ha avuto luogo a livello globale;

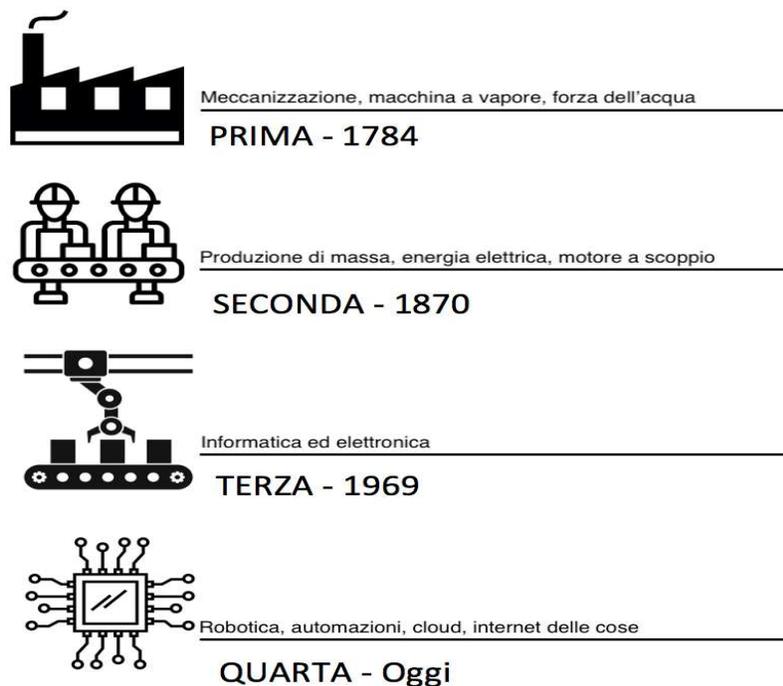
Questa è anche conosciuta come rivoluzione digitale, perché oltre alla nascita dell'astronautica e alla scoperta dell'utilizzo dell'energia atomica, fu caratterizzata

dall'introduzione delle tecnologie digitali e informatiche nelle tecnologie industriali tradizionali. Come ad esempio l'avvento di internet, la miniaturizzazione dell'elettronica e l'ascesa dei computer hanno fatto sì che settori industriali e non, beneficiassero dei loro effetti.

Negli ultimi anni è in corso un'ulteriore rivoluzione industriale, in quanto una serie di innovazioni tecniche stanno nuovamente alterando il concetto di industria. Questa fase storica viene soprannominata quarta rivoluzione industriale.

L'utilizzo di internet applicato ai macchinari e agli strumenti lavorativi industriali, l'avvento della robotica avanzata, e l'automatizzazione dei processi hanno permesso e stanno permettendo la formazione di nuovi metodi di produzione, che hanno come obiettivi principali quello di ottimizzare le produzioni sotto il punto di vista quantitativo e qualitativo e quello di semplificare e/o ridurre gli interventi della forza lavoro manuale.

*(Conferenza smart technology)*



*Figura 1. Schema riassuntivo delle 4 epoche industriali con le relative scoperte caratterizzanti*

L'evoluzione nella storia dell'industria considera un contesto industriale multisetoriale, dunque parte di questo processo storico è applicabile anche nel settore enologico. L'enologia, filiera produttiva che si occupa della trasformazione dell'uva in vino, è un settore fortemente legato ai processi di lavoro tradizionali ma ha subito soprattutto negli ultimi anni una esponenziale conversione tecnologica.

Il paradigma Industria 4.0 è quindi pienamente applicabile anche in questo ambito e si parla quindi di Industria Enologica 4.0.

L'avvento dell'I.A. e l'utilizzo della robotica avanzata, gli strumenti per l'automatizzazione applicata ai macchinari di lavoro, l'utilizzo di software per un controllo tempestivo dei dati di cantina, comandi a distanza con hardware che permettano l'intervento del personale lontano dal luogo di lavoro, sono tutte novità che si stanno consolidando e applicando sempre più in cantina.

Si sta quindi creando una nuova potenzialità nel modo di produrre, basata su tecnologia e precisione, senza però modificare e rimuovere quelli che sono le fasi di vinificazione che tradizionalmente vengono utilizzate.

### ***1.1.1 Industria enologica 4.0 nelle fasi pre-fermentative e fermentative***

Le fasi di vinificazione interessate da queste nuove potenziali tecnologie coinvolgono principalmente quelle del periodo pre-fermentativo e fermentativo, ovvero, la fase di ricevimento uve, quindi con la selezione delle uve, la pressatura delle uve o delle vinacce, la fase delicata della fermentazione. Le suddette operazioni sono brevemente descritte di seguito:

**La selezione delle uve:** in seguito alla vendemmia l'uva una volta raccolta viene trasferita in cantina, qui viene conferita nei sistemi di cernita/selezione con lo scopo di rimuovere tutti gli elementi estranei, definiti con il termine MOG, *Material Other Grapes*, come i residui verdi, piccioli, lembi fogliari, pezzi di raspi, gli insetti, i pezzi di materiali come pietre, plastiche o residui metallici.

Durante le operazioni di selezione ad essere eliminate sono anche le uve con stato sanitario non consono alla vinificazione, per presenza di marciumi o per livello di maturazione non adeguato.

Diversi lavori di ricerca hanno dimostrato l'influenza negativa dei MOG, sulla qualità finale del vino.

*(Articolo online su sistemi di cernita - redazione edagricole)*

**La Pressatura:** nella vinificazione in bianco, o nelle vinacce in quella in rosso, è un'operazione enologica estremamente importante, dato che permette di separare fisicamente le porzioni di prodotto di diversa qualità e consistenza. Con l'impiego delle presse è possibile estrarre dalle uve tutto ciò che è essenziale per il prodotto finale vino, senza eccedere con le pressioni e trasferire composti indesiderati.

La differenza principale fra le due tipologie di vinificazione risiede proprio nel modo e nel momento di posizionare la pressatura all'interno delle fasi pre o post fermentative. Nella vinificazione in rosso, la separazione del vino avviene durante o dopo la fermentazione.

Al contrario, nei vini bianchi le uve vengono inviate alla pressa direttamente o dopo una brevissima macerazione.

Per i vini bianchi si inserisce come operazione in linea fra due fasi discontinue: la raccolta e lo stoccaggio di chiarifica.

Intoppi o problemi che causano rallentamenti nella fase di pressatura possono influire in maniera anche gravemente negativa nella qualità dei vini prodotti.

*(informatore agrario, articolo di Mauro De Paola)*

– La Fermentazione: in seguito ai processi fermentativi di pigiatura, diraspatura e pressatura nel mosto ottenuto avviene la fermentazione alcolica.

Si tratta di un fenomeno chimico complesso e variabile che porta, grazie ai lieviti, alla trasformazione del mosto d'uva in vino, convertendo gli zuccheri in alcol e anidride carbonica e regalando anche al prodotto finale importanti caratteristiche organolettiche e aromatiche.

Per la fermentazione del vino bianco si utilizza mosto da cui sono state rimosse le bucce dopo la pigiatura o mosto ottenuto da pressatura di uva intera o diraspata. Lo scopo della vinificazione in bianco è quello di mantenere la finezza e la qualità degli aromi.

La fermentazione in rosso, invece, ha come obiettivo primario l'estrazione di colore e polifenoli dalle bucce lasciate macerare nel mosto, con precedente pigiatura o pigia-diraspatura, dando corpo e struttura al vino. Questa fase è molto delicata in quanto il prodotto finale che si otterrà dipende da svariati fattori che possono influenzare l'andamento fermentativo, per citarne alcuni: la temperatura, lo stato di sanità delle uve al conferimento, il grado di maturità delle stesse, il tipo di lieviti impiegati (lieviti indigeni con una fermentazione spontanea o lieviti selezionati con fermentazione indotta), composizione chimica del mosto da fermentare, tempi e durata del processo.

### **1.1.2 Elenco strumenti innovativi coinvolti**

Gli strumenti utilizzati nelle tre fasi fermentative sopracitate (selezione uve, pigiatura e fermentazione, cioè quelle che determinano con un peso maggiore il risultato finale) si basano sui concetti di robotica avanzata, Intelligenza Artificiale, analisi di precisione dei dati e tecnologie digitali

Ciò consiste nell'applicare ai macchinari, già presenti in cantina o nuovi con caratteristiche di fabbrica atte ad accogliere fisicamente questi sistemi, degli impianti software e hardware computerizzati e intelligenti, che permettano di rendere il processo specifico un qualcosa di semplificato, sempre monitorato e/o completamente automatizzato.

Gli strumenti che andremo ad analizzare nei capitoli successivi, osservandone vantaggi, svantaggi, effetti sul prodotto finale e sulle pratiche successive, sono:

- Selezione ottica automatizzata delle uve
- Selezione delle uve automatizzata con l'uso dell'Intelligenza artificiale
- Sistema generale di controllo-intervento sui parametri fermentativi (SAEN 5000)
- Impianto di microssigenazione distribuita ed automatizzata
- Sistema di analisi temperatura anti-stratificazione termica
- Sistema di rilevamento della cinetica fermentativa in tempo reale
- Impianti ad aria modulata o sequenziale per il rimescolamento del cappello o per rimontaggio

*(conferenza online "da industria a enologia – la cantina del futuro" di Michele Ceccarelli)*

## **CAPITOLO II**

### **SELEZIONE DELLE UVE POST CONFERIMENTO**

Una delle prime fasi di lavorazione delle uve è quella della selezione delle stesse post-vendemmia e successivamente al conferimento in cantina.

L'obiettivo dell'operazione è quello di eliminare tutti gli elementi estranei ai grappoli e agli acini, definiti con il termine MOG, come i residui di piante, foglie, insetti, materiali inerti, pietre o residui metallici o plastici. In questa fase possono essere inoltre selezionati gli acini e i grappoli sotto l'aspetto qualitativo, andando ad eliminare quelli in condizioni sanitarie e di maturazione non perfette e non idonei alla vinificazione.

La selezione viene effettuata con due tipologie di sistemi: i sistemi di selezione manuali, che richiedono la presenza di operatori che eseguono manualmente la selezione, e i sistemi di selezione automatici che diversamente, utilizzano principi tecno-digitali, separando meccanicamente le parti estranee o selezionando le uve grazie a sensori che ne rilevano la qualità e composizione.

#### **2.1 Selezione delle uve manuale**

I sistemi di cernita manuale si suddividono in due categorie, in nastri trasportatori e in tavoli vibranti.

I nastri di cernita e i tavoli vibranti sono dispositivi che permettono al vendemmiato, generalmente scaricato in una tramoggia di alimentazione, ad inizio della linea del macchinario, di distribuirsi in maniera omogenea e di scorrere davanti agli operatori, i quali controllano, ispezionano e separano manualmente le parti da rimuovere.

La lunghezza dei nastri o dei tavoli che compongono il sistema dipende dal numero di operatori, che possono essere disposti su un singolo lato o su entrambi i lati, e dalla disposizione spaziale della linea stessa.

I nastri di cernita sono composti da un tappeto teso tra due rulli e che ruota su questi, in PVC alimentare con una colorazione chiara, che semplifichi al personale l'identificazione dei diversi elementi.

Il motore è munito di variatore di velocità, regolato generalmente intorno a 10 m/min (metri al minuto).

I tavoli vibranti sono dispositivi in acciaio inossidabile nei quali è installato un vassoio di lunghezza variabile su un telaio di struttura dotato di ammortizzatori e messo in vibrazione da due motori risonanti.

I tavoli vibranti rappresentano il primo elemento della linea di cernita e vengono utilizzati per l'alimentazione dei nastri, con la funzione di scolare e spostare il mosto di sgrondo e di favorire una distribuzione il più omogeneo possibile sui dispositivi seguenti. (vedi figura n.2)



Figura 2. Tenuta Poggiorosso - esempio di selezione manuale su sistema a tavolo vibrante

I sistemi di cernita manuale sono solitamente muniti di accessori integrati che ne migliorano le prestazioni, come le griglie poste in ingresso, in modo da permettere lo sgrondo del mosto in un vassoio sottostante.

I dispositivi di distribuzione dell'uva sul tappeto possono essere rappresentati da un tratto vibrante o da un braccio meccanico.

In alcuni casi nei nastri sono installati dei raschiatori che favoriscono la pulizia, rimuovendo gli acini rotti e i residui verdi che restano attaccati sulla superficie.

I tavoli e i tappeti di cernita devono avere la possibilità di regolazione in altezza e possibilità di inclinazione dal 10% al 20%, utile per una corretta separazione del mosto di sgrondo. Fattori come, semplicità di smontaggio e pulizia sono particolarmente importanti.

I tappeti vibranti, in acciaio inox, generalmente sono più facili da pulire mentre i nastri offrono il vantaggio della possibilità di regolazione della velocità di avanzamento.

La velocità di avanzamento deve essere tale da alimentare la diraspatrice in modo continuo.

Un'eccessiva velocità che provoca un incremento dei giri motore della diraspatrice potrebbe causare la rottura dei grappoli, mentre una velocità di alimentazione debole e discontinua potrebbe provocare un'eccessiva triturazione dei raspi.

