



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

Corso di laurea in Scienze e tecnologie alimentari

ANALISI DELLE TECNOLOGIE DI PRODUZIONE DELL'IDROMELE

Relatore:
Prof. Lorenzo Guerrini

Laureanda:
Martina Peruzzo
Matricola n.
1220846

ANNO ACCADEMICO 2022 - 2023

INDICE

RIASSUNTO	4
ABSTRACT	4
INTRODUZIONE	6
1.1 Storia.....	7
1.2 Normativa.....	8
1.3 Composizione chimica.....	9
1.3.1 Acqua.....	10
1.3.2 Zuccheri.....	10
1.3.3 Acidi organici.....	11
1.3.4 Sostanze minerali.....	12
1.3.5 Proteine ed enzimi.....	12
1.3.6 Vitamine.....	12
1.3.7 Composti minori.....	12
2. LA FERMENTAZIONE ALCOLICA	14
2.1 La fermentazione alcolica del miele.....	14
3. L'IDROMELE	16
3.1 Origini e diffusione.....	16
3.2 Normativa.....	18
3.3 Ingredienti.....	19
3.3.1 Miele.....	20
3.3.2 Acqua.....	21
3.3.3 Lieviti.....	21
3.4 Il processo produttivo.....	25
3.4.1 Pulizia e igiene.....	25
3.4.2 Preparazione del mosto.....	26
3.4.3 Trattamenti del mosto.....	28
3.4.4 Fermentazione.....	30
3.4.5 Chiarificazione e filtrazione.....	34
3.4.6 Stabilizzazione e maturazione.....	36
3.4.7 Imbottigliamento.....	37
4. ANALISI CRITICA DI TRE REALTA' PRODUTTIVE	39
4.1. Aromi Preziosi- Villa Civena (Sovizzo, VI).....	40
4.2. Apicoltura Ciareto (Montagnana, PD).....	41
4.3. Meadlight Drinks (Benna, BI).....	41
4.4. Confronto delle tre realtà produttive.....	42
CONCLUSIONI	44
BIBLIOGRAFIA	46
NORMATIVE DI RIFERIMENTO	48
RIVISTE ON LINE	48
SITI WEB	49

RIASSUNTO

L'idromele è la bevanda alcolica più antica del mondo, ottenuta dalla fermentazione del miele. Per la teorica semplicità della sua produzione e per la facile reperibilità dei suoi ingredienti base, l'idromele è stato prodotto dall'uomo fin dall'antichità.

Ma nonostante le sue origini siano così remote, la sua produzione presenta ancora numerose difficoltà che ne riducono notevolmente la diffusione: tutto ciò perché per molto tempo questa bevanda è stata progressivamente abbandonata da numerose culture a favore di vino e birra, per i quali, invece, la ricerca scientifica ha compiuto numerosi passi avanti in termini di miglioramento qualitativo e produttivo.

Il miele è un prodotto profondamente diverso dal succo d'uva e dal mosto del malto, in quanto è composto per più del 70% da zuccheri fermentescibili, glucosio e fruttosio, ma è carente di acidi organici, composti azotati e vitamine. I lieviti enologici, attualmente utilizzati anche per la produzione di idromele, riscontrano diverse difficoltà ad adattarsi in questo ambiente, che protraggono considerevolmente il tempo di fermentazione.

Per questo motivo, è necessario un maggior contributo della ricerca scientifica per l'individuazione di ceppi e soluzioni fermentative più adatte al miele, oltre che di tecnologie che semplifichino la gestione di varie fasi critiche del processo produttivo; tra queste, in particolare la gestione delle temperature in fase di fermentazione e il miglioramento della filtrazione.

L'obiettivo sarebbe, quindi, rendere accessibili anche a piccoli produttori buone pratiche, conoscenze e strumentazioni relativamente economiche ed efficaci che permettano un aumento delle quantità di idromele prodotte, ma anche della qualità finale della bevanda, per poterne diffondere ulteriormente la sua conoscenza e, di conseguenza, il suo consumo.

ABSTRACT

Mead is the oldest beverage in the world and it's obtained from honey's fermentation. For the simplicity of its production and the findability of its basilar ingredients, mead has been produced since ancient times. Its origins date back centuries ago, but mead's production has many problems that drastically reduce its diffusion. Actually, a long time ago mead has been slowly abandoned by many cultures in favor of wine and beer, which have been the object of studies and research that brought much progress in terms of wine's and beer's quality and production.

Honey is a completely different product compared to grape juice and wort, since it's made of more than 70% of fermented sugar, glucose and fructose, but lacks organic acids, nitrogen compounds and vitamins. Wine yeast, which is currently also used for mead's production,

finds many problems adapting to this environment that cause a long extension of its production time. For this reason, it's necessary a huge help from scientific research in order to find more appropriate solutions and other technologies that could make the production process easier. For example, it would be great to create new technologies to control temperatures during the fermentation or to improve filtration.

The goal is to make procedures, knowledge and equipment more affordable also to small-scale producers, in order to increase mead's production, quality and consumption.

INTRODUZIONE

Il consumatore moderno, nel momento dell'acquisto di alimenti, mostra sempre una maggiore attenzione e curiosità verso prodotti di nicchia, tipici del territorio e poco industrializzati, e questo nuovo orientamento sta portando alla riscoperta di numerosi alimenti che per molto tempo sono stati trascurati a causa della predominanza di determinate abitudini alimentari rispetto ad altre. Tali abitudini, infatti, hanno portato finora alla concentrazione di ricerca e risorse in favore dell'evoluzione di processi che garantissero quantità via via più crescenti di tutti quei cibi richiesti in massa.

I prodotti riscoperti solo recentemente, quindi, sono caratterizzati da tecniche produttive ancora poco sviluppate e, per questo, la loro realizzazione è accompagnata da una serie di problemi tecnici non ancora completamente risolti. Un esempio ne è l'idromele, bevanda a basso grado alcolico ottenuta dalla fermentazione di mosto di miele diluito in acqua. Questa bevanda è molto più antica del vino e della birra, ma a seguito della loro prevalenza nelle tradizioni gastronomiche di buona parte del mondo, la sua produzione è rimasta prevalentemente empirica e casalinga. Per questo motivo, i pochi ma appassionati produttori incontrano ancora una serie di difficoltà nel processo produttivo, come lentezza della fermentazione con possibili arresti anticipati, carenza di uniformità del prodotto finale e produzione di *off-flavour*. Per giunta, il controllo della qualità di questi prodotti non è nemmeno supportato da una normativa specifica o un disciplinare che regoli tale tipo di produzione.

Il seguente elaborato si propone di analizzare le pratiche attualmente in uso per la produzione di idromele, tenendo in considerazione le problematiche descritte, allo scopo di individuare possibili campi su cui indirizzare i prossimi studi, che abbiano come obiettivo un deciso avanzamento tecnologico del prodotto finale.

Le informazioni riportate nei successivi capitoli sono il riassunto di vari articoli scientifici, libri e riviste che descrivono le fasi della produzione e i progressi raggiunti nei recenti anni; parallelamente, questa ricerca si è basata su una breve indagine presso alcune aziende che producono idromele, in modo da comprendere nella pratica le difficoltà, i vantaggi e le opportunità future legate a questo prodotto.

Si può osservare, inoltre, un aspetto positivo della sua produzione per quanto riguarda il punto di vista ambientale, in quanto un incremento produttivo di idromele richiederebbe e comporterebbe una maggiore diffusione dell'apicoltura e, quindi, la presenza di un maggior numero di api nell'ambiente.

1. IL MIELE

1.1 Storia

Il miele è una sostanza zuccherina prodotta dalle api a partire dal nettare o da secrezioni delle piante, che esse bottinano e trasformano combinandole con sostanze specifiche proprie.

Si tratta di un alimento antichissimo che da millenni fa parte dell'alimentazione dell'uomo, in quanto per molto tempo ha rappresentato l'unico dolcificante presente in natura.

Se, nel periodo della preistoria, l'uomo si limitava a cercare gli alveari, i primi ad allevare le api furono gli antichi Egizi, utilizzando come arnie vasi di terracotta orizzontali o cilindri di sughero (MAZZEO 2001). Per gli Egizi il miele, inoltre, aveva una valenza rituale ed era anche utilizzato in medicina; non a caso nelle tombe dei faraoni sono stati ritrovati alcuni vasi di miele.

Questa valenza religiosa è riscontrabile anche nella cultura greca e romana: il miele era infatti considerato un vero e proprio "cibo degli dèi"; veniva largamente utilizzato nell'alimentazione e nei riti religiosi, ma anche per produrre l'idromele dalla sua fermentazione. Il diffuso consumo di questo prodotto nell'antica Roma rese necessaria la sua importazione da Cipro, Spagna, Creta e Malta.

Anche nel Medioevo il miele continuò a ricoprire un ruolo importante nell'alimentazione umana, tanto che durante il regno di Carlo Magno l'apicoltura venne regolamentata e divenne obbligatorio per i contadini allevare api: questo per incentivare la produzione di miele e idromele.