I due sistemi, a nastri e a tavolo, possiedono la medesima funzione operativa, ma presentano vantaggi e criticità differenti

I Nastri trasportatori possiedono come vantaggio la possibilità di avere una maggior variabilità della velocità di avanzamento, regolabile quindi in base alla quantità, qualità del prodotto ed in base al numero e all'operatività del personale.

In oltre a livello economico risultano i più vantaggiosi in quanto contestualmente i loro prezzi sono più contenuti.

Di contro questa tipologia di sistema vede una maggior caduta e perdita di materiale nella parte inferiore, una più difficile pulizia della linea e una distribuzione non uniforme e talvolta ammassata del vendemmiato, che rende più difficoltoso il lavoro degli operatori.

I Tavoli Vibranti presentano la capacità di permettere una miglior omogeneità e distribuzione del prodotto sulla superficie di ispezione, hanno una maggiore facilità di pulizia, dispongono di tratti fessurati per lo sgrondo e il vaglio del MOG.

Al contrario come caratteristiche sfavorevoli, questo tipo di impianto presenta una elevata rumorosità ed un costante e veloce avanzamento del prodotto nel tavolo di selezione, ciò può causare un più rapido affaticamento per gli operatori.

Un ulteriore svantaggio è quello della separazione gravimetrica del materiale (caduta per gravità), che è sfavorevole per l'eliminazione di piccoli insetti che rimangono nell'uva.

## 2.2 Selezione delle uve automatizzata

### 2.2.1 Selezione meccanica

In questo tipo di sistemi di cernita la selezione viene applicata, diversamente dai precedenti manuali, esclusivamente su gli acini diraspati piuttosto che su i grappoli interi.

La diraspatrice viene applicata prima dell'impianto o in alcuni casi direttamente nella macchina vendemmiatrice, nel caso di vendemmia meccanica, ciò consente di eliminare anticipatamente quelle impurità più grossolane che altrimenti andrebbero nel contenitore di fermentazione insieme alla restante uva.

I dispositivi automatizzati di selezione uve si basano su diversi principi fisici e meccanici, dall'azione di separazione dell'aria compressa che varia di intensità in base al diverso peso di acini e residui vegetali da rimuovere, alla loro diversa densità, fino ad utilizzare l'analisi del colore e dei fotogrammi nei sistemi di cernita ottica e con I.A.

Tra i dispositivi più noti possiamo menzionare:

- I tavoli di selezione vibranti (*vedi figura n.3*) sono muniti di griglie per lo sgrondo e di vagli con lo scopo di recuperare gli acini di uva interi. A questa prima categoria di macchinari automatizzati appartiene Mistral di Vaucher Beguet PMHVINICOLE (Lyon, Francia). Con un vaglio in vibrazione è consentita l'eliminazione dei componenti di scarto di dimensioni più grandi, mentre i pezzi più piccoli che oltrepassano il vaglio vengono separati dagli acini, con un flusso compresso di aria laminare, che soffia direttamente sugli acini in caduta nella vasca di raccolta alla fine del tappeto.



Figura 3. Sistema di cernita automatizzato - tavolo vibrante Mistral

- Selezionatrice automatica “Tommy Table” prodotta da CMA (Corridonia (MC), Italia), composta da un sistema di vagli, nel quale la prima porzione è vibrante, successivamente un fondo grigliato garantisce una prima parziale selezione dai MOG e degli acini secchi e di dimensioni più piccole (*vedi figura n.4*).  
Allo stesso tempo avviene il processo di sgrondo del diraspato, che raggiunge il tappeto di selezione, formato da una maglia con fori di dimensioni variabili in funzione alle varie dimensioni dell'uva da lavorare. Grazie a questi fori uniti ad una leggera vibrazione, è permesso agli acini interi di oltrepassare il tappeto per finire nel vassoio sottostante.  
Le parti verdi, pezzi di raspo e residui fogliari, rimangono nelle maglie e nei fori del tappeto vibrante, dal quale poi successivamente vengono rimosse da una spazzola installata alla fine della linea a livello del nastro rotativo.



Figura 4. Dettaglio sistema di cernita automatizzato - Tappeto di cernita "Tommy table"

- Un altro sistema di selezione che coinvolge il processo di pulizia e cernita del diraspato, è il Viniclean di Socma (Montredon-des-corbieres, Francia). Questo impianto è caratterizzato da un tavolo vibrante composto da maglie regolabili, il quale è atto a separare il succo di sgrondo dagli acini e ad alimentare costantemente il seguente organo di separazione, composto da sette alberi ruotanti ai quali sono installati dei dischi in materiale plastico flessibile dentati, che appunto ruotando creano un vero e proprio vaglio di cernita per gli acini. I dischi roteando, permettono l'avanzamento degli scarti vegetali che saranno direzionati verso l'alto, e contemporaneamente trasferiscono gli acini per caduta nella vasca di fermentazione o su un successivo nastro di spostamento (*vedi figura n.5*).



Figura 5. Particolare sui Rulli di selezione del sistema di cernita automatizzato Vinclean

- Un macchinario con caratteristiche strutturali, dimensioni e livello di complessità maggiore è il sistema di selezione Tribaie di Amos Industrie, (Beaune, Francia) *rappresentata in figura n.6*. Il quale è in grado di cernere e suddividere gli acini in diversi range di qualità, e le uve con diverso grado di maturazione, oltre alla pulizia dell'uva dai MOG e dai corpi estranei.

La divisione tra acini e MOG è permessa da una prima parte strutturale composta da dei tappeti e vagli con fori di diversa dimensione che spostano il prodotto su un rullo con sistema a dentature, il quale trattiene i residui estranei dal diraspato.

In seguito il prodotto ricavato da questa primo passaggio viene trasportato su un ulteriore tappeto sul quale avviene una selezione degli acini basata sulla qualità sanitaria, qui vengono cerniti gli acini con sanità maggiore da quelli rotti e molli che rimangono adesi alla superficie e in seguito rimossi.

L'ultimo passaggio, che caratterizza questo macchinario, è la selezione finale basata sul livello di maturazione.

Le bacche più mature avranno un livello di zuccheri più elevato e quindi una densità maggiore.

Questo ultimo passaggio di cernita sfrutta quindi la densità dei singoli acini e con un sistema che vede il passaggio degli stessi in un bagno pieno di mosto o soluzione zuccherina, di densità nota e decisa precedentemente in base al livello di maturazione che si vuole considerare come parametro di selezione, gli acini con densità inferiore al liquido nel quale vengono immersi (meno mature), saliranno in superficie e verranno separati, con uno sfioramento superficiale, da quelli con densità maggiore o uguale al liquido (maturi), che saranno immersi nel bagno e/o si disporranno nel fondo.



Figura 6. sistema automatizzato di selezione ottica Tribae

(Articolo di Alessandra Bartolini –Vignevinidiqualtà)

### **2.2.2 Selezione ottica**

Tra gli impianti di selezione uve automatizzati è comparsa negli ultimi anni una nuova categoria, basata sul principio della selezione ottica.

Questi impianti presentano un componente “visivo”, ovvero i sensori ottici, che sono in grado di identificare e selezionare, con processori deputati all’analisi di immagine, applicati direttamente a sistemi meccanico-fisici, elementi diversi dall’uva e dagli acini con caratteristiche visivamente diverse da quelle dell’uva sana e matura.

Tra i nuovi dispositivi compare ad esempio il sistema X Tri di Protec (*vedi figura n.7*), della casa Defranceschi (Mordano, BO, Italia).

Il sistema X Tri è composto da una diraspatrice posta a monte della linea, un tavolo vibrante con sistema di distribuzione del diraspato e di accelerazione, e infine da due comparti di alloggiamento degli organi visivi (telecamere).

Il primo comparto è sito di alloggio di due fotocamere rivolte nel verso del nastro, che sfruttando sistemi a fluorescenza permettono di far reagire la clorofilla, riconoscono così le parti vegetali verdi e gli acini immaturi.

L'altro comparto è sede di una fotocamera a infrarossi posta alla fine del nastro e settata per rilevare il MOG (acini e foglie secchi e insetti).

La rimozione degli elementi identificati come estranei avviene con il principio fisico meccanico che vede utilizzato un flusso di aria che li allontana in maniera precisa dalla massa d'uva.



Figura 7. Sistemadi selezione ottica automatizzata X Tri

### **2.2.3 Selezione con utilizzo di Intelligenza Artificiale**

Tra le ultimissime Novità nel campo dei macchinari per la cernita degli acini e dell'uva post vendemmia compaiono dei sistemi che hanno integrato nel loro funzionamento la cosiddetta Intelligenza Artificiale.

Per definire l'I.A. ci si riferisce alla emulazione di comportamenti e processi di intelligenza umana da parte di sistemi informatici e/o computer, consentendo loro di eseguire compiti che normalmente richiedono l'intervento umano, come il riconoscimento di oggetti, il linguaggio naturale, l'analisi immediata di grosse moli di dati analitici o alla risoluzione di problemi complessi.

Tra i macchinari esistenti con questo principio, il primo ad essere sorto è il sistema di cernita intelligente sviluppato da Orbex.

Questo complesso algoritmo, applicato alle linee di cernita, sfrutta le immagini ricavate da sistemi di visione a fluorescenza e a infrarossi installati a monte del macchinario nella parte dove vengono ricevute le uve, a livello della prima parte del nastro di trasporto del prodotto.

Qui con sistemi software vengono elaborati, analizzati e catalogati i dati ricevuti dalle immagini in tempo reale, e successivamente, su segnalazione dell'I.A., con sistemi hardware fisici collegati vengono separati e/o rimossi gli acini e le parti considerate non idonee per la vinificazione (*rappresentato in figura n.8*).

I parametri di selezione sono i medesimi degli altri sistemi automatizzati e manuali, viene riconosciuta la presenza di MOG e vengono rilevate uve con difetti fisici, ovvero colpite da grandine, marciumi e danneggiate da insetti.

Non solo, il sistema è basato su un'importante caratteristica, il Deep Learning, afferente alla più generica sfera del Machine Learning.

Ovvero, l'Intelligenza Artificiale riesce nel tempo ad automigliorarsi e ad avere un'efficienza operativa e produttiva in costante aumento.

Man mano che l'uva scorre nei tavoli di cernita il processo viene migliorato, il sistema impara e si allena, memorizzando e catalogando i dati delle immagini che riceve, e più si avanza nel tempo più l'algoritmo sarà preciso e veloce, garantendo un lavoro sempre più oggettivo e sempre più accurato.



Figura 8. Esempi di immagini scansionate e codificate da intelligenza artificiale

*(“Nel futuro del vino italiano c’è l’IA” - articolo Agrifood, Network digital360)*

## 2.3 Confronto ed effetti tra selezione automatizzata, manuale e non selezione

Il processo di selezione delle uve ha certamente un impatto che permette l'incremento di qualità della materia prima utilizzata per dare origine al mosto e quindi un conseguente aumento qualitativo del prodotto finale vino.

Naturalmente ciò va applicato a quello che è l'obiettivo aziendale, in quanto questi sistemi mirano a un aumento di qualità e dell'accuratezza delle fasi a discapito della quantità.

Le fasi di vinificazione successive alla cernita saranno agevolate sotto diversi aspetti:

La composizione migliorata del mosto prodotto, il quale presenterà parametri come pH, composti aromatici quali tioli volatili (frutta tropicale) e grado zuccherino leggermente aumentati, ed un'acidità titolabile diminuita. Queste modifiche di composizione diverse dallo standard dipendono principalmente dal fatto che con la cernita vengono utilizzate uve sane e con maturità molto omogenea e corretta.

Grado di maturità uniformemente distribuito, evitando così alcuni problemi sulla fermentazione che sarà agevolmente più stabile e con un andamento più regolare.

Fecciosità diminuita, in quanto i residui vegetali, residui di campo, fitofarmaci e MOG non saranno presenti in quantità significative e ciò va a favore della mancata formazione di strati importanti di feccia grossolana, fonte di riduzione per il mosto.

Meno problemi di instabilità dovuta a stato sanitario delle uve, in quanto gli acini colpiti da marciumi e funghi renderanno la composizione chimico-organolettica, in particolare la componente proteica, molto instabile e una rimozione degli stessi permette un'azione preventiva su questa fonte di squilibrio.

Analizzando i diversi metodi di selezione:

la selezione Manuale vede come vantaggi comuni quelli sopracitati, in oltre il prezzo d'acquisto per un sistema manuale è sicuramente meno impegnativo in rapporto a le altre categorie in analisi e sono più semplici da pulire.

Il livello della qualità di cernita però in questo caso dipende dalla componente umana, quindi dall'operatività del personale addetto, che non essendo una macchina avrà un livello di errore variabile e generalmente maggiore.

Possiamo quindi dedurre che la cernita con questi sistemi sarà certamente positiva, ma non sarà precisa come i macchinari automatizzati

La selezione Ottica Automatizzata presenta i medesimi vantaggi generici, ma essendo un processo basato sulla precisione, i risultati avranno una resa qualitativa migliore.

Il livello di precisione della cernita sarà alto e la componente operativa non porterà nel processo gli svantaggi dovuti a variabili di errore umano, in quanto è un sistema che

lavora in autonomia continua e senza che si presentino problematiche da parte della componente operativa manuale.

Sono strumenti molto veloci e riducono in maniera importante il tempo di transito delle uve, dalla zona di conferimento, alla vasca di fermentazione.

La pulizia e l'impianto saranno più impegnativi ed il loro prezzo di installazione è elevato e questo è il punto più critico, ma bisogna considerare che il carico della manodopera salariata sarà decisamente minore rispetto a i sistemi manuali.

La selezione automatizzata con I.A. è l'ultimo sistema arrivato nel mercato, come punti a favore ha i medesimi della selezione ottica, in quanto presenta struttura e funzionamento simile, se non fosse che in questo tipo di macchinari il livello di manodopera è ancora inferiore se non nullo, o limitato solo nelle fasi di settaggio e di attivazione della linea.

Qui la componente umana di controllo e di scelta dei parametri è interamente gestita dall'intelligenza dell'algoritmo del software, che è sempre in costante aumento per quanto riguarda efficienza e precisione.

Tra i difetti di questo tipo di sistema abbiamo certamente il lato economico, in quanto il costo di installazione è il più elevato della categoria, e il lato di gestione degli errori. Ovvero se per gli altri macchinari l'errore era dovuto a problemi di installazione della linea, problemi di natura umana o parametri di lavoro inseriti male nel software, qui potrebbe esserci un'ulteriore criticità che è dovuta ad errori di analisi che dipendono solo dalla capacità di autocorreggersi dell'algoritmo intelligente.

La non selezione delle uve è il caso più comune, tradizionalmente una selezione grossolana dell'uva nelle aziende viene fatta in vigneto, ove viene effettuata vendemmia manuale, meccanica anticipata da pre-selezione in campo, o direttamente dalla macchina vendemmiatrice.

Tuttavia non è completamente esclusa la presenza di MOG.

La non selezione non presenta un problema irreversibile in quanto il prodotto mosto che si ottiene non dipende solo dalla cernita, ciò che cambia è la precisione e la qualità della materia prima uva che sarà inferiore, nella maggior parte dei casi.

La tradizionalità d'altro canto con ottimi risultati da origine a prodotti validissimi, ed in annate dove l'uva presenta maturità e stato sanitario ottimale i processi di vinificazione danno origine a vini eccellenti anche senza il passaggio della selezione delle uve.

In annate dove però queste condizioni sulla materia prima non sono presenti, senza una selezione delle uve prima della vinificazione, non darà risultati produttivi validi come nel caso di utilizzo di selezionatrici, che rimuovono il problema di stato sanitario e di disomogeneità della maturazione delle uve.

*(Parte delle considerazioni sopracitate, derivano dall'articolo pubblicato da Bruce et al. 2021)*

## CAPITOLO III

### PRESSATURA

La pressatura è quella fase cruciale della vinificazione, che avviene prima o dopo della fermentazione alcolica in base al tipo di vinificazione che si andrà ad effettuare, che vede come intervento ed obiettivo quello della separazione della componente di massa solida, uva fresca o vinacce, dalla componente di massa liquida (succo-mosto, vino fiore o vino di pressa).

Questo processo vede l'utilizzo di macchine chiamate presse enologiche che, attraverso componenti strutturali, permettono, sfruttando la pressione esercitata da differenti organi di compressione, di far avvenire la divisione tra solido-liquido.

Ogni processo di vinificazione possiede dei propri iter operativi ed esecutivi e delle specifiche presse utilizzabili per dare origine a risultati produttivi diversi.

Il pressato di uva fresca intera o di acini da uva diraspata (vinificazione in bianco), darà come risultato il mosto d'uva, che successivamente attraverso il processo fermentativo muterà in vino.

La pressatura delle vinacce (vinificazione in rosso) avviene in post fermentazione quando il prodotto vino si è formato, in quanto nelle prime fasi di estrazione del mosto non è avvenuta separazione tra solido-liquido in modo da poter far avvenire la macerazione sulle bucce per l'estrazione del colore e delle sostanze secondarie. La massa totale ottenuta vedrà una percentuale di circa il 60% che risulterà naturalmente liquida, il vino fiore, e una parte solida che trattiene a suo interno una buona percentuale di liquido, le vinacce. Queste ultime saranno sottoposte a pressatura, previa separazione con travaso dal vino fiore, per estrarre la componente di vino a loro interno che darà come prodotto il vino di pressa (di 1°, 2°, 3° pressatura).

Le tipologie di presse utilizzabili sono molte, alcune preferibili per la produzione di vini bianchi o altre per i vini rossi, altre invece utilizzabili per entrambe le linee di vinificazione.

Le presse tradizionalmente e comunemente diffuse nelle cantine sono:

- Continue, per vinificazione in rosso e in bianco in grandi quantità
- Verticali idrauliche (o a vite), principalmente per pressare la vinaccia nei vini rossi ma utilizzabili anche per i bianchi
- Orizzontali a piatti, come le verticali solo che poste in orizzontale, possono ruotare attorno al loro asse per far sgretolare la massa dopo un ciclo di pressatura.
- Pneumatiche, utilizzabili in maniera efficiente e soprattutto qualitativa per entrambe le vinificazioni, molto più indispensabile per i bianchi in quanto sono a tenuta stagna e contrastano i fenomeni ossidativi e hanno tempi operativi minori

delle altre tipologie di macchinari nonostante le minori pressioni utilizzate. In queste presse si può far avvenire la macerazione pellicolare.

*(Articolo pubblicato da P. Ribereau-gayon et al. Riedizione aggiornata 2012)*

### **3.3 Strumenti e metodi della pressatura comune**

Nella pressatura tradizionale gli strumenti più utilizzati sono sicuramente quelli sopraelencati, presse continue, verticali, orizzontali e pneumatiche, strumenti che con l'evoluzione delle tecnologie si sono sviluppati e migliorati tecnologicamente.

Il processo di pressatura, oltre all'utilizzo di presse, prevede un iter ben preciso da seguire in base al tipo di macchinario coinvolto e in riferimento alla tecnica di vinificazione che si effettuerà. Naturalmente anche in base al tipo, alla qualità e alla quantità di materia prima da processare.

La vinaccia fresca è meno sensibile della vinaccia di fermentazione in termini di danneggiamento aggressivo e lacerazione delle bucce, ciò potrebbe causare l'innalzamento di fecciosità nel liquido, l'aumento di sentori amari e la sensibilità agli agenti ossidativi.

Altresì, la vinaccia fermentata è più facile da pressare e necessita di capacità pressanti inferiori.

La pressatura di quest'ultima prevede una fase di salita di pressione, seguita da una di caduta e una terza fase di rimescolamento e sgretolamento del pressato, ciò permette di ri-omogenizzare il prodotto e poter procedere con un nuovo aumento di pressione per recuperare altra componente liquida.

Per l'estrazione del mosto su vinacce fresche, prima dell'avvento della fermentazione (vinificazione in banco, su uva bianca o rossa), è necessario rispettare dei parametri operativi atti a dare origine a un prodotto di qualità. Essi sono principalmente:

pressioni di esercizio basse; aumento di pressione lento e progressivo; presse a temperature inferiori ai 20 °C, operazioni di rimescolamento poco numerose

L'estrazione del mosto in seguito a pressatura del prodotto fresco può essere immediata o preceduta da macerazione pellicolare e può essere effettuata in continuo (P. continue) o in maniera discontinua (P. verticali, orizzontali e a membrana).

Per quanto concerne le presse utilizzate per l'estrazione del liquido dalle vinacce di fermentazione e dalle vinacce fresche, nelle cantine possiamo trovare diverse configurazioni.

Le **presse continue**, poste generalmente al di sotto di una linea composta da una pigiadiraspatrice e uno sgrondo inclinato a vite rotante che divide circa il 70% del

liquido di sgrondo dal prodotto che sarà pressato. La pressa permette l'estrazione del mosto rimanente all'interno della vinaccia (30%).

Sono composte da una tramoggia di alimentazione, un cilindro per la filtrazione del succo, una vite di compressione, un sistema otturatore che evita il contatto diretto della vinaccia con la rotazione della vite, camera di compressione, motore e uscite selezionabili per tre i tipi di succo di qualità gradualmente inferiore (a,b e c).

Tra le loro caratteristiche principali vi è la semplicità di funzionamento, rese molto elevate e possibilità di lavorare grandi quantità di prodotto in maniera molto veloce. Queste tipologie di presse hanno un'azione violenta sui tessuti delle vinacce, anche se muniti di coclea di grande diametro, una qualità del prodotto molto inferiore rispetto alle presse discontinue, i mosti derivati avranno fermentazioni più difficili e possiederanno un incremento del pH, un aumento in colore, tannini, sentori amari e vegetali.

Altra categoria è quella delle **presse discontinue** che hanno come obiettivo quello di evitare lo schiacciamento e il danneggiamento della buccia. L'estrazione del succo è discontinua poiché le operazioni di riempimento, pressatura e svuotamento si eseguono in successione e assieme compongono un ciclo.

Fanno parte di questa categoria:

- Presse Verticali idrauliche: le più antiche, sono l'evoluzione delle presse verticali a vite (torchio), esse danno buoni risultati qualitativi e la qualità dei mosti in termini di limpidezza è elevata, ma al contempo per ottenerli necessitano di un'impegnativa forza lavoro manuale per il rimescolamento della massa, le rese sono molto basse e occorrono elevate pressioni da raggiungere (4-5 bar).

Il loro funzionamento si basa su una vite che azionata da un motore elettrico solleva una base mobile e pressa la vinaccia che si trova nella gabbia contro una superficie superiore fissa.

- Presse orizzontali a vite o a Piatti: il loro funzionamento si basa sul movimento di due piatti posti ai lati estremi della pressa, i quali mediante la rotazione di una vite si avvicinano tra loro, comprimendo la massa posta nel mezzo.

Queste presse vedono una gabbia come loro struttura interna contenitiva, la quale ruotando, contemporaneamente all'allontanamento dei piatti, genera il rimescolamento della vinaccia.

Possono supportare elevati livelli di pressione (9 bar), anche se ciò non va a favore della qualità, infatti questa tipologia di macchinari può dare come risultato prodotti fecciosi, note vegetali e ossidazioni.

Se invece le pressature con pressa orizzontale a piatti saranno gestite in maniera lenta e senza eccedere con le pressioni si otterranno vini o mosti di buona qualità.

La pressatura dovrà essere quindi lenta e dato che i suoi vincoli meccanico strutturali (gabbia e dischi) impediscono la costruzione di presse superiori ad una capacità di 60 hl, il loro uso è limitato per la produzione in aziende piccole o medio-piccole.

- Presse pneumatiche (a membrana): le ultime sviluppate nella viticoltura tradizionale, esse sono costituite da una gabbia orizzontale contenente una camera d'aria, che mediante aria compressa iniettata si rigonfia comprimendo su le pareti la vinaccia permettendo la pressatura. Successivamente alla compressione avviene la decompressione combinata alla rotazione della gabbia che garantisce un buon rimescolamento delle parti solide.

Le gabbie possono essere traforate o a tenuta stagna "tank", le seconde sono le favorite nel mercato, nonché le più diffuse, in quanto proteggono e il vendemmiato o le vinacce dall'ossidazione. In esse si può far avvenire la macerazione pellicolare, essendo a tenuta stagna non sorge il rischio di fenomeni ossidativi aggressivi. La pressione massima è bassa e si attesta attorno a 2 bar e il risultato è nella bassissima fecciosità del prodotto finale.

Possono essere di grandi dimensioni (fino a 350 hl) e sono la categoria di presse che da i migliori risultati in termini qualitativi anche in mosti o vini ottenuti nelle ultime pressate (basso incremento nel contenuto di composti fenolici).

I tempi di pressatura sono, in confronto alle altre tipologie, relativamente brevi e il risultato finale quindi ottenuto sarà qualitativamente superiore.

Nella pressatura tradizionale, per poter utilizzare questi strumenti è previsto un elevato dispendio di manodopera per gestire il tutto.

Prima dell'avvento dell'industrializzazione 4.0 anche con i macchinari più recenti per l'epoca, il comparto operativo manuale era comunque ampiamente coinvolto in questa fase.

Le operazioni di riempimento della vasca con uva o vinacce erano e sono parzialmente (nel caso di nastri trasportatori) o completamente svolte dagli operatori.

La fase di controllo sul funzionamento della pressa, il pilotaggio dei parametri di pressione, tempo e rotazione dei macchinari necessitano sempre di una o più figure che impieghino il loro tempo in questa mansione, e talvolta anche un solo ciclo di pressatura può durare svariate ore.

Nonostante questa fase venga pilotata quasi completamente in maniera manuale, soprattutto in aziende di piccole o medie dimensioni, i risultati raggiunti dalla meccanica per la qualità del prodotto sono sufficientemente soddisfacenti (soprattutto nelle presse pneumatiche).

In termini di efficienza e soprattutto sull'automazione del processo però si può fare ancora qualcosa e le nuove tecnologie create e applicabili a questi macchinari corrono in aiuto per andare incontro alla risoluzione di queste criticità.