Questo alimento, quindi, per millenni rimase l'unico modo che l'uomo aveva per addolcire i cibi, fino alla scoperta delle Americhe e all'importazione della canna da zucchero e della barbabietola. Con la diffusione di queste coltivazioni, il consumo di miele iniziò a decrescere fino al Settecento, quando la produzione dello zucchero aumentò in modo tale da renderlo più economico del miele, andando a sostituirlo definitivamente (CIMINATA *et al.* 2019, CONTESSI 2016, DE RUBEIS 2016, FACCIOLI 2011, MORSE 1980 e COZZOLINO 2021).

La riscoperta di questo alimento avviene con la seconda metà del Novecento, anche grazie ai primi studi e analisi melissopalinochimiche, che permettono di rilevare la quantità e la tipologia di polline rimasto nel miele: in questo modo, diventa possibile determinare non solo la provenienza botanica, ma anche la sua origine geografica.

(<https://www.unioneitalianafood.it/miele/>,

https://blog.3bee.com/miele-storia/#paragraph_1178)

1.2 Normativa

A livello normativo, il miele fa parte dei prodotti alimentari soggetti a regolamentazione europea. In particolare, si fa riferimento alla direttiva europea 2001/110 CE (GU L 10 del 12.1.2002, p. 47) relativa alla produzione e commercializzazione del miele.

Questa direttiva è stata poi attuata in Italia con il Decreto legislativo n. 179 del 21 maggio 2004: per miele si intende “la sostanza dolce che le api (*Apis mellifera*) producono dal nettare delle piante o dalle secrezioni provenienti da parti vive di piante o dalle sostanze secrete da insetti succhiatori che si trovano su parti vive di piante” (GU n.168 del 20.07.2004).

All'interno dell'allegato di questo decreto (previsto dall'art. 2, comma 1), sono poi riportate le caratteristiche di composizione del miele destinato al mercato in quanto tale o utilizzato in prodotti per il consumo umano.

Nel miele suddetto, è vietata l'aggiunta di qualsiasi ingrediente, additivo o aggiunta al di fuori di altro miele; inoltre, il prodotto dev'essere il più possibile privo di sostanze organiche al di fuori della sua composizione.

È necessario sottolineare che sono definite caratteristiche di composizione diverse a seconda dell'origine del miele, se di nettare o di melata. Ci si sofferma a considerare quello proveniente da nettare:

1. Tenore di zuccheri

La somma di fruttosio e glucosio, principali carboidrati che compongono il miele, non deve essere inferiore a 60g/100g. È normato anche il tenore di saccarosio che non può essere presente in quantità maggiori di 5g/100g.

2. Tenore d'acqua

Non più del 20%, con l'unica eccezione del miele di *Calluna* per cui è concesso un tenore del 23% e se destinato a uso industriale si arriva al 25%.

anche per il miele in genere per uso industriale può avere un tenore di acqua del 23%.

3. Tenore di sostanze insolubili in acqua

Generalmente non sopra 0.1g/100g.

4. Conduttività elettrica

Non c'è un valore uniforme per tutte le tipologie di miele. A seconda dell'origine botanica sono concessi limiti diversi.

5. Acidità libera

L'acidità libera del miele è dovuta alla presenza di acidi organici, misurata in millequivalenti/chilogrammo. Il limite è 50meq/kg.

6. Indice diastatico e tenore di idrossimetilfurfurale (HMF)

Sono due parametri che vengono determinati dopo che il miele ha subito un trattamento e/o miscelazione:

- per l'indice diastatico si usa la scala di Schade e in genere per il miele di uso non industriale è non inferiore a 8;

La diastasi è un enzima che scompone gli oligosaccaridi in zuccheri semplici, in presenza di acqua; è utilizzata come parametro qualitativo in quanto la sua attività diminuisce con il tempo e si disattiva se il miele viene sottoposto a trattamenti termici.

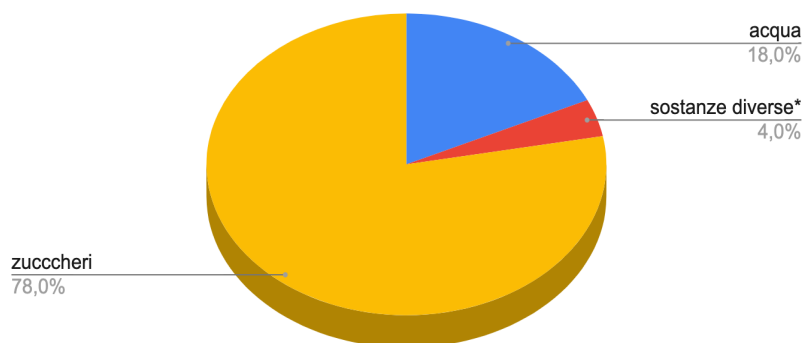
- il tenore di HMF in generale per il miele non di uso industriale è massimo 40mg/kg.

L'articolo 3 del Decreto legislativo 179/2004, inoltre, richiama un altro decreto, il 109 del gennaio 1992 (Gazzetta Ufficiale n. 39 del 17 febbraio 1992 - Supplemento Ordinario), attuazione di due direttive europee in merito all'etichettatura dei prodotti alimentari. In particolare, il Decreto 109/1992 rende obbligatoria in Italia l'indicazione del Paese d'origine per tutti i mieli confezionati ma anche per le miscele di mieli, a differenza dalle indicazioni europee per cui nel secondo caso non risulta essere obbligatorio il riferimento geografico.

1.3 Composizione chimica

Il miele è un alimento complesso la cui composizione chimica è profondamente legata all'origine del prodotto e dal vegetale da cui proviene il nettare. Nel momento in cui le api lo producono a partire dal nettare, su quest'ultimo operano delle importanti trasformazioni.

Fig. 1.3: diagramma della composizione media del miele. Elaborazione personale di dati ricavati da CECCONI 2014, FRANCESCHINI *et al* 2023



*acidi organici, sostanze minerali, proteine, enzimi, vitamine, composti minori

1.3.1 Acqua

Una delle componenti più importanti del miele, in quanto ne determina la conservabilità e la qualità, è sicuramente l'acqua. Durante la trasformazione da nettare a miele, la percentuale di acqua si abbassa a circa il 18% e nella soluzione si crea una forte pressione osmotica che impedisce lo sviluppo di microrganismi che potrebbero avviare fermentazioni non volute; inoltre, per le api un minore contenuto di acqua significa maggiore spazio di immagazzinamento.

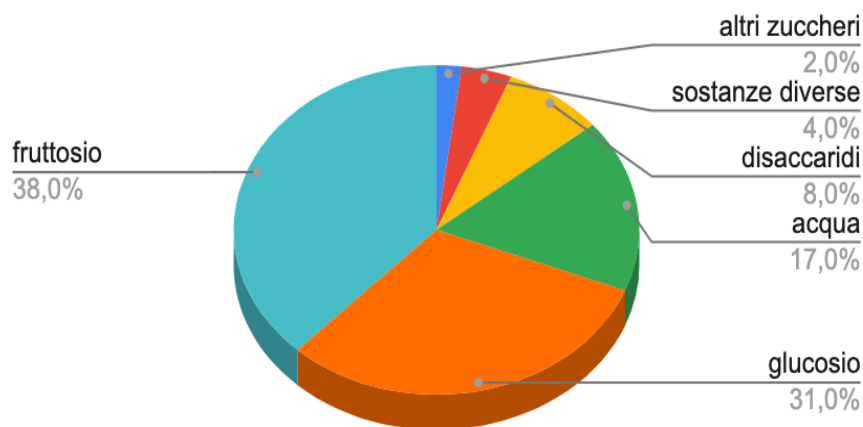
Anche un tenore di acqua troppo basso risulta sfavorevole, in quanto rende il miele difficile alla lavorazione. Come già detto precedentemente, il contenuto ottimale va dal 17 al 20%.

1.3.2 Zuccheri

Per quanto riguarda la componente principale, il miele è sostanzialmente una soluzione zuccherina.

Gli zuccheri rappresentano più del 95% della sostanza secca e sono responsabili delle caratteristiche fisiche, reologiche e alimentari del miele, come per esempio la viscosità, l'igroscopicità, lo stato fisico, il valore energetico e il potere dolcificante.

Fig. 1.3.2: diagramma della composizione media dei principali zuccheri del miele. Elaborazione personale di dati ricavati da CECCONI 2014 e PEREIRA *et al*, 2017.



La quantità di zuccheri e il loro rapporto dipende essenzialmente dall'origine botanica del nettare.

Nel nettare lo zucchero principale è il saccarosio, composto da 12 atomi di carbonio, mentre nel miele lo troviamo in percentuali molto basse, intorno all'1% (MORSE 1980). Questa modifica della composizione è realizzata proprio dalle api che producono un enzima, l'invertasi, in grado di scindere il saccarosio nelle sue due componenti monosaccaridiche: glucosio e fruttosio. Insieme questi due monosaccaridi rappresentano il 90% degli zuccheri totali del miele, con un contenuto leggermente superiore di fruttosio rispetto al glucosio.