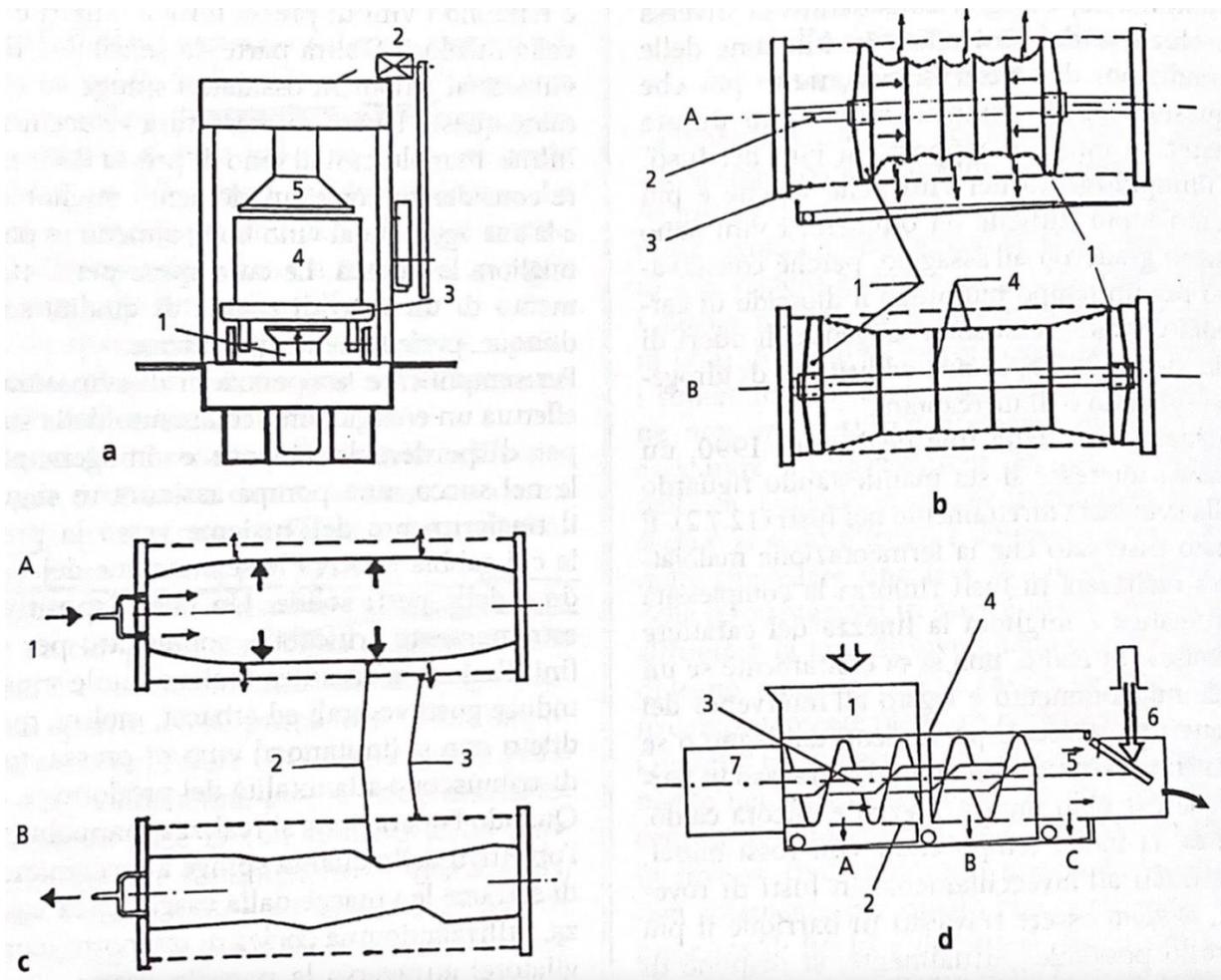


Figura 9. a) Pressa verticale idraulica; b) Pressa orizzontale a due piatt; c) Pressa pneumatica; d) Pressa continua a vite.

(Articolo pubblicato da P. Ribereau-gayon et al. Riedizione aggiornata 2012)

### 3.2 Strumenti e gestione della Pressatura 4.0

Nelle presse 4.0 i fattori soggetti a evoluzione sono principalmente: digitalizzazione ed automazione del processo, questo perché fino all'avvento di questa quarta ondata industriale, come precedentemente citato, la pressatura veniva svolta sia da parte del macchinario, ma la gestione e il controllo del funzionamento dello stesso occupava molto tempo operativo da parte del personale addetto, che con maggiore difficoltà riusciva a distaccare il suo tempo dal suddetto processo e dedicarlo ad altre operazioni che potevano e/o dovevano essere svolte in contemporanea.

I sistemi 4.0 associati a questa pratica, oltre a trovarli già come parte integrante su la maggior parte dei nuovi macchinari disponibili nel mercato, possono essere anche installati in seguito su presse che con datazione diversa a quella dell'industrializzazione 4.0 non dispongono di questi optional.

Questo permette, anche ad aziende più piccole o ad aziende con minor capacità di investimento, di rendere più efficiente questa importante fase.

I primi sistemi sviluppati su le presse enologiche vedono:

- in primis i database di gestione automatica, E-panel programmabile e con memoria auto regolante.
- sistemi sonde-software di acquisizione automatica dei dati per ricreare uno storico degli interventi.
- modifiche fisico strutturali dei componenti della pressa.

Con queste novità nel campo della fase della pressatura si sono visti risultati per quanto riguarda come sopracitato la distribuzione migliorata del comparto del lavoro manuale e del tempo dedicato ad altri lavori in contemporanea e soprattutto su l'efficienza ed il risultato finale in termini di resa uva/vino aumentata in percentuale ed aumentata anche in qualità del prodotto estratto.

*(Infowine, articolo interfaccia operatore/E-panel)*

### **3.2.1 Caratteristiche funzionali e strutturali**

I database di gestione automatizzata, comunemente chiamati E-panel, sono il cuore pulsante di queste nuove presse 4.0.

Essi attraverso un pannello LCD installato in adiacenza al macchinario, permettono di intervenire in maniera autonoma durante l'avanzare del processo, gli E-panel vengono inizialmente programmati dall'operatore, ed una volta iniziato il processo viene gestito completamente dal software (*vedi in figura n.10*).

Questa tecnologia, con sistemi a sonde interne, rileva i dati relativi a i vari cicli di pressione e li mette in relazione con altri parametri, alla quantità di prodotto estratto, alla resistenza che è internamente esercitata dal pressato e dalla durata del ciclo.

Mediante la misura istantanea della resa, il software determina il livello di pressione con il quale la pressa andrà ad intervenire e il tempo totale nel quale la stessa pressione verrà esercitata.

La pressa effettua automaticamente l'aumento dei cicli di pressione e individua il momento e l'intensità del successivo sgretolamento che andrà ad effettuare.

Tutto ciò viene armonicamente gestito in modo che il risultato possa essere ottenuto senza che una figura operante svolga la lunga attività di controllo e pilotaggio costante durante tutta la fase.

I database ed i software di pressa hanno anche altre caratteristiche che coinvolgono altri tipi di agevolazioni dal punto di vista pratico.

Il sistema può ed è collegabile ad altri macchinari di cantina, creando una rete interconnessa con la facilitazione e l'immediatezza dell'acquisizione dei dati con scopi quali storico di memoria del software stesso e tracciabilità immediata dei prodotti.

I pannelli di gestione nel mercato oggi sono un optional sempre più diffuso nelle presse, dalle più piccole alle più grandi. Esistono delle possibilità di installazione anche su presse datate al periodo precedente all'industrializzazione 4.0, quindi uscite nel mercato prive di E-panel, quindi sono disponibili anche per cantine che non sono in grado o non sono interessate di sostenere l'investimento di una pressa 4.0 completa, potendo comunque aggiornare la pressa non automatizzata di cui sono forniti.

Un altro punto importante è la gestione facilitata che queste presse hanno, non in termini di facilitazione per l'operatore, che comunque quando il macchinario è in funzione è presente in cantina, ma in termini di intervento in caso di guasto o problematiche del genere. Essendo uno strumento interconnesso, si può ricevere assistenza da remoto, in quanto l'addetto aziendale di riferimento vedrà la problematica e procederà con l'indicare quelle che saranno le mosse per la risoluzione di eventuali danni o guasti.

I database di gestione automatica infine sono gestibili da remoto con applicazione scaricabile su pc, tablet o smartphone, questo permette agli enologi e ai cantinieri di poter vedere e controllare il tempo mancante, il punto in cui ci si trova nel ciclo, i vari parametri di resa e pressione e tutto il resto, anche da remoto e senza essere fisicamente presenti in azienda o nel luogo esatto di lavoro.

*(schede di descrizione tecnica presse 4.0, aziende Puleo.it e Defranceschi.it)*



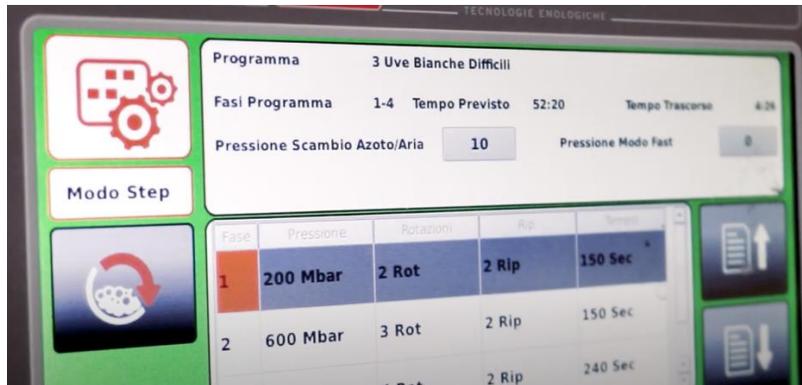


Figura 10. Prototipo di presse 4.0 "enoveneta" e "Puleo" con database a software di gestione automatica

Le altre novità per quanto concerne le presse, in particolare quelle chiuse a membrana e discontinue aperte, sono di tipo strutturale.

Le canaline da dove bypassa il liquido estratto sono state modificate sia nella conformazione dei fori, sia nella distribuzione geometrica all'interno del cilindro contenitivo, assumendo una forma trapezoidale allungata (vedi figura n.11).

I fori aumentati di numero e ridotti di dimensione, permettono di aumentare la superficie drenante del 45% rispetto a le presse tradizionali.

Le canaline a forma trapezoidale come altra funzionalità, garantiscono una riduzione della formazione di feccia dovuta allo sgretolamento.

Per riassumere i plus che questi nuovi strumenti possono donare, come prodotto finale avremo un prodotto che avrà, rispetto alla metodica e alla strumentazione tradizionale, una maggior facilità di estrazione e di drenaggio, quindi un aumento del volume finale, una fecciosità ancor di più ridotta, nonostante le presse discontinue non 4.0 abbiano già dei buoni risultati, una semplicità operativa dovuta al software di gestione, che permette di gestire altri processi di cantina, quindi l'efficienza aziendale risulterà aumentata.

Infine la precisione e l'efficienza dei lavori, che sono conseguenza di un monitoraggio costante e possibilità di intervento automatico e istantanea, risulteranno maggiori e massimizzate, e questo verrà rispecchiato nel mantenimento, e non nella riduzione, del reale potenziale del vino/mosto.

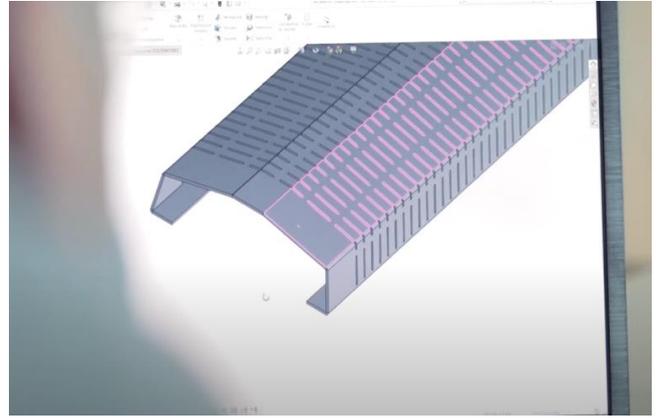
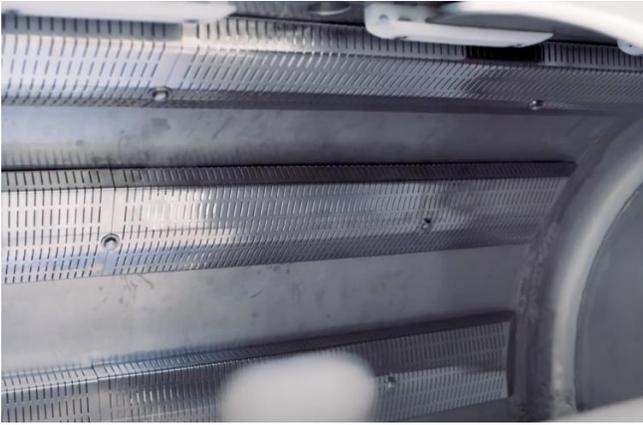


Figura 11. Conformazione trapezoidale con fori rimpiccioliti su canaline presse 4.0 "enoveneta"

*(Enoveneta 9-45 italia video di descrizione tecnica)*  
*(Enoveneta italia scheda tecnica pressa 45 4.0)*

## CAPITOLO IV

### FERMENTAZIONE

La fase fermentativa è la parte considerata più importante nel processo di vinificazione, in quanto da essa si origineranno la maggior parte dei difetti e da dove si potrà determinare una parte considerevole delle qualità nel prodotto finale.

La fermentazione è condotta mediante specifici microrganismi, i lieviti (selezionati e/o indigeni), i quali attraverso il loro metabolismo aerobio e anaerobio trasformeranno la composizione del mosto. Gli zuccheri verranno utilizzati come fonte di carbonio ed energia e verranno prodotti, come sostanze di scarto, etanolo e CO<sup>2</sup> che verranno rilasciati e disciolti nel mosto.

Verranno poi convertite altre sostanze come le molecole aromatiche che compongono gli aromi primari presenti nell'uva, verranno attivati i precursori di quelli secondari, mediante reazioni enzimatiche e metaboliche secondarie dei lieviti, cambierà la composizione della parte acida della soluzione, e tutta una serie di altre reazioni che daranno origine in qualche settimana alla conversione del mosto in vino.

#### 4.1. Strumenti e metodi Tradizionali di controllo fermentativo

A livello operativo questa fase presenta una serie di esigenze pratiche che dovranno essere rispettate:

1. La fermentazione dovrà essere completa e senza interruzioni.
2. La cinetica dovrà essere periodicamente monitorata ed analizzata in modo da avere la situazione sotto controllo.
3. Si dovranno gestire ed evitare le trasformazioni di quelle sostanze che possono causare difetti.
4. Ridurre la perdita di aromi e favorire il mantenimento degli stessi all'interno del vino.
5. Il prodotto ottenuto dovrà essere il più stabile possibile nel tempo, dal punto di vista compositivo e ossidativo.
6. Evitare le proliferazioni microbiche indesiderate e conseguentemente contaminazioni.
7. Ridurre il più possibile l'utilizzo di additivi correttivi.

Per rispettare questi punti occorre l'utilizzo di metodi ed elementi gestionali come la temperatura, l'analisi periodica della cinetica fermentativa, la gestione dell'ossigeno e la nutrizione, che ci permettano di ottenere come risultato il rispetto dei parametri precedentemente citati.

#### **4.1.1. Gestione della temperatura fermentativa**

Il controllo della temperatura (T) avviene mediante l'utilizzo di termostati installati direttamente in un punto della vasca di fermentazione.

Questi mandano un segnale a delle elettrovalvole installate nella linea di raffreddamento sempre in contatto con la vasca, le quali permettono l'apertura e la chiusura della linea nella quale passa il fluido di raffreddamento, precedentemente raffreddato da un impianto frigorifero esterno.

Le elettrovalvole rispondono e si attivano in corrispondenza di un segnale preimpostato, ovvero il superamento di una temperatura pre-settata, al di sopra della quale per raffreddare la massa in fermentazione occorre il circolo del liquido refrigerante.

La gestione della temperatura è importante per garantire cinetiche fermentative più stabili, aiutando a ridurre le probabilità di arresto e per il profilo aromatico del vino il quale è influenzato in maniera importante da questo fattore fondamentale.

Il metodo, comunemente classificato come tradizionale, che sfrutta il meccanismo sonda-elettrovalvola presenta però delle criticità importanti.

La prima osservabile è che la T rilevata dalla sonda non corrisponde e non rappresenta l'effettiva T nel serbatoio, in quanto in un serbatoio (soprattutto quando il rapporto tra diametro e altezza diminuisce) si verifica il fenomeno della stratificazione termica, ovvero le T non sono le stesse a tutte le altezze della vasca (*rappresentato in figura n.12*).

Durante il processo di trasformazione del mosto in vino, i livelli più alti dei recipienti presenteranno temperature più alte, con il presentarsi di fermentazioni più veloci e con il rischio di perdita della componente aromatica.

I livelli più bassi al contrario presenteranno T più basse col rischio che si verifichino rallentamenti o nel caso più grave arresti fermentativi.

Basarsi quindi sul rilevamento di una sola temperatura indicativa per tutta la massa in fermentazione è un'operazione comunque considerabile sufficientemente efficace, ma non è da considerarsi efficiente.

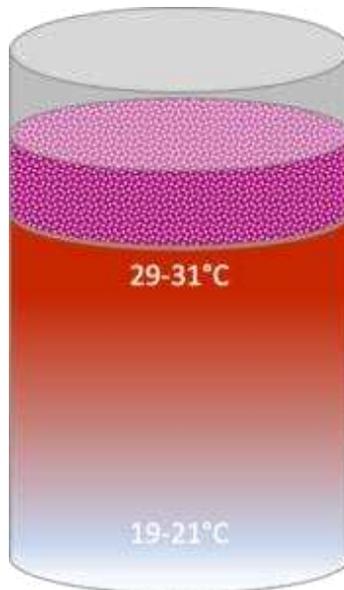


Figura 12. esempio di stratificazione termica in vasca

#### **4.1.2. Gestione di valutazione**

La gestione della massa in fermentazione ed eventuale monitoraggio dei parametri fermentativi fondamentali è comunemente e tradizionalmente basata sull'utilizzo di: rifrattometri, mostimetri, densimetri ed analisi di campioni portati in laboratorio. Le operazioni che coinvolgono questi strumenti e queste pratiche sono prettamente manuali e vengono generalmente svolte con un intervallo da operazione a operazione di 2 giorni o 1 volta per giorno.

Ciò facendo si possono ottenere diverse informazioni sull'avanzamento della fermentazione, sulla cinetica ferm. e su parametri di composizione come residuo zuccherino e gradazione alcolica, permettendo un intervento qualora si presentassero dei valori non attesi e non voluti (*esempio in figura n.13*).

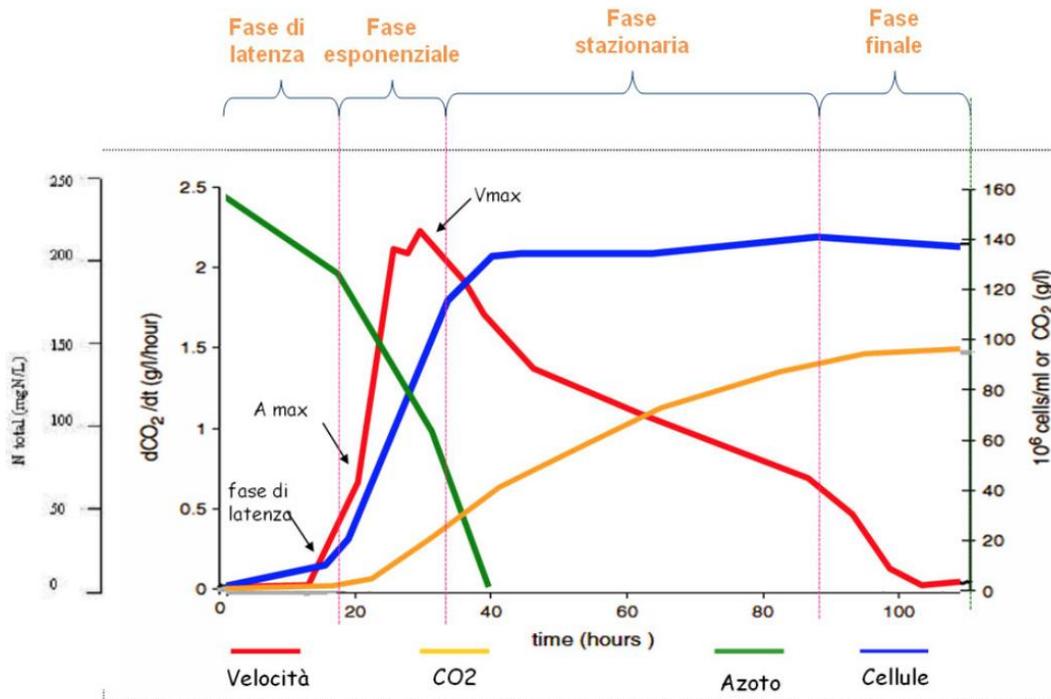


Figura 13. grafico rappresentante l'andamento di una fermentazione su mosto d'uva in condizioni ideali

Questi metodi presentano delle criticità, che allontanano l'operatore da quella che realmente è la situazione temporale e organolettica della massa in fermentazione, risultata dopo questo tipo di controllo analitico.

Il primo problema si sviluppa a livello del punto di prelievo del campione. In quanto il punto di prelievo è soggetto al fenomeno di stratificazione termo-densimetrica, e non rappresenta in modo preciso tutta la massa di vino all'interno.

Altra criticità può essere il livello di approssimazione delle misure, che anche se in minor peso rispetto ad altre problematiche influisce negativamente alla rappresentazione effettiva della situazione in vasca.

Altro punto di difficoltà è il tempo di queste misurazioni/analisi, se un campione viene sottoposto ad analisi in laboratorio soprattutto se con sede dislocata ed esterna all'azienda, occorrerà considerare il tempo di trasporto e i tempi di emanazione dei dati ottenuti dall'analisi, che di norma possono andare da poche ore ma anche fino a 1-2 giorni.

Così facendo i dati di riferimento saranno sì corretti ma non rappresenteranno con precisione la situazione temporale ed organolettica in cui si trova il mosto-vino in fermentazione.

Altra criticità è la presenza dell'errore umano sulla rilevazione delle misure, a livello di approssimazioni sbagliate o rilevate con poca accuratezza, senza considerare fattori che potrebbero forviare la lettura dei dati nei vari campioni e alterare la misura stessa

(temperatura, fretta nel svolgere l'analisi, utilizzo di strumenti non calibrati o non correttamente puliti dalla precedente analisi).

Questi metodi "tradizionali e comuni di valutazione, ci permettono di valutare indicativamente in maniera sufficiente le sue momentanee caratteristiche compositive e a che punto si è nella fermentazione, ma non permette di valutare correttamente e tempestivamente quello che è lo "screenshot" in tempo reale dell'attività dei lieviti ed eventuali condizioni dei stress nel vino.

*(Forum parsec – fattori di fermentazione)*

#### **4.1.3. Gestione dell'ossigeno e dei nutrienti**

Il dosaggio dell'ossigeno in fermentazione viene effettuato, nella prima fase, a circa  $\frac{1}{4}$  o  $\frac{1}{3}$  della fermentazione, quando il lievito sta crescendo dal punto di vista della popolazione, con dosaggi medi di 5-10 mg/l di O<sub>2</sub> in base alle caratteristiche compositive del mosto, per favorire la sopravvivenza dei lieviti, aumentandone la resistenza all'etanolo e la sintesi dei fattori di sopravvivenza (produzione di steroli e ac. grassi insaturi migliorando la permeabilità di membrana, che altrimenti verrà ridotta dalla presenza sempre maggiore dell'etanolo).

Garantendo delle fermentazioni più veloci e riducendo la possibilità che si presentino problemi di arresti o rallentamenti fermentativi.

*Citazioni tratte da:*

*l'ossigeno nella fermentazione alcolica: non solo per il benessere dei lieviti – di A.B. Bartolini*

Il contatto con l'O<sub>2</sub> avviene attraverso delle metodiche che comunemente sono: i rimontaggi (*figura n.14*) e con areazione attraverso valvole ad effetto venturi (*figura n.15*).

Questo è da considerarsi in una condizione di sanità delle uve ottimale, in quanto mosti ottenuti da uve sane possono permettersi di ricevere operazioni riguardanti l'introduzione e la gestione dell'ossigeno, in quanto meno suscettibili ai dosaggi di ossigeno rispetto alle uve non sane che possono avere problemi di gestione ossidativa a causa di enzimi ossidanti formati e presenti precedentemente alla vinificazione (Laccasi), che potrebbero causare problemi nelle successive fasi di cantina.

Come per l'ossigeno la questione della nutrizione per i lieviti è correlata alla cinetica di fermentazione, in quanto anche qui tradizionalmente viene introdotta nutrizione o in fase di inoculo dei lieviti, quindi a inizio della fase fermentativa o più correttamente viene effettuata a  $\frac{1}{3}$  della fermentazione.

Ma fatte le considerazioni precedenti sulla gestione di valutazione della cinetica fermentativa (4.1.2. Gestione di valutazione – Pag. 33-34), quando siamo esattamente a 1/3 della fermentazione? Come possiamo introdurre correttamente nutrizione, fattori di sopravvivenza o O<sub>2</sub> con precisione, se le tecniche tradizionali di valutazione della cinetica non sono precise ed accurate a livello temporale?



Figura 14. Rimontaggio all'aria effettuato con tecnica tradizionale (Blog Tenute d'Italia, art. "la Nostra vinificazione in Rosso")



Figura 15. Valvola a sistema Venturi (Pandolfini Enologia)

## 4.2. Strumenti, metodi e risultati di controllo fermentativo 4.0

I sistemi che oggi si stanno diffondendo per automatizzare il processo fermentativo e quindi vanno incontro alla conversione tecnologica 4.0 hanno in comune i seguenti criteri:

- La precisione delle analisi e dei rilevamenti dei dati.
- Velocità di elaborazione dei dati in tempo reale.