Nel miele possiamo trovare, in piccolissime percentuali, anche altri zuccheri superiori che però non vanno a influire sulle proprietà del miele, che dipendono invece sostanzialmente da glucosio e fruttosio. Quest'ultimo è molto solubile in acqua e, quindi, un suo elevato contenuto permette di conservare il miele in uno stato fluido, oltre che rendere il miele in questione più dolce, poiché il potere dolcificante di questo zucchero è superiore a quello del glucosio.

Se invece il miele ha un elevato contenuto di glucosio, tenderà maggiormente a cristallizzarsi, in quanto questo zucchero è meno solubile in acqua.

Anche dopo l'estrazione del miele, gli enzimi presenti al suo interno continuano la loro azione, andando a intaccare gli zuccheri. Con l'invecchiamento del miele si osserva un aumento del tasso di glucosio e una riduzione dei polisaccaridi presenti, oltre che la comparsa dell'idrossimentilfurfurale (HMF) dall'ossidazione del fruttosio in ambiente acido. Questo composto è assente nel miele appena raccolto e aumenta proporzionalmente al suo invecchiamento; inoltre, in caso il miele sia adulterato o sia sottoposto a trattamenti termici a temperatura elevata, la percentuale di HMF aumenta molto rapidamente (VALENTINI, 2022).

1.3.3 Acidi organici

Le percentuali di acidi organici presenti nei mieli sono molto basse, intorno allo 0,5% della materia secca. L'acido quantitativamente più presente è l'acido gluconico che si forma a partire dal glucosio per azione dell'enzima gluco-ossidasi, prodotto dalle api, con liberazione di acqua ossigenata. Solo una piccola parte del glucosio totale è interessata a questa modifica. La gluco-ossidasi è attiva e produce perossido di idrogeno e acido gluconico solo durante la maturazione del miele, oppure quando questo viene diluito. In questi periodi di attività dell'enzima, la normale pressione osmotica si riduce, ma la quantità di acqua ossigenata prodotta è sufficiente a proteggere il miele dall'azione di microrganismi, senza però risultare tossica per le api che si nutrono di esso (MORSE, 1980).

Altri acidi organici presenti in frazioni piccolissime nel miele sono: acetico, butirrico, lattico, citrico, malico. Tutte queste sostanze rendono il miele un alimento acido con pH relativamente basso compreso tra 3.6 e 4 (CONTI *et al*, 2007) con valori più alti nei mieli di melata e più bassa in quelli di nettare.

Nonostante il valore di pH sia basso in linea con i succhi d'uva utilizzati per la vinificazione, a dispetto di questi, il contenuto totale di acidi nel miele è solo $\frac{1}{3}$ o la metà (MORSE, 1980).

L'acidità totale si misura in milliequivalenti per chilogrammo ed è molto variabile tra un miele e l'altro; contribuisce a determinare la stabilità del prodotto nei confronti dei microrganismi. Il pH è quindi uno dei parametri che devono essere attentamente monitorati durante la lavorazione del miele.

1.3.4 Sostanze minerali

Le sostanze minerali contenute nel miele variano in percentuali molto basse tra 0.02% e l'1% a seconda del tipo di miele. L'elemento che risulta più presente è il potassio, mentre altre sostanze minerali riscontrate sono calcio, fosforo, magnesio, silicio; esse provengono dal terreno che, attraverso la linfa, arrivano alla pianta da cui le api raccolgono il nettare.

Per valutare quantitativamente il contenuto di queste sostanze nel miele, è possibile eseguire un'analisi del suo contenuto in ceneri: un campione viene bruciato in un forno a 600°C e ciò che ne rimane sono le ceneri. Nonostante siano presenti come costituenti minori, queste sostanze hanno una forte influenza sul colore del miele: generalmente i mieli chiari sono più poveri di sostanze minerali rispetto a quelli scuri.

1.3.5 Proteine ed enzimi

Il miele è povero di sostanze azotate, rappresentanti circa lo 0.2-0.3% della composizione totale. Le poche proteine presenti provengono dal nettare o dalla melata, ma anche dai granuli di polline residui nel miele. La prolina è l'amminoacido maggiormente presente nel miele con un contenuto che si aggira intorno al 50-85% del totale di aminoacidi; si tratta di una proteina direttamente proveniente da secrezioni delle api.

All'interno del miele, però, sono presenti numerosi enzimi: sostanze proteiche provenienti dalle secrezioni delle api, responsabili dei processi chimici di trasformazione da nettare, o melata, al miele.

1.3.6 Vitamine

Il contenuto vitaminico del miele è molto basso, nell'ordine dei mg/kg tanto da non avere un interesse dal punto di vista nutrizionale considerando le dosi di miele normalmente assunte. Le vitamine che possiamo riscontrare nel miele sono principalmente idrosolubili, appartenenti al gruppo B e C. L'acido ascorbico è la principale vitamina del miele, presente praticamente in tutte le varietà in un range di 22-25 mg/kg (PEREIRA *et al*, 2017).

Tutte queste sostanze, comunque, non provengono dal nettare, ma dai residui di polline che rimangono nel miele.

1.3.7 Composti minori

Nel miele, infine, sono presenti un certo numero di composti minori di varia natura chimica. In quantità insignificanti sono presenti alcuni lipidi, provenienti da residui di cera in cui il miele viene stoccato dalle api.

Altre sostanze rilevabili in piccole quantità sono gli aromi e sostanze volatili di diverso tipo. La loro composizione è diversa a seconda della tipologia di miele e, trattandosi di sostanze volatili termolabili, la loro identificazione risulta complessa.

Interessante è la presenza di flavonoidi: pigmenti di origine vegetale che vanno a influire sulla colorazione del miele e che possono fornire un'indicazione dell'origine geografica. Ai composti fenolici presenti nel miele, sono strettamente connessi alle proprietà bioattive di questo prodotto, come per esempio attività antiossidante e antimicrobica.

2. LA FERMENTAZIONE ALCOLICA

Per fermentazione si intende una via metabolica attraverso cui i microrganismi, in assenza di ossigeno, producono energia attraverso la contemporanea ossidazione e riduzione del substrato.

In particolare, la fermentazione alcolica è la forma di metabolismo anaerobico che i lieviti intraprendono in assenza di ossigeno e, a partire dagli zuccheri, porta alla formazione di energia sottoforma di ATP ma anche di prodotti secondari come anidride carbonica e etanolo. Nonostante questi risultino essere per i lieviti dei prodotti di scarto, l'uomo ha sviluppato un particolare interesse nei loro confronti, sfruttando questo processo in numerose produzioni alimentari: pane, vino e birra sono solo alcuni tra i prodotti che l'uomo da millenni realizza grazie a questo processo naturale.

A livello chimico, l'assenza di ossigeno impedisce il completamento delle normali fasi di fosforilazione ossidativa che indirettamente rigenerano NAD⁺, indispensabile per poter far ricominciare la glicolisi; per questo avviene una riduzione diretta del substrato ottenuto dalla glicolisi stessa, il piruvato.

Questo composto a tre atomi di carbonio viene decarbossilato in acetaldeide, a due atomi di carbonio, con perdita di una molecola di anidride carbonica; a sua volta l'acetaldeide è successivamente ridotta dall'enzima alcol deidrogenasi in etanolo, con liberazione di NAD⁺. Durante questo processo di trasformazione degli zuccheri, anidride carbonica ed etanolo non sono prodotti in modo paritario in quanto è liberato un quantitativo di alcol maggiore rispetto all'anidride carbonica: da una soluzione zuccherina al 22% si otterrà una soluzione alcolica al 12% circa (CORICH 2021-2022).

2.1 La fermentazione alcolica del miele

Come già detto precedentemente, il miele è un composto ad elevato contenuto di zuccheri e per questo può risultare un terreno ideale per lo sviluppo di fermentazioni.

Dalla fermentazione alcolica del miele, infatti, si ottiene la bevanda alcolica più antica al mondo: l'idromele.

I lieviti però, oltre che di zuccheri, necessitano anche di vitamine, minerali e acidi organici per crescere e riprodursi, tutte sostanze di cui il miele è scarso. Affinché possa partire una fermentazione, inoltre, è necessario che aumenti il tenore di acqua, in modo che i microrganismi non siano sopraffatti dall'elevata pressione osmotica; diluendo il miele in acqua, necessaria per il metabolismo dei lieviti, sono ulteriormente ridotte (MORSE, 1984).

La scarsità di nutrienti determina un allungamento notevole dei tempi di fermentazione e il prodotto finale risulta comunque con un sapore molto slavato.

Per questo è necessario aggiungere sostanze nutritive alla miscela di acqua e miele affinché questo possa fermentare correttamente e permetta di ottenere un prodotto di qualità elevata.