- Strumenti di intervento specifico per i vari parametri collegati ed interconnessi tra loro,
- Grado di efficienza e precisione superiore.
- Utilizzo di informatica basata su software digitalizzati e/o sull'intelligenza artificiale che orchestrano l'insieme degli hardware di intervento operativo.

#### **4.2.1 Temperatura, densità e cinetica fermentativa**

Per quanto concerne la gestione della temperatura il sistema principale di queste nuove tecnologia, è una rivisitazione del sistema ad elettrovalvole tradizionale e vede l'utilizzo di un impianto multisonda applicato alla vasca in diversi punti di altezza. Con un sistema software di lettura della temperatura, le informazioni vengono codificate ed il segnale farà intervenire una doppia linea di elettrovalvole, che come nei sistemi tradizionali, farà bloccare o passare il liquido di refrigerazione nelle serpentine che circondano o che si immergono nel livello superiore e nel livello inferiore del serbatoio.

Questo permette di bypassare il problema della stratificazione termica, gestendo e rilevando la temperatura nei diversi range di altezza della vasca e senza commettere l'errore di basarsi su un unico dato di temperatura rilevabile, che sarebbe imprecisamente rappresentativo. Unificando la temperatura generale del liquido nel serbatoio e pilotando in maniera avanzata la cinetica di fermentazione, che sarà il più uniforme possibile nelle varie altezze. (niente più zone con differenza di temperatura elevata e relative differenze di attività dei lieviti)

Esempio di sistema di controllo temperatura è il CTe Parsec (Sesto Fiorentino, FI, Italia).

<https://www.parsecsrl.net/termoregolazione/>

Per il monitoraggio della cinetica fermentativa la tecnologia 4.0 si basa su l'utilizzo di software di rilevamento dinamico, specifico per ogni singola vasca o uno unico che raccoglie in un database unificato i segnali inviati da ogni singola cisterna, il quale attraverso l'analisi istantanea riesce a ricostruire in tempo reale la curva di crescita del lievito e dunque la vera rappresentazione della cinetica di fermentazione.

ADCF Parsec, uno tra i primi sistemi commercializzati, permette di rilevare in continuo, senza interruzioni e con elevata precisione, la CO<sup>2</sup> prodotta dalla fermentazione, la quale è collegata al consumo degli zuccheri.

Conservando nella vasca un piccolo surplus pressione, il sistema, mediante sonde a sensori con elevata precisione e sensibilità, rileva ogni minima variazione di pressione generata dall'anidride carbonica prodotta, la quale successivamente verrà rimossa da una valvola a sfiato.

In questo modo, mediante la tecnologia presa in esempio di ADCF, si riesce ad avere in ogni istante l'immagine precisa dei parametri che rappresentano lo svolgersi della fermentazione, con possibilità di digitalizzazione e di intervento da remoto mediante computer, tablet o smartphone. Permettendo così agli operatori, cantinieri ed enologi di intervenire nell'esatto momento in cui si entra in una determinata fase della cinetica per la gestione di ossigeno, nutrienti e/o fattori di sopravvivenza o nel momento in cui si riscontra un'anomalia per prevenire il suo avanzamento errato.

Anche per il parametro della misurazione densimetrica vede l'utilizzo di una tipologia specifica di sensori, anche in questo caso in continuo ed automatizzati che permettano un monitoraggio costante, preciso ed istantaneo della componente zuccherina ed alcolometrica del mosto-vino.

Ciò permette di risalire nell'esatto momento della lettura dei dati a quella che è la situazione temporale reale del nostro prodotto, favorendo il più possibile e rendendo più efficaci gli interventi correttivi nel caso si richiedesse l'utilizzo.

L'analisi zuccherina e alcolometrica saranno di semplice lettura ed interpretazione, evitando così le medesime misurazioni effettuate con metodi tradizionali che in confronto risulterebbero meno precise e richiederebbero più tempo, quindi una scorretta rappresentazione dello stadio evolutivo del mosto-vino.

#### ***4.2.2 Gestione dell'ossigeno e della macerazione***

Per la questione dell'ossigenazione i nuovi modelli tecnologici e le nuove pratiche sfruttano le tecniche di microossigenazione di precisione distribuita, e di gestione automatizzata dell'O<sub>2</sub> nella fase di rimontaggio e di movimentazione del cappello di vinacce (per la vinificazione in rosso).

Per il primo caso, la microossigenazione distribuita, l'iniezione di ossigeno all'interno della vasca viene effettuato con un dosaggio di precisione prestabilito dall'operatore o gestito da un sistema software armonico che rileva i dati della cinetica fermentativa ed interviene in automatico in base a determinati parametri di lettura, ad esempio dosaggio di O<sub>2</sub> in base al momento della fase fermentativa.

Con un inoculo ad alta precisione, non traumatico per il prodotto, garantisce il dosaggio giusto al momento giusto.

Il sistema MOX di Parsec, sfrutta questo principio, esso è stato il primo ad essere introdotto nel mercato con camera di dosaggio a volume costante, che permette di rilasciare l'ossigeno in dosi precise e determinate, espresse in mg/l senza subire l'influenza della temperatura e della pressione esterna ed interna al liquido.

L'ossigeno è rilasciato nel prodotto in automatico con sistema in continuo e costante nel caso di necessità di macro-ossigenazione (mg/l per giorno) o in modalità di micro-ossigenazione (mg/l per mese).

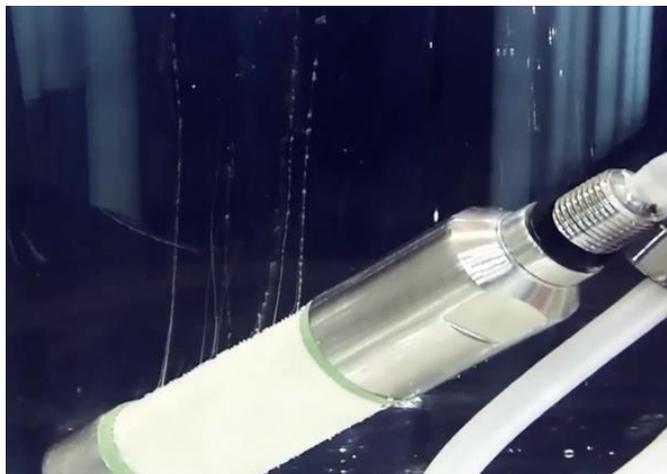
I micro-ossigenatori MOX (*figura n.16*) possono inoltre svolgere la modalità di ossigenazione a Mono-dosaggio, riproducendo l'effetto di un vero e proprio arieggiamento, in questo caso in ambiente monitorato e controllato.

Nel caso di sistemi di ossigenazione che coinvolgono anche la macerazione, le novità vedono sistemi in grado di rimescolare il cappello di vinacce ed effettuare rimontaggi con l'utilizzo di aria iniettata da determinate zone del serbatoio in maniera sequenziale e modulata (air mixing M.I.).

L'irrorazione frazionata del sistema Air mixing (*figura n.17*), di brevetto Parsec, vede l'introduzione di aria a partire da un sistema automatico di iniezione del flusso di ossigeno, attraverso un sistema di ugelli fondali e laterali, installabili in tutti i tipi serbatoi (acciaio, cemento di dimensioni grandi o piccole).

L'iniezione modulata e sequenziale che passa dagli ugelli, produce onde disgreganti all'interno del liquido, che permettono di affondare, inondare e sgretolare completamente il cappello, senza che vi sia alcun tipo di azione meccanica violenta, in quanto queste ultime criticità possono essere fonte di aumento di fecciosità nel vino. Il sistema air mixing basa la sua attivazione in base alla differenza di temperatura tra fondo e cappello superficiale, quando il sensore rileva un aumento eccessivo della temperatura superficiale rispetto al fondo, il software attiva il compressore che inietta aria modulata uniformando la temperatura permettendo il rimescolamento del cappello.

Questa novità ha una triplice azione vantaggiosa: estrazione ottimale le sostanze coloranti e secondarie, attraverso una macerazione e un rimescolamento costante delle vinacce; Aereazione del mosto con un effetto pari ad un rimontaggio; ed infine mantiene in maniera uniforme la temperatura nel vaso di fermentazione.



*Figura 16. Micro ossigenatore MOX.*



Figura 17. Linea Air Mixing M.I. "evidenziata in rosso.

([parsecsrl.net](http://parsecsrl.net) – webinar, gestione della fermentazione 4.0)

### 4.2.3 Nutrizione

La nutrizione è un fattore solitamente gestito unicamente da interventi stabiliti dall'enologo, in base alla situazione e alla conoscenza temporale ed organolettica della massa fermentante su cui intervenire.

Mediante la lettura delle analisi e la visione dei parametri chiave per capire l'andamento fermentativo, si prestabilisce un dosaggio di nutrienti che dovrà essere inoculato specificamente, con operazioni, tempi e metodiche dedicate per ogni singola vasca.

Nella neo-industria enologica 4.0 la nutrizione può essere gestita e resa automatizzata mediante dei sistemi, che attraverso un incontro di dati riescono a stabilire e ad effettuare quello che è il dosaggio di nutrizione ideale.

Fanno parte di questo ramo tecnologico tutti quei sistemi composti da: database software di raccoglimento e codificazione dati e da organi Hardware che permettono l'intervento operativo, come il Sistema Bionica (brevettato Parsec).

Il sistema Bionica è in grado di svolgere diverse funzioni, esso permette di monitorare mediante analisi a sonde ACDF, che stabiliscono quantità e velocità di produzione di anidride carbonica, l'andamento del processo fermentativo (precedentemente analizzate, cap 4.2.1.), gestendo così in automatico, con confronto e calcolo immediato all'interno del software, il dosaggio in linea dell'ossigeno e di nutrienti per il lievito nella quantità e nei tempi realmente utili e necessari in base al momento della cinetica in cui si trova il prodotto.

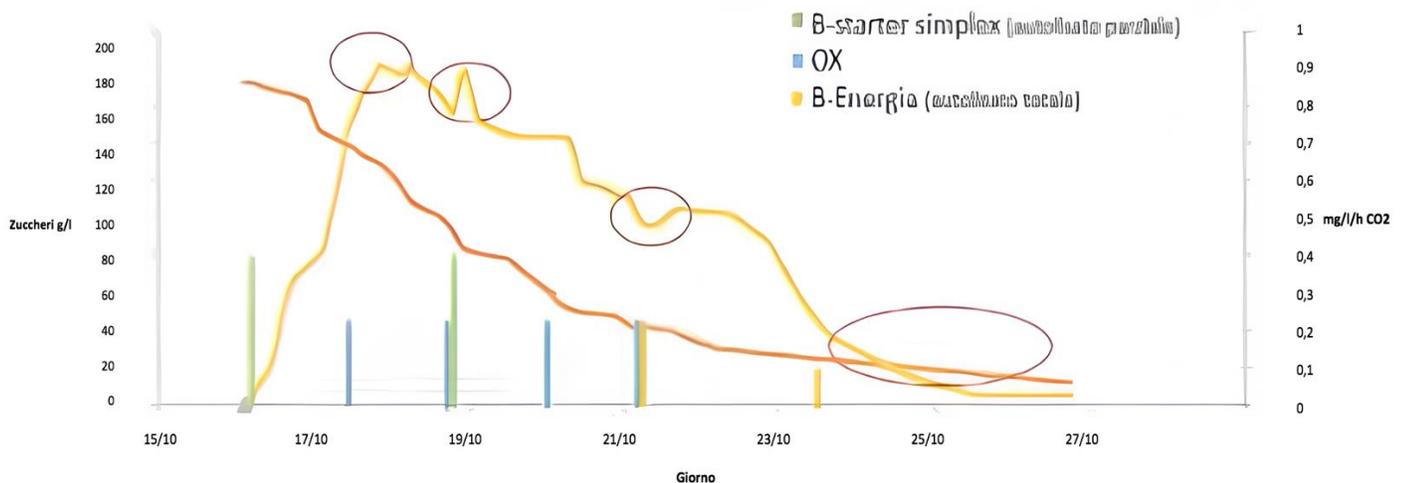
L'insieme di rilevazione grafica dei dati e rispettivi interventi, settabili in modalità automatica o non, hanno la possibilità di poter essere gestiti anche da remoto, mediante piattaforma specifica installabile su smartphone o computer

Il sistema di calcolo del software, che in parte viene gestito da intelligenza artificiale, controlla ed interviene su un totale di 30 parametri di fermentazione in tempo reale e si basa su un modello detto a 3Q:

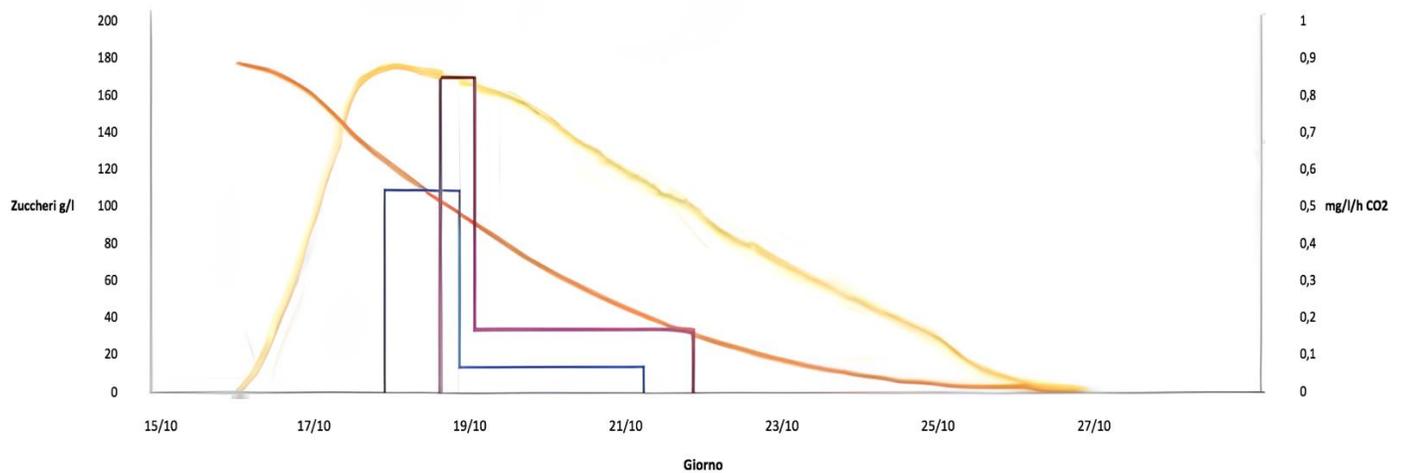
- Quale nutriente è necessario per un'esigenza particolare in un specifico e determinato momento della fermentazione. Fonti azotate, Vitamine, Fattori di sopravvivenza, minerali...
- Quanto nutriente è indispensabile in una determinata massa fermentante, affinché il lievito porti a termine o prosegua correttamente la fermentazione.
- Quando è il momento migliore per il metabolismo del lievito per apportare i nutrienti rendendo massima la loro efficacia.

Gli effetti risultanti dall'utilizzo di Bionica, rispetto ad una fermentazione con strumentazione tradizionale, sono stati principalmente: operazioni più precise e veloci, una resa maggiore in termini di Biomassa ed esaltazione della vitalità dei lieviti, una maggior quantità di zucchero utilizzato, una minor produzione di alcoli superiori e una minor quantità di acidità volatile, incremento di composti secondari come esteri ed acetati, una riduzione molto elevata del rischio di insorgenza dei così detti Off-Flavour H<sub>2</sub>S, ed infine riduzione dell'errore e della variabile operativa umana.

### Fermentazione standard



## Fermentazione Bionica



— Cinetica lieviti

Consumo zuccheri

- Introduzione ossigeno
- Nutrizione
- Starter fermentativo

(grafici di confronto fermentazione Bionica - Parsecsrl.net, webinar su fermentazione controllata)

### 4.2.4 Sistema di controllo generale unificato

Avere a disposizione degli impianti con dei sistemi automatici, che gestiscano l'avanzamento delle varie fasi di trasformazione del prodotto nel loro insieme, e che contemporaneamente abbiano la funzione di intervenire tempestivamente, è fondamentale, creando una situazione ideale per il produttore/enologo, permettendogli di applicare le proprie scelte operative in maniera efficiente.

I sistemi intelligenti di coordinamento generale che, attraverso l'automazione delle operazioni di vinificazione, con il controllo ed il collegamento tra i diversi parametri di processo, offrono delle soluzioni aggiuntive.

I microprocessori dedicati al controllo dei propri e specifici parametri fermentativi (temperatura, ossigeno, nutrizione...) interagiscono tra loro e scambiano informazioni e dati con l'unità centralina, sede del software di controllo e programmazione del sistema, che può essere anche munito di intelligenza artificiale, per l'assistenza operativa e decisionale.

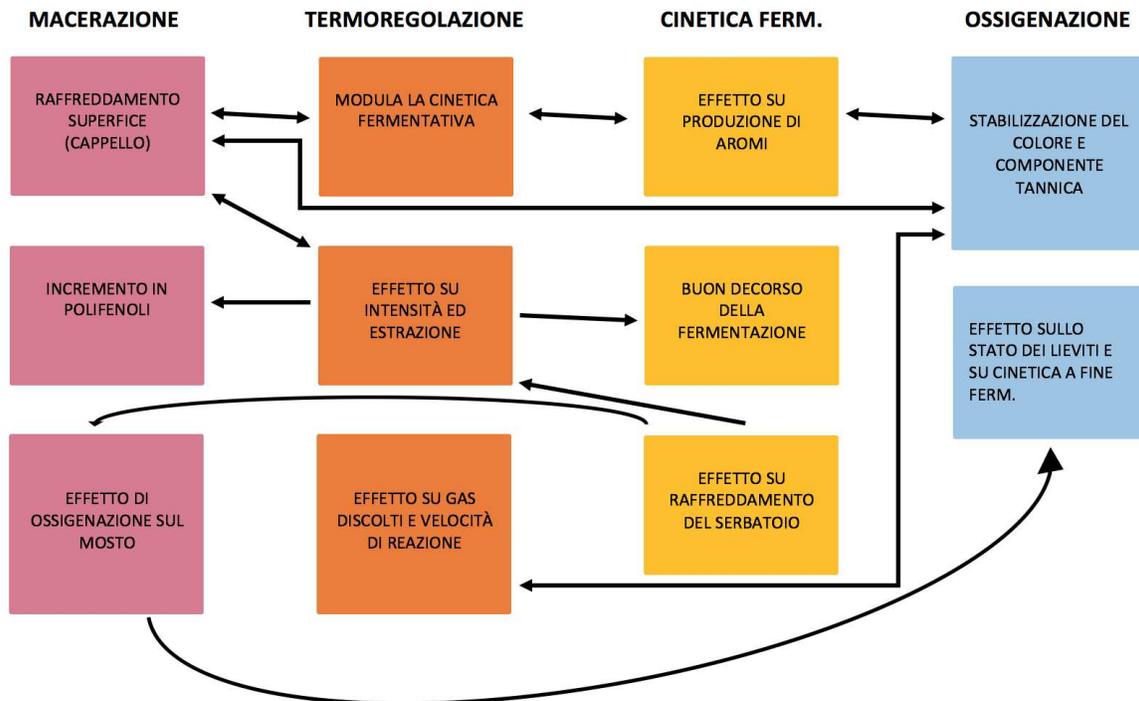


tabella creata per indicare le relazioni tra vari fattori nei sistemi di controllo unificato

Fa parte di questa categoria di impianti il SaEn5000 di casa Parsec, un sistema che raggruppa in un unico software ed in un unico dispositivo digitale, tutte le informazioni appartenenti ai diversi strumenti di analisi.

La rilevazione multisonda della temperatura, la termoregolazione dei serbatoi differenziata a livelli, il monitoraggio costante della cinetica fermentativa (ADCF), la micro e la macro-ossigenazione controllata delle masse in fermentazione (Air-Mixing), la gestione della macerazione con operazioni alternative alle tradizionali follature e rimontaggi, tutti questi dati vengono raccolti, elaborati ed unificati in modo tale che il SaEn5000 riesca a dare una rappresentazione grafica, a tutto l'insieme dei parametri della massa fermentante, ed agisca in autonomia per operare su gli stessi, secondo un protocollo operativo-produttivo o preselezionato e inserito dall'operatore o gestito e coordinato in autonomia dal software intelligente. Al variare di un dato, che viene rilevato e codificato risponde con un'azione da parte del sistema che, giostrando i vari parametri ed interventi, riesce a gestire in parziale autonomia la fase di fermentazione. Queste "centraline 4.0" sono strumenti con capacità potenti di raggruppamento ed elaborazione dati e al tempo stesso sono di facile utilizzo, possono essere a sua volta raggruppate fino a 120 postazioni centraliniche per singola unità di controllo (vedi figura n.18) e possono essere gestite da remoto tramite applicazioni per PC, Smartphone o Tablet.

Gli impianti come SaEn5000 offrono delle opportunità di tipo tecnologico ed operativo sicuramente vantaggiose, considerando anche il calo conseguente dei costi di gestione

e degli interventi correttivi, che saranno minori in quanto il processo si basa su operazioni di produzione preventive e/o effettuate in un momento preciso, al manifestarsi dei segnali di esigenza di intervento rilevati nel prodotto, facendo esprimere al massimo l'efficacia di ogni singolo intervento.

Non sono però in grado di sostituire completamente la figura del produttore o enologo, dato che il compito decisionale e di scelta effettiva di quello che sarà il vino ottenuto dalla fermentazione è strettamente legato a queste figure.

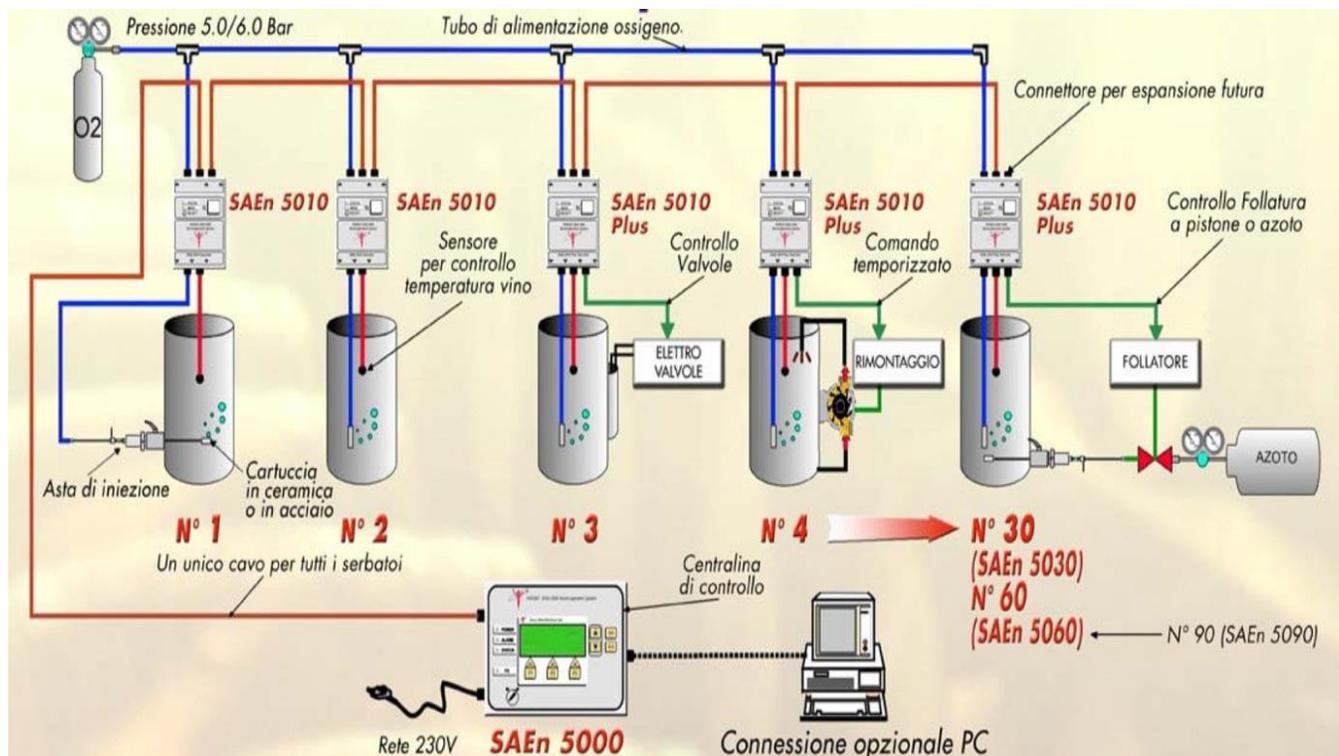


Figura 18. complesso del sistema di gestione unificata SAEn5000

(infowine - docs Parsec Srl. Sistema integrato S.A.En.5000)

## CONCLUSIONI

Dallo studio delle varie tecnologie che abbiamo descritto e osservato, è emerso che dagli albori dell'industrializzazione, in specifico di quella enologica, sono stati fatti dei grandissimi passi avanti, dalla prima epoca industriale fino alla quarta, quella attuale. Queste tecnologie che si sono esponenzialmente evolute hanno portato il settore vinicolo in un gradino più alto sul piedistallo, a livello di qualità del prodotto e dei lavori, rispetto a epoche precedenti, questo perché il filo che accomuna il miglioramento, in particolare in questa era 4.0, è basato principalmente su l'elevare al massimo l'efficienza e la qualità dei processi, per dare la possibilità di esaltare e/o mantenere il maggior numero possibile di caratteristiche positive presenti già nel prodotto primo, l'uva.

Con le lavorazioni tradizionali, effettuate con un certo rigore e una certa cura, i prodotti che ne risultavano, nella maggior parte dei casi erano e sono prodotti molto validi o comunque più o meno qualitativi.