3. L'IDROMELE

L'idromele è un prodotto antico, ottenuto dalla fermentazione alcolica del miele diluito.

La ricetta base prevede l'impiego di una miscela di acqua e miele in cui viene inoculato un lievito starter; di conseguenza, il sapore e l'aroma sono correlati soprattutto dalle caratteristiche del miele e della specie botanica da cui esso deriva.

Di idromele esistono numerose varianti a seconda delle aggiunte al mosto base, che possono andare dalla frutta alle spezie.

La dolcezza della bevanda è direttamente collegata alla quantità di miele che viene utilizzata e da quanto ne residua a fine fermentazione. Si possono ottenere anche delle varianti frizzanti nel caso la fermentazione avvenga direttamente in bottiglia.

3.1 Origini e diffusione.

Erroneamente scambiato per un vino di mele da un consumatore poco informato che si lascia confondere dal nome, il termine idromele deriva dal greco *hýdor* "acqua" e *méli* "miele". In inglese traducibile con *mead*, è una radice che si riscontra simile anche in molte altre lingue indoeuropee tra cui l'avestico, il baltico, il celtico, il germanico, il greco e il sanscrito; così, per esempio, in greco è *methe* e in sanscrito è *madhu* (PARRINI, 2021). In tutte queste lingue il termine oltre che indicare la bevanda fermentata, fa anche riferimento al miele di per sé, creando non poca confusione nella traduzione e andando ulteriormente a sottolineare lo stretto legame che c'è tra materia prima e prodotto finito (PARRINI, 2021).

Storicamente, l'idromele è la bevanda alcolica più antica al mondo, tanto che si possono far risalire le sue origini alla preistoria.

Il vino e la birra hanno da sempre accompagnato la storia dell'essere umano ma, per poterli produrre, l'uomo ha dovuto prima diventare coltivatore, addomesticare la vite e scoprire per caso che dal succo d'uva o dal malto d'orzo è facile ottenere una bevanda inebriante.

Il miele invece è un prodotto che in natura da sempre è stato a disposizione tal quale, anche nel periodo in cui l'uomo era nomade e seguiva gli sciami di api fino agli alveari. Per secoli, quindi, l'idromele ha rappresentato la principale bevanda alcolica, consumata dai nobili ma anche da gente comune e soprattutto dai sacerdoti di vari culti, in quanto si ritrova in numerosi miti e rituali di diverse culture indoeuropee e norrene.

Da sempre, infatti, l'idromele è stata la bevanda sacra per eccellenza, tanto da essere considerato il "nettare degli dèi", in grado di donare immortalità e conoscenza.

Nei territori di cultura celtica tra il IX e il I secolo a.C. l'idromele assunse un connotato elitario, in quanto prodotto e consumato esclusivamente dai Druidi e condiviso con le tribù durante le cerimonie sacre che scandivano le stagioni. Il consumo di questa bevanda dall'alta gradazione alcolica, infatti, permetteva ai sacerdoti di indurre uno stato alterato che li avvicinava ancora di più alle divinità (PARRINI 20021).

Anche nel mondo greco e romano, il miele e l'idromele hanno da sempre ricoperto un ruolo importante in quanto simbolicamente richiamavano il nettare e l'ambrosia, rispettivamente la bevanda e il cibo che rendeva immortali gli dèi.

Consideriamo per esempio Dioniso, la divinità dell'ebbrezza per eccellenza, conosciuto da tutti come il dio del vino. Il mito di Dioniso, però, risale a oltre 5000 anni fa, mentre i primi riscontri della coltivazione della vite risalgono a soltanto 3000 anni fa; quindi, inizialmente il culto del dio del vino era associato ad un'altra bevanda alcolica, ottenuta proprio dalla fermentazione di acqua e miele (DE RUBEIS 2016).

Successivamente, per il minore costo della materia prima, l'idromele venne gradualmente sostituito dal vino, favorito anche dall'avvento del cristianesimo che lo aveva assunto come simbolo.

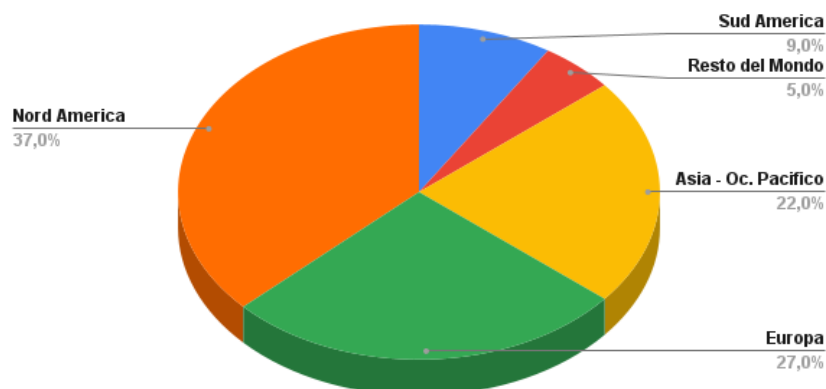
Durante il periodo Medievale si verificò un incremento di consumo di bevanda a base di miele, in quanto il vino era principalmente consumato dai nobili e dal clero, che però conservava le informazioni per la produzione di idromele all'interno delle abbazie. Nonostante guerre e razzie il miele era un prodotto facile da reperire negli alveari selvatici dei boschi e, per la sua facilità di produzione, l'idromele si diffuse come bevanda del popolo, comunque sempre connessa ad una valenza propiziatoria, tanto che era considerata la bevanda tipica dei matrimoni: sembra risalire proprio al consumo di idromele nel mese lunare successivo al matrimonio il cosiddetto periodo della "luna di miele", per augurare fertilità ai nuovi sposi (CIMINATA *et al* 2019, COZZOLINO 2021,).

Nonostante la parentesi Medievale, il consumo di idromele in Europa continuò a diminuire fino a diventare un prodotto di nicchia, riscoperto recentemente grazie non solo a un rinnovato interesse del mercato verso i prodotti tipici, ma grazie anche agli apicoltori stessi che al giorno d'oggi intendono valorizzare i prodotti apistici e, magari, ampliare la propria offerta commerciale per implementare il reddito dell'attività (GIUSTI 2020).

Consumato da tutte le popolazioni del bacino del Mediterraneo come egizi, greci, romani, l'idromele era ampiamente diffuso anche in tutto il continente africano, in India, in Cina e, probabilmente, anche dai Maya in epoca precolombiana (DEGL'INNOCENTI 2020).

Ancora oggi, l'idromele è principalmente consumato nel Regno Unito, nei Paesi scandinavi e nell'Europa dell'Est (Polonia e Slovacchia prevalentemente), negli Stati Uniti e nel Canada (*Mead Beverages Market Overview 2023*, DEGL'INNOCENTI 2020, GIUSTI 2020)

Fig. 3.1.1: diagramma del consumo di idromele nel mondo. Elaborazione personale di dati ricavati da *Mead Beverages Market Overview 2023* riferiti al 2021.



Viene però spontaneo collegare questa bevanda alla cultura nord europea, in quanto ampiamente citato nella mitologia celtica e vichinga: nei territori del nord, infatti, la vite non ha trovato un clima adatto che ne rendesse semplice l'addomesticamento e, quindi, la sua diffusione è stata più contenuta rispetto ai Paesi più caldi che si affacciano sul Mediterraneo, mentre solo più recentemente è stato riscoperto nel sud Europa.

In particolare, in Italia la realtà produttiva dell'idromele non è ancora ben sviluppata, in quanto esiste soltanto un numero molto limitato di aziende (alcune anche di una certa importanza) che, tuttavia, ne producono poco e di poche varietà, oppure destinano la propria produzione al mercato estero: questo a causa del fatto che, pur essendoci diversi apicoltori interessati alla trasformazione del loro miele, restano al momento solo pochi i consumatori che conoscono la bevanda e quindi la richiesta di mercato è piuttosto limitata (GIUSTI 2020).

3.2 Normativa.

Proprio perché dimenticato per molto tempo, sull'idromele non esiste una vera e propria normativa né europea né, tanto meno, italiana e nemmeno esiste un disciplinare di produzione, come invece nel caso del vino: tutto ciò lascia grande spazio alla fantasia dei produttori che possono creare ricette particolari aggiungendo i più svariati ingredienti per rendere l'idromele ancora più aromatico.

Tracce di indicazioni relative a questa bevanda fermentata si possono trovare all'interno del regolamento europeo 1169/2011 relativo alla fornitura di informazioni sugli alimenti confezionati; l'allegato XII, riguardante il titolo alcolometrico, rende obbligatoria la sua indicazione in etichetta quando questo supera l'1.2% in volume. Nel caso di "altre bevande con contenuto superiore all'1.2%" rispetto a quelle esplicitamente indicate nell'allegato, la tolleranza di questo valore indicato è di 0.3% in positivo o negativo (Gazzetta Ufficiale dell'Unione europea 22.11.2011).

Essendo una bevanda alcolica, anche l'idromele è regolamentato dalla direttiva europea 92/83 CEE (DIRETTIVA 92/83/CEE del Consiglio del 19.10.1992, GU L 316 del 31.10.1992, pag. 21) relativa all'armonizzazione delle strutture delle accise sull'alcole e sulle bevande alcoliche: l'accisa imposta sul prodotto realizzato varia a seconda del tenore alcolico e degli ettolitri prodotti.

In Italia i nuovi produttori devono quindi fare riferimento all'Agenzia delle Dogane e dei Monopoli per ottenere la licenza fiscale di esercizio a seguito del versamento annuale del diritto di licenza.

Un altro riferimento all'idromele si può trovare all'interno del regolamento europeo 110/2008 (Regolamento CE n. 110/2008 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 15 gennaio 2008, Gazz. Uff. Unione europea n° L. 39 del 13/02/2008) per quanto riguarda la definizione ed etichettatura di bevande spiritose, definite come prodotti ottenuti da distillazione di fermentati naturali o dalla macerazione di materie vegetali in alcole etilico di origine agricola. L'idromele non rientra direttamente in questa categoria di bevande, in quanto si tratta di un prodotto derivato dalla fermentazione alcolica del miele ma sono comunque normati il nettare di miele o di idromele che da esso si può ottenere. In questo caso si parla di un prodotto ottenuto mediante aromatizzazione della bevanda fermentata a base di miele con distillato di miele e alcole etilico.

Ad oggi, l'idromele rimane ancora un prodotto intorno al quale c'è ancora una notevole carenza di normativa e ciò, quindi, paradossalmente rende meno complessa la sua produzione e commercializzazione anche, e soprattutto, da parte di piccole aziende agricole locali.

È interessante notare, invece, come in altri Paesi in cui il fermentato di miele è più conosciuto e consumato, esistono leggi e normative ben definite. Un esempio è il Brasile: con l'Istruzione Normativa 34 del 2012 vengono stabiliti gli standard di identità e qualità di numerose bevande fermentate, tra cui l'idromele che per essere tale deve avere un contenuto minimo di alcol del 4% e massimo del 14%, e un'acidità volatile massima di 20 meq/L. Anche in numerosi stati degli Stati Uniti in cui, negli ultimi anni, l'idromele è ampiamente consumato, sono stati introdotti disegni di legge che ne stabiliscono i parametri standard (RAMALHOSA, 2011).

3.3 Ingredienti

La ricetta base dell'idromele prevede l'utilizzo di soli tre ingredienti: miele, acqua e lievito. Fin dalle origini, però, esistono numerose ricette che prevedono l'aggiunta di altri ingredienti di vario tipo. Si crea, così, un ampio mondo di varietà di idromele che a seconda di cosa

viene aggiunto alla miscela base, assume un nome diverso come illustrato in Table 1 (HARDER *et al.*, 2022).

Tab 3.3.1, Table 1 in HARDER *et al.*, 2021: varietà di idromele

Table 1 Mead shunts	
Denomination	Ingredients
Mead	Water and honey fermented drink
Great mead	Aged mead
Melomel	Fruit-added mead (except grapes)
Pymment	Grape mead (preferably wine grapes)
Cyser	Apple mead
Metheglin	Mead with spice, hops and even rose petals
Braggot	Mead with added malt
Hippooras	Pepper mead
Brandy	Mead that after a fermentation step there is an addition of honey and honey brand obtained by distilling the mead

3.3.1 Miele

Qualsiasi sia la ricetta che si sceglie di utilizzare, l'ingrediente principale è, ovviamente, il miele. Nel primo capitolo sono state illustrate le caratteristiche chimico-fisiche di questo prodotto ed è importante sottolineare che dalla qualità e varietà botanica del miele scelto per la realizzazione del mosto, dipenderanno poi gli aromi e la qualità dell'idromele ottenuto.

Per esempio, scegliendo di utilizzare un miele millefiori, si otterrà un idromele di colore giallo paglierino con un ricco bouquet fresco e floreale; se il mosto, invece, è realizzato con un miele di castagno, l'idromele avrà un colore più ambrato e un gusto più pungente e amarognolo. Dal miele di tiglio si ottiene un idromele giallo chiaro con riflessi verdi e chiare note balsamiche; con il miele di tiglio, si avrà un prodotto più giallo tendente al dorato e un aroma morbido che richiama i fiori d'arancio, ma che con l'invecchiamento virano al fruttato (PARRINI 2021).

Un miele è considerato monofloreale quando la frequenza del polline di una specifica varietà di pianta rappresenta almeno il 45% del contenuto totale di polline (CONTI *et al.*, 2007) e, solitamente, per produzioni massicce di idromele si utilizzano mieli millefiori che hanno un prezzo minore rispetto a quelli monofloreali; il prezzo finale del fermentato dipenderà anche dalla tipologia di miele impiegato.

Uno studio di GUPTA *et al.* del 2009 ha mostrato che l'uso di mieli millefiori ha prodotto idromeli con grado alcolico finale maggiore rispetto a quelli monofloreali. Sempre dallo stesso studio è emerso anche che non tutti i mieli siano ugualmente fermentabili alla stessa maniera, ma tuttavia al termine dell'analisi è risultato possibile fermentare tutte le tipologie di miele grazie all'aggiunta di fattori di crescita.

3.3.2 Acqua

Requisito fondamentale dell'acqua utilizzata per la produzione è una buona potabilità, priva di sapori residui derivanti dal processo di potabilizzazione.

Inoltre, come anche nel caso della birra, la durezza dell'acqua usata per realizzare il mosto di miele andrà poi a influenzare la fermentazione e il sapore finale del prodotto.

Per durezza dell'acqua si intende il contenuto totale di sali minerali disciolti al suo interno, in particolare sali di calcio e magnesio, e viene misurata in gradi francesi (°F).

Generalmente si preferisce utilizzare acque dolci, come per esempio l'acqua in bottiglia o di acquedotto addolcite, in modo che i lieviti abbiano sì una fonte di sali minerali affinché la fermentazione sia più lineare, ma che questi non siano in eccesso tale da causare un sapore sgradevole nell'idromele finito.

3.3.3 Lieviti

Quando si parla di prodotti fermentati, il lievito non è un semplice ingrediente che si aggiunge, ma è il vero e proprio protagonista grazie al quale avviene il processo fermentativo e si ottiene il prodotto finito. La qualità e le caratteristiche del lievito scelto andranno poi ad influenzare le caratteristiche dell'idromele che si ottiene (STAROWICZ, 2022), in quanto da essi dipendono il grado alcolico, la presenza o meno di residuo zuccherino, il colore e anche alcuni preziosi composti aromatici, compresi però alcuni *off-flavours* che costituiscono uno dei problemi principali per la qualità della bevanda.

Alle origini della sua produzione, l'idromele veniva realizzato tramite fermentazione spontanea del mosto di acqua e miele, per azione dei lieviti naturalmente presenti nel miele e nell'ambiente circostante. Ad oggi, invece, si utilizzano inoculi di ceppi selezionati affinché la fermentazione sia più lineare e controllata.

In merito, uno studio di HARDER *et al* (2021) ha dimostrato come, nonostante sia ancora possibile a livello artigianale condurre una fermentazione di tipo naturale, questa scelta richieda una maggiore accortezza durante la fase fermentativa affinché il processo possa compiersi interamente in condizioni anaerobiche e senza la contaminazione di batteri acetici.

L'esperimento ha previsto la realizzazione di quattro mosti:

- mosto A: composto solo da acqua e miele; contenuto di zuccheri di 17.60° Brix;
- mosto B: aggiunta di limone; contenuto zuccherino pari a 16.8° Brix;
- mosto C: aggiunta di uva passa; contenuto zuccherino di 19.60° Brix;
- mosto D: conteneva in aggiunta della mela; zuccheri totali pari a 16.10° Brix.

Tutti gli ingredienti per produrre questi mosti sono stati lasciati in contatto con l'aria in modo che i microrganismi autoctoni potessero svilupparsi.

Una volta avviata la fermentazione, per poter eseguire un'analisi sul contenuto alcolico, a partire dal giorno zero ogni sette giorni sono stati prelevati quattro campioni per un totale di 36 campioni in 56 giorni.

Al termine di questo periodo, i campioni raccolti sono stati incubati e successivamente su di essi è stata eseguita un'analisi per la rilevazione del pH, tramite pHmetro, dei solidi solubili (°Brix), con l'uso di un rifrattometro, e il contenuto di alcool e acidità volatile tramite gascromatografia. I risultati dello studio sono visibili nelle seguenti figure.

Fig. 3.3.3.1: Figure 1 in HARDER *et al*, 2021

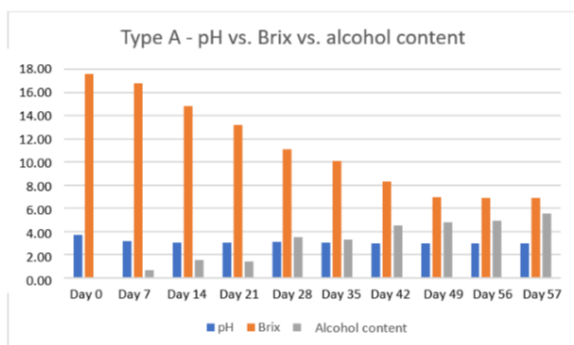


Figure 1 Evolution of pH, soluble solids (° Brix) and alcohol content of type A mead during fermentation

Fig. 3.3.3.2: Figure 2 in HARDER *et al*, 2021

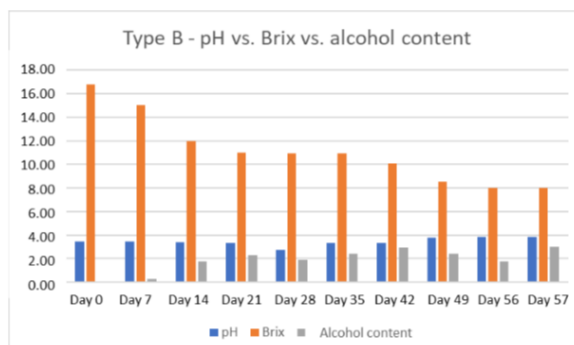


Figure 2 Evolution of pH, soluble solids (° Brix) and alcohol content of type B mead during fermentation

Fig. 3.3.3.3: Figure 3 in HARDER *et al*, 2021

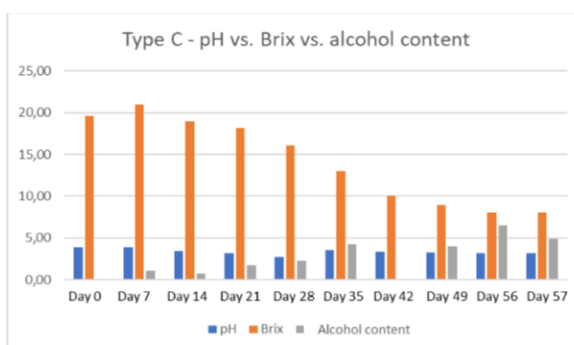


Figure 3 Evolution of pH, soluble solids (° Brix) and alcohol content of mead type C during fermentation

* Day 42 alcohol content, the sample ended up being lost.

Fig. 3.3.3.4: Figure 4 in HARDER *et al*, 2021

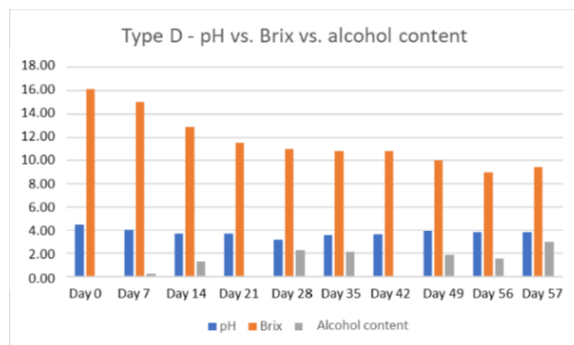


Figure 4 Evolution of pH, soluble solids (° Brix) and alcohol content of type D mead during fermentation

* Day 42 alcohol content, the sample ended up being lost.

È possibile notare che i lieviti presenti negli idromeli di tipo B e D (rispettivamente Fig. 3.3.3.2 e Fig. 3.3.3.4), hanno raggiunto la massima tolleranza di etanolo e pH minimo intorno al giorno 22, in quanto da quel momento in poi il contenuto di zuccheri rimane più o meno stabile e questo significa, quindi, che è avvenuto il blocco della fermentazione.

Nell'idromele A (Fig. 3.3.3.1), invece, nonostante il pH molto basso la concentrazione di solidi solubili continua a diminuire, indicando che la fermentazione è ancora attiva.

Per quanto riguarda il contenuto % di alcol e di acidità volatile, come riportato in Fig 3.3.3.5 (table 3), solo l'idromele di tipo C ha raggiunto valori accettabili: 6.47% alcol e 11.26 mEq/L di acidità volatile.

Fig.3.3.3.5: Table 3 in HARDER *et al*, 2021: confronto delle diverse quantità di alcol e acidità volatile prodotte nelle varie tipologie di idromele analizzate.

Recipe	% of alcohol content (v/v)*	Volatile Acidity (mEq/L)*
Type A	4.92	24.47
Type B	1.78	8.71
Type C	6.47	11.26
Type D	1.53	6.46

*Medium values

Il diverso grado alcolico delle varie tipologie di idromele è direttamente riconducibile alla concentrazione di zuccheri iniziale e dalla tipologia dei lieviti.

Nell'idromele di tipo C infatti, il tenore zuccherino iniziale era maggiore rispetto agli altri e questo si è tradotto in un maggiore contenuto di etanolo.

Anche la presenza di ingredienti aggiuntivi alla miscela base di acqua e miele ha influenzato la quantità di alcol e acidità volatile finale: è perciò possibile concludere che sono presenti ceppi diversi di lieviti con differenti tolleranze ad etanolo e pH e che quindi richiedano aggiunte di nutrienti in corso di fermentazione, affinché questa possa concludersi.

Parallelamente si è condotta una fermentazione con ceppi selezionati di *Saccharomyces cerevisiae*, che hanno permesso di ottenere un idromele dall'alto grado alcolico (15.96%) partendo da un contenuto di solidi solubili pari a 27° Brix.

Per evitare fermentazioni spontanee, blocchi fermentativi o la comparsa di aromi sgradevoli, risulta quindi consigliabile l'utilizzo di un inoculo di ceppi di lieviti scelti. Solitamente per la produzione di idromele si utilizzano lieviti da vino del genere *Saccharomyces*; la specie più frequente è *S. cerevisiae*, ma molto utilizzato è anche *S. bayanus*. Entrambe sono specie caratterizzate da un alto vigore fermentativo, ottima tolleranza all'etanolo e ai solfiti, buona tolleranza a variazioni di temperatura (MENDES-FERREIRA *et al* 2010).

Uno studio di PEREIRA *et al* del 2009 ha studiato sette ceppi di *S. cerevisiae*: cinque di questi isolati da campioni di miele portoghese, uno già in uso nelle attività enologiche e un ceppo da laboratorio. Andando a studiare il loro tenore fermentativo e la tolleranza ad alcol e solfiti, i risultati dell'analisi hanno dimostrato che i lieviti isolati dal miele hanno caratteristiche molto simili ai ceppi disponibili sul mercato.

Bisogna però tenere in considerazione che la composizione chimica del mosto d'uva e del miele sono molto diverse: l'uva ha un contenuto zuccherino minore e una concentrazione maggiore di acidi. I lieviti enologici, quindi, avranno maggiore difficoltà a fermentare il miele e richiederà un'aggiunta di nutrienti e tempi più lunghi.

Ad oggi, sul mercato non sono ancora disponibili dei lieviti specifici per produrre idromele, ma, con la riscoperta di questo prodotto, la ricerca scientifica sta spostando l'attenzione per valorizzare i migliori ceppi per fermentare il miele. A tal proposito, il CREA (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria) di Bologna e il CREA-VE (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria - Viticoltura ed Enologia) di Asti hanno eseguito uno studio con l'obiettivo di identificare i migliori ceppi per inoculare il mosto di miele (GIUSTI 2020), in grado di produrre minore acidità volatile e maggiore contenuto alcolico.

Per lo studio (BONELLO 2019) sono stati selezionati ceppi di *S. cerevisiae*, *S. bayanus* e *S. paradoxus* e per ciascuno di essi sono state tenute in considerazione la variazione di pH, la produzione di acidità volatile e il tenore alcolico.

I risultati dell'analisi hanno confermato la specie *S. cerevisiae* come la migliore per fermentare il miele e, tra i ceppi in esame, l'IS E55 è risultato il migliore per attitudine fermentativa in quanto il l'elevato grado alcolico risultante è anche associato a una bassa quantità di zuccheri residui e valori di acidità volatile al di sotto della media generale, oltre che una notevole intensità aromatica.

Tra le ricerche più recenti (2023) si evidenzia quella dell'Università di Palermo, dipartimento SAAF, su alcuni ceppi autoctoni siciliani *non-Saccharomyces* per valorizzare il profilo aromatico dell'idromele. Questi ceppi, infatti, dal punto di vista fermentativo rendono molto meno dei ceppi *Saccharomyces*, in quanto hanno una ridotta produzione di etanolo a favore di un'elevata quantità di zuccheri residui; dall'altra parte, però contribuiscono notevolmente a migliorare il profilo aromatico del prodotto, mettendo in risalto le caratteristiche organolettiche tipiche del miele (MATRAXIA *et al*, 2023).

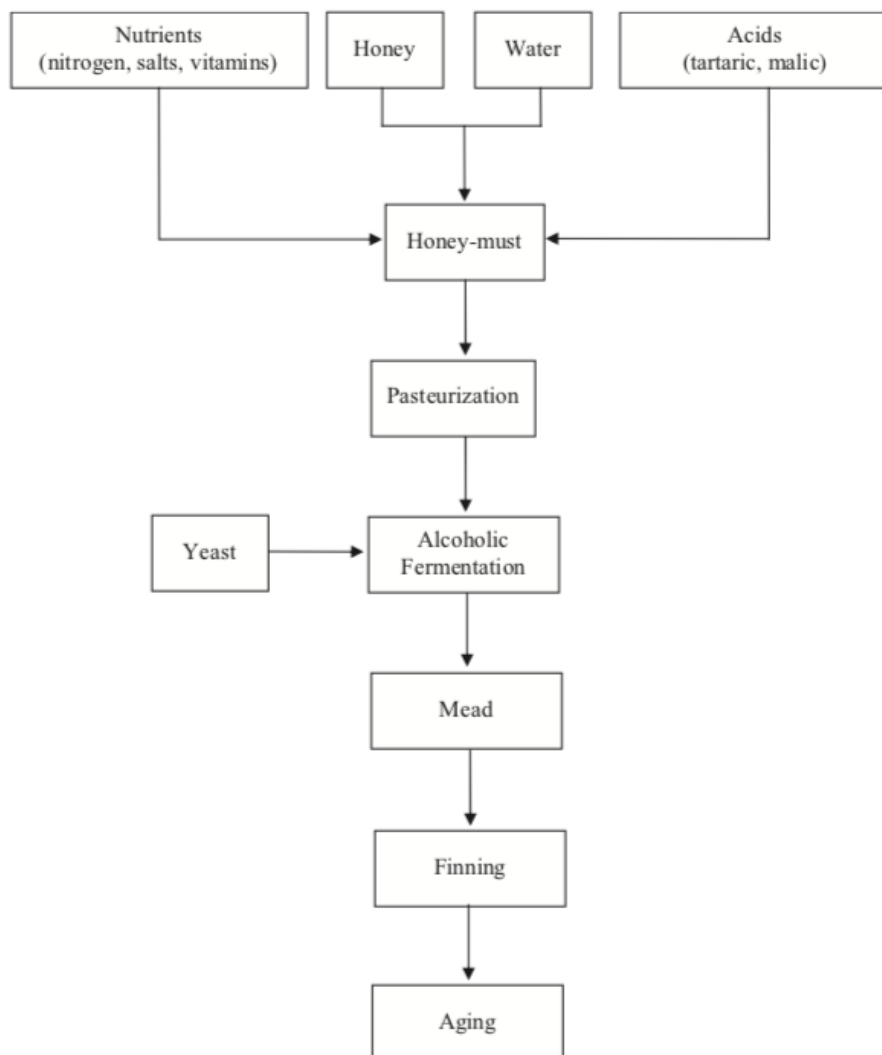
Una possibilità per produrre idromeli di alta qualità e ricco bouquet aromatico è quindi combinare ceppi di *Saccharomyces* con altri *non-Saccharomyces* ricavati da sottoprodotti autoctoni del miele.

Nonostante tutti questi risultati promettenti, saranno però necessari ulteriori studi prima di poter proporre in commercio un ceppo specifico pensato proprio per la produzione di idromele.

3.4 Il processo produttivo

Nel diagramma di flusso in Figura 3.4 (PEREIRA *et al*, 2017; CIMINATA *et al*, 2019) sono schematizzati i vari passaggi coinvolti nel processo per la produzione di idromele. Molte di queste fasi si ritrovano anche nella produzione vinicola, in quanto sostanzialmente, i due processi si assomigliano da un punto di vista teorico, ma richiedono parametri tecnologici diversi proprio per la differenza delle materie prime impiegate.

Fig. 3.4 Table 1 in PEREIRA *et al*, 2017: diagramma di flusso della produzione di idromele.



3.4.1 Pulizia e igiene

Un aspetto importante che deve essere tenuto in considerazione e controllato durante tutta la produzione di idromele è sicuramente l'igiene. I fermentatori e tutti gli strumenti utilizzati devono essere adeguatamente sanificati e disinfettati in quanto si vuole evitare il più possibile la contaminazione con lieviti indigeni, muffe e batteri responsabili di blocchi fermentativi o formazione di *off-flavours* nel prodotto finito.

Il primo passo per una corretta sanificazione è mantenere pulito l'ambiente di lavoro in modo che sia privo di polvere e sporcizia. Per sterilizzare le superfici e gli strumenti si può scegliere di utilizzare il calore, bollendo in acqua gli strumenti per almeno un minuto, oppure tramite mezzi chimici.

Tra i mezzi chimici, quello sicuramente più utilizzato perché facile da reperire ed economico è l'ipoclorito di sodio, in quanto il cloro rilasciato in acqua è altamente tossico per i lieviti. Per evitare aromi sgradevoli lasciati dal cloro, bisogna provvedere ad un abbondante risciacquo di tutte le superfici trattate.

In generale per mantenere alta l'igiene di fermentatori e strumenti impiegati nella produzione di idromele, si utilizzano prodotti enologici.

3.4.2 Preparazione del mosto

Il mosto base dell'idromele è formato da una miscela di miele e acqua in proporzioni variabili a seconda del tipo di prodotto che si vuole ottenere e quindi della ricetta che si sceglie di realizzare: il rapporto miele/acqua può variare da 1:3, 1:2 e fino anche a 1:1 o 1:0,5 per ottenere idromeli molto dolci, ma in questo caso si procede con aggiunte successive di miele per evitare l'eccessiva pressione osmotica iniziale che influenzerebbe negativamente l'avvio della fermentazione (IGLESIAS *et al*, 2014). Più dolce si vuole ottenere l'idromele maggiore sarà la quantità di miele che si dovrà utilizzare rispetto all'acqua. Generalmente per un idromele non troppo dolce si diluisce il miele fino ad un contenuto di materia secca pari al 22% (GUPTA, 2009).

La densità iniziale del mosto è un parametro importante da misurare, in quanto da essa è possibile calcolare la percentuale di etanolo (ABV) che si avrà a fine fermentazione. La quantità di zuccheri nel mosto può anche essere valutata con il parametro gravità specifica (SG- *Specific Gravity*), ricavabile tramite misura con rifrattometro o idrometro.

In questo caso la gravità specifica a prima della fermentazione è quella iniziale (OG- *Original Gravity*), mentre quella a fine fermentazione avrà un valore più basso dovuto alla trasformazione degli zuccheri in alcol e indicata come gravità finale (FG- *Final Gravity*).

Esistono numerose tabelle e siti internet che permettono, sulla base di uno dei precedenti valori, di calcolare il contenuto di alcol ottenuto dalla fermentazione.

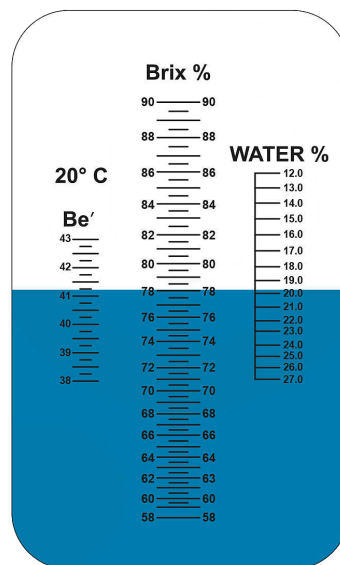
Un primo controllo sul contenuto zuccherino viene eseguito sul miele tramite mielometro (foto 3.4.2.1): un particolare rifrattometro per il miele, che permette la contemporanea valutazione della percentuale di acqua e del contenuto zuccherino (in gradi °Brix), attraverso due scale specifiche (fig. 3.4.2.2). Già con questo primo passaggio è possibile comprendere meglio le caratteristiche del miele a disposizione e calcolare la ricetta migliore per ottenere l'idromele con grado alcolico e residuo zuccherino voluto.

Si tratta di strumenti relativamente economici accessibili anche ai piccoli produttori, che però permettono un importante controllo sulla materia prima e sul prodotto in produzione.

Foto 3.4.2.1: Mielometro



Fig. 3.4.2.2: Doppia scala interna allegata allo strumento



Nella preparazione del mosto base, in aggiunta all'acqua e al miele è necessario apportare una serie di nutrienti necessari per la corretta fermentazione dei lieviti successivamente inoculati. Una delle principali problematiche della produzione di idromele, infatti, è proprio la lentezza della fase fermentativa che può anche culminare con dei blocchi, dovuti proprio alla carenza di nutrienti nel miele.

In particolare, al mosto di miele è necessario aggiungere una fonte di azoto, in quanto i FAN (*Free Amino Nitrogen*) presenti nel miele sono in percentuali quasi nulle. Generalmente i lieviti necessitano di un range di 250-300 ppm di azoto, in base alla densità iniziale del mosto.

Altro passaggio necessario è garantire anche una fonte di vitamine, indispensabili per molte reazioni enzimatiche, e minerali, richiesti come cofattori di molte vie metaboliche.

Prendendo spunto dalle pratiche enologiche, tutti questi micronutrienti carenti nel miele sono ottimizzati con l'aggiunta di DAP (*Diammonium Phosphate*), tartrato di potassio, peptone, energizzanti (magnesio fosfato, acido folico, niacina, tiamina) o residui di lieviti, ma anche acidi organici come acido citrico, malico e tartarico.

L'aggiunta di acidi in fase pre-fermentativa, per bilanciare la dolcezza residua eccessiva del prodotto finito, è una scelta rischiosa in quanto possono andare a ridurre ulteriormente il pH già basso del miele, rendendo difficoltosa la fermentazione. Oltre a tutti questi nutrienti, quindi, si interviene aggiungendo anche dei buffer basici, ad esempio carbonato di calcio o di potassio; questi sali aiutano a mantenere il pH del mosto a un valore ottimale compreso tra 3.7 e 4.

Grazie a questi accorgimenti è possibile ridurre notevolmente il periodo di fermentazioni in tempi più gestibili, anche dal punto di vista economico.

In uno studio del 2011, ROLDAN *et al* ha dimostrato come il polline possa essere un additivo interessante, in grado di migliorare la velocità di fermentazione, ma anche aumentare la conversione di zuccheri in alcol e riduzione dell'acidità totale con minore diminuzione del pH e modifica delle caratteristiche sensoriali dell'idromele ottenuto. Tutto ciò dato dalla composizione del polline, contenente ben il 15,1% di aminoacidi (ROLDAN *et al*, 2011); la quantità di FAN è maggiore nei mosti con aggiunta di 40 e 50 ppm di polline.

Dal punto di vista organolettico, l'aggiunta di polline influisce in modo diretto sul colore che tende a scurirsi con sfumature più gialle-marroni. Al termine dell'analisi sensoriale dello studio, è emerso che 30 g/hL è il quantitativo ideale di polline che si potrebbe aggiungere nel mosto per migliorarne le caratteristiche fermentative e organolettiche.

3.4.3 Trattamenti del mosto

Uno dei passaggi più discussi nella produzione di idromele è l'applicazione di trattamenti termici sul mosto di acqua e miele. Tradizionalmente la maggior parte delle ricette prevedono la bollitura del mosto per almeno 20-50 min: la finalità di questo passaggio è, in primis, garantire il coagulo di proteine del miele in sospensione, affinché sia possibile la loro rimozione in modo da ottenere un prodotto limpido; inoltre, un altro motivo per cui si tende a bollire il mosto è sterilizzarlo, garantendo al ceppo inoculato la predominanza sui lieviti autoctoni.

Effetto negativo di questo trattamento è la modifica dell'aroma, con la perdita di molti composti volatili del miele e formazione di aromi indesiderati, oltre all'alterazione del profilo fenolico che potrebbe determinare una modifica della capacità antiossidante del miele (WINTERSTEEN *et al*, 2005).

A livello sensoriale, un idromele ottenuto da mosto bollito a lungo risulta più scuro, con un gusto più duro e sapori spiacevoli come gomma e resina. Contemporaneamente però, anche l'idromele che non ha subito trattamenti termici al gusto non risulta completamente piacevole, in quanto caratterizzato da aromi aciduli ed erbosi (KIME *et al*, 1991).

Maggiormente piacevole risulta l'idromele sottoposto a trattamento termico flash, che presenta un impatto minore sul profilo aromatico.

Possiamo quindi riassumere (KIME *et al*, 1991; <https://gotmead.com/>, consultato il 4.09.2023) tre principali scelte possibili nella gestione del mosto:

1. Bollitura

La scelta della bollitura ad elevate temperature per un periodo di circa un'ora, permette di ottenere un mosto sterilizzato sicuro da contaminazioni, ma anche la

rimozione di proteine e particelle del miele rimaste in sospensione. Gli aspetti negativi di questo trattamento estremo, come già precisato, sono la perdita di composti volatili tipici dell'aroma del miele e di proteine ed enzimi utili che con il calore vengono disattivati, oltre alla formazione di *off-flavour*.

Una possibilità è procedere bollendo solo parte dell'acqua utilizzata nel mosto e aggiungere un po' alla volta alla porzione fredda (STAROWICZ, 2022)

2. Pastorizzazione

Il metodo della pastorizzazione si basa sul principio per cui la maggior parte dei microrganismi ad elevate temperature non resiste per tempi prolungati: maggiore è la temperatura di trattamento e minore è il tempo in cui viene mantenuto il mosto a suddetta temperatura; il rapporto temperatura/tempo minimo per la pastorizzazione è 60°C per 20 minuti.

In questo modo è possibile ovviare a uno dei problemi della bollitura, in quanto non tutti i composti volatili del miele sono persi nel trattamento. Una parte di questa componente aromatica, però, è comunque dispersa.

3. Nessun trattamento termico

È possibile anche scegliere di non trattare termicamente il mosto in alcun modo. Questo perché il miele, per le sue caratteristiche chimico fisiche, ha una pressione osmotica tale da renderlo un ambiente tendenzialmente inospitale per i microrganismi; nel mosto, quindi, ritroveremo pochi ceppi autoctoni e quelli presenti sono facilmente soppiantati dal lievito successivamente inoculato.

La scelta di questo metodo accorcia i tempi produttivi, in quanto per poter inoculare i ceppi selezionati non è necessario aspettare che il mosto raggiunga determinate temperature e che successivamente si raffreddi. Inoltre, tutti gli aromi del miele sono interamente conservati. Sarà però necessario intervenire in seguito con un processo di chiarifica più accurato per rimuovere tutte le particelle in sospensione che rendono l'idromele torbido.

Ciascuna di queste vie ha dei pro e contro e risulta quindi difficile definire quale sia la migliore; la scelta sicuramente dipende dal tipo di prodotto che si vuole ottenere ma anche dalle attrezzature a disposizione del produttore, nonché dalla sua esperienza.

Studi recenti (GUPTA *et al*, 2009) hanno proposto possibili alternative al tradizionale trattamento termico, come per esempio la tecnica dell'ultrafiltrazione, utilizzando un *cut-off* che permetta la rimozione di componenti con alto peso molecolare.

Eseguendo un confronto con idromele trattato termicamente, si è potuto infatti osservare che quello ultrafiltrato risultava molto più limpido già dopo la fermentazione, riducendo i tempi di chiarifica e di stabilizzazione.

Nella seguente figura 3.4.1 è riportato quanto appena affermato: confrontando tre idromeli sottoposti a trattamenti diversi, risulta che parametri come pH e % acidità totale sono molto simili nei tre casi, mentre è notevolmente superiore la % di alcol prodotta nell'idromele ultrafiltrato. Contemporaneamente all'idromele ultrafiltrato è stato assegnato un voto nettamente superiore dal panel di esperti responsabili dell'analisi sensoriale.

Fig. 3.4.1: Tablet 4 in GUPTA *et al*, 2009: confronto dei principali parametri in tre campioni di idromele sottoposti a trattamenti diversi

Table 4 : Effect of heat treatment on characteristics of clover mead

Treatment	pH	Total acidity (%)	Alcohol (%)	Flavour description	"Good" rating
Conventional mead	2.9	0.48	11.9	Harsh, resin-like taste	10%
Flash heated mead	2.9	0.51	11.4	Slightly harsh	50%
50K-UF-mead	2.9	0.49	12.3	Clean, smooth	90%

Si tratta comunque di una tecnica ancora in fase di sperimentazione, che comunque richiederebbe un impegno economico maggiore rispetto ai tradizionali trattamenti termici e quindi non accessibile a tutti i produttori.

3.4.4 Fermentazione

La fase fermentativa è il passaggio decisivo che permette la trasformazione del mosto in idromele. Dopo la preparazione del mosto e il suo trasferimento in un fermentatore, si procede con l'aggiunta dell'inoculo di lievito scelto, in una quantità pari ad almeno il 10% in volume (McCONNELL *et al*, 1995).

La scelta della tipologia di fermentatore dipende dal volume di idromele che si vuole realizzare e dalle disponibilità economiche del produttore. In qualsiasi caso si tratta di un contenitore all'interno del quale è possibile realizzare le condizioni di anaerobiosi necessarie per la fermentazione alcolica e, allo stesso tempo, è dotato di un mezzo per lo sfogo dell'anidride carbonica prodotta durante il processo.

I fermentatori più economici e facilmente reperibili anche su internet sono dei secchielli o botti in plastica alimentare (Fig 3.4.5.1), dotati di un coperchio provvisto di gorgogliatore e un rubinetto alla base; con questi strumenti è possibile produrre volumi contenuti di prodotto che vanno dai 20 ai 50 litri