Con questi macchinari la possibilità di ottenere la medesima qualità medio/alta o superiore è in primo luogo più semplice a livello operativo, e in secondo luogo può essere una possibilità aperta a tutti i produttori, senza distinzioni di dimensione aziendale, a patto che vi sia la capacità e la disponibilità all'investimento.

Riassumendo i seguenti grafici sono i confronti e le considerazioni tra i punti Plus o Minus delle caratteristiche dei macchinari descritti.

<i>SELEZIONE DELLE UVE</i>	<i>FATTORI POSITIVI</i>	<i>FATTORI NEGATIVI</i>	<i>CONSIDERAZIONI</i>
<i>NO SELEZIONE</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prevale la tradizionalità della vendemmia</li> <li>• Un'operazione in meno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Certa la presenza dei MOG</li> <li>• Qualità uva inferiore</li> </ul>	Valida solo in ambienti di lavoro dove l'obiettivo mira solo alla quantità e non alla qualità.
<i>SELEZIONE MANUALE</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riduzione presenza MOG</li> <li>• Aumento qualità dell'uva</li> <li>• Investimento minore</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessita di personale dedicato</li> <li>• Variabile di errore umana</li> </ul>	Primo gradino valido per evitare presenze di MOG, eleva sicuramente la qualità. Per aziende medie o medio/piccole.
<i>SELEZIONE AUTOMATICA</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualità prodotti primi massimizzata</li> <li>• Sistema che auto-migliora</li> <li>• Non necessita di componente manuale e quindi rimosso l'errore umano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevato investimento iniziale</li> </ul>	Sistema sicuramente importante che spinge a raggiungere il massimo potenziale di qualità e precisione. L'assenza di operatori, che possono dedicarsi ad attività diverse. Per aziende medie o grandi in quanto a livello economico è un grande investimento.

<i>PRESSATURA</i>	<i>FATTORI POSITIVI</i>	<i>FATTORI NEGATIVI</i>	<i>CONSIDERAZIONI</i>
<i>PRESSE TRADIZIONALI</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presse discontinue, qualità del prodotto medio-elevato se costantemente monitorato e gestito</li> <li>• Presse continue per elevate quantità</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difficoltà per l'operatore a disaccarsi per altre pratiche di cantina</li> <li>• Processi lenti</li> <li>• Imprecisione di analisi e valutazione dei parametri estrattivi</li> </ul>	<p>Questi tipo di presse sono le più diffuse nelle cantine, il loro funzionamento è valido e con un impiego importante di manodopera si raggiungono buoni risultati anche se in modo lento e talvolta impreciso</p>
<i>PRESSE 4.0</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestione della pressatura con impiego di personale assente o solo nella fase di programmazione.</li> <li>• Gestione ed intervento da remoto</li> <li>• Prodotto ottenuto con qualità massimizzata, mediante processi operativi immediati e precisi</li> <li>• Costo variabile perché software è adattabile a presse di tutte le dimensioni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adattabilità e creazione rete per interconnessione cantina</li> </ul>	<p>Sicuramente sono una svolta per quanto riguarda la distribuzione del tempo lavorativo dedicato a questa fase, con questi software ora oltre ad avere come risultato prodotti di qualità superiore, avremo operazioni più corte, precise e tracciabili.</p>

<i>FERMENTAZIONE</i>	<i>FATTORI POSITIVI</i>	<i>FATTORI NEGATIVI</i>	<i>CONSIDERAZIONI</i>
<i>FERMENTAZIONE TRADIZIONALE</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fermentazioni che se gestite con attenzione danno origine a prodotti di qualità</li> <li>• Naturalità e /o tradizionalità del processo</li> <li>• Non necessita di investimenti elevati per macchinari nuovi</li> <li>• Marketing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interventi enologici molto frequenti</li> <li>• Operatività elevata</li> <li>• Monitoraggio e analisi imprecise e non rappresentative</li> <li>• Fermentazioni non sempre portate a termine o con problematiche</li> <li>• Rilevazioni analitiche imprecise</li> <li>• Gestione aggiunte, nutrienti e ossigeno difficoltose</li> </ul>	<p>Le fermentazioni svolte in maniera tradizionale sono tuttora le più diffuse, si possono ottenere ottimi prodotti e con qualità altissima, ma dietro deve esserci un lavoro molto preciso, meticoloso e costante e una gran parte delle aziende non riescono a rispettare questi termini, resta comunque un processo ancora valido</p>
<i>FERMENTAZIONE AUTOMATIZZATA</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risultati con elevata efficienza e qualità</li> <li>• Analisi e monitoraggio costante</li> <li>• Precisione e tempestività degli interventi</li> <li>• Fermentazioni con basso rischio interruzioni o rallentamenti</li> <li>• Componente operativa ridotta al minimo</li> <li>• Gestione da remoto, semplice, automatica e totalitaria su tutti i fattori del processo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo di installazione impianti 4.0</li> <li>• Complicazioni tecnologiche tra i vari sistemi interconnessi</li> <li>• Incertezza ancora presente nel mercato per i vini prodotti con ferm. 4.0</li> </ul>	<p>Ancora poco sviluppata a causa dell'elevato costo per gli impianti 4.0 di gestione automatica, per ora diffusa in realtà ben avviate di medio-grandi e grandi produzioni. Offre una soluzione di efficienza e al contempo comoda per le cantine che prenderà sempre più piede. I risultati sono positivi, senza la creazione di problematiche e con qualità mediamente maggiore rispetto alla tradizionale</p>

*ENOLOGIA 3.0  
&  
ENOLOGIA 4.0*

*FATTORI POSITIVI*

*FATTORI NEGATIVI*

	<i>FATTORI POSITIVI</i>	<i>FATTORI NEGATIVI</i>
<i>ENOLOGIA 3.0</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prodotti comunque qualitativamente validi</li> <li>• Conoscenza più accurata dei vari processi e strumenti comuni</li> <li>• Mantenimento della tradizionalità e abitudini</li> <li>• Marketing al momento vantaggioso (bassa incertezza)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imprecisione delle pratiche</li> <li>• Probabilità elevata di formazione di difetti</li> <li>• Impiego di manodopera elevato</li> <li>• Fattore dell'errore umano preponderante</li> <li>• Processi lunghi</li> </ul>
<i>ENOLOGIA 4.0</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Automazione e precisione di ogni singolo fattore</li> <li>• Basso dispendio di energie da parte della componente operativa</li> <li>• Risultati che puntano e ottengono la massimizzazione delle capacità del prodotto primo</li> <li>• Sostegno e supporto decisionale per l'Enologo</li> <li>• Costante gestione e controllo anche fori sede lavorativa</li> <li>• Costante miglioramento ed auto-miglioramento delle tecnologie</li> <li>• Riduzione dell'errore umano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costi impianti elevati</li> <li>• Titubanza nelle aziende soprattutto quelle piccole e storiche per il fattore innaturalità e artificiosità</li> <li>• Bassa diffusione quindi limiti ancora da definire con certezza</li> <li>• Difficoltà di installazione e collegamento generale degli impianti (creazione di linee idrauliche, elettriche e spazi appositi)</li> </ul>

L'industria enologica e la tecnologia che ne consegue sarà sempre migliore e in costante evoluzione, la tradizionalità sarà sempre un pilastro fondante di questo settore ma con il giusto equilibrio tra le due parti, i risultati i termini di qualità saranno sempre più positivi rispetto a quelli precedenti.

Oggi queste tecnologie sono disponibili potenzialmente per tutte le aziende, dalle più piccole a le più grandi, ma nonostante ciò l'ostacolo economico risulta giustamente ancora molto alto per certe realtà. Come già visto nelle industrializzazioni precedenti col tempo questo fattore economico sarà destinato a calare e prenderà sempre più piede, in quanto i vantaggi sicuramente sono superiori.

Altro ostacolo è la barriera generazionale, in quanto aziende con proprietà con età superiore alla media saranno statisticamente più propense a mantenere inalterato il profilo tecnologico aziendale, ma anche queste col tempo dovranno aggiornarsi per non essere surclassate dalla tecnologia.

Queste tecnologie stanno svoltando l'enologia per come la intendiamo oggi e saranno sempre più presenti nelle aziende, I presupposti per innovare e far crescere il settore ci sono, i prodotti cambieranno e la qualità generale dei vini potenzialmente aumenterà, la cosa che principalmente deve e dovrà essere fatta è accogliere tutto ciò con il giusto equilibrio.

## BIBLIOGRAFIA

- Robotica, la chiave per lo sviluppo dell'industria 4.0, corriere della sera.  
(<https://www.corriere.it/native-adv/e80-group-02-robotica-chiave-sviluppo-industria-4-0.shtml>)
- Pulire e selezionare: i sistemi di cernita delle uve, VigneVinieQualità.it.  
(<https://vigneviniequalita.edagricole.it/cantina-produzione-vino/pulire-e-selezionare-i-sistemi-di-cernita-delle-uve/>)
- L'importanza della Pressatura in vinificazione, informatore agrario, articolo di Mauro De Paola. (<https://www.informatoreagrario.it/filiere-produttive/vitevino/vademecum-per-scegliere-la-presa-ideale-in-cantina/>)
- Da Industria a Enologia 4.0: come avanguardia e approccio scientifico nel controllo di processo ottimizzano il lavoro in cantina a vantaggio della qualità, la cantina del futuro” di Michele Ceccarelli.  
(<https://youtu.be/dFPpilONIMc?si=9jPaEq9nKCYevPPg>)
- Immagini cernita uve azienda Tenuta Poggiorosso.  
(<https://www.poggiorossoglamping.it/>)
- Immagini e articolo su selezione uve, Pulire e Selezionare: i sistemi di cernita delle uve, Articolo di Alessandra Bartolini –Vignevinidiqualità.  
(<https://vigneviniequalita.edagricole.it/cantina-produzione-vino/pulire-e-selezionare-i-sistemi-di-cernita-delle-uve/>)

- Sistema di selezione automatica: Tommy, immagine Tommy Table.  
(<https://www.yumpu.com/it/document/view/16404601/sistema-di-selezione-automatica-tommy-vitisit>)
  
- Agrifood: nel futuro del vino italiano c'è l'AI.  
(<https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/agrifood-nel-futuro-del-vino-italiano-ce-lai/>)
  
- Bruce R., Lestringant P., Brenneman C., Heymann H., and Oberholster A. (2021). The Impact of Optical Berry Sorting on Red Wine Composition and Sensory Properties. *Foods*, 10(2), 402. (<https://www.mdpi.com/2304-8158/10/2/402>)
  
- P. Ribéreau-Gayon, D. Dubourdieu, B. Donèche and A. Lonvaud (2012). Trattato di enologia 1 (Quarta edizione), capitolo 12 vinificazione in rosso, paragrafo su “Pressatura delle vinacce”.
  
- Citazioni Peynaud, 1971; Maurer e Meidinger, 1976, P. Ribéreau-Gayon, D. Dubourdieu, B. Donèche and A. Lonvaud (2012). Trattato di enologia 1 (Quarta edizione) – P. Ribereau-Gayon capitolo 13 Vinificazione in bianco.

## **Sitologia**

- Infowine, articolo interfaccia operatore e-panel per pressa.  
(<https://www.infowine.com/interfaccia-operatore-e-panel-per-pressa/>)
  
- Sito web per schede tecniche presse 4.0, Puleoitalia.it.  
(<https://www.puleoitalia.com/>)
  
- Sito web per schede tecniche presse 4.0, Defranceschi.it.  
(<https://www.defranceschi.sacmi.it/>)

- Sito web per schede tecniche e immagini presse 4.0, Enoveneta.it.  
(<https://enoveneta.it/>)
- Infowine, conferenza su soluzioni e tecnologie innovative per la gestione avanzata di fermentazione e macerazione.  
([https://www.youtube.com/watch?v=25Qt0ufUJ\\_c](https://www.youtube.com/watch?v=25Qt0ufUJ_c))
- Infowine, conferenza su Fermentazione e macerazione in rosso: ottimizzare i processi con la tecnologia. ([https://www.youtube.com/watch?v=Im\\_DR6RUwrl](https://www.youtube.com/watch?v=Im_DR6RUwrl))
- Studio di A.B. Bartolini, l'ossigeno nella fermentazione alcolica: non solo per il benessere dei lieviti.  
(<http://www.viten.net/files/c19/c19e7cffe9f05f256807c3238bc855de.pdf>)
- Blog Tenute d'Italia, articolo e immagini su "la nostra vinificazione in rosso."  
(<https://blog.tenuteditalia.com/it/produzione/64-la-nostra-vinificazione-in-rosso-fermentazione-alcolica-e-svinatura>)
- Parsec.net, webinar gestione della fermentazione alcolica 4.0.  
(<https://www.parsecsrl.net/fermentazione-alcolica/>)
- Webinar Infowine, Le ultime innovazioni esclusive Parsec che stanno cambiando le tecniche di produzione, a cura di Leo Forte.  
(<https://www.youtube.com/watch?v=prLi8FManOE>)

- infowine - docs Parsec Srl. Sistema integrato S.A.En.5000.  
(<https://www.parsecsrl.net/controllo-supervisione-enologica/>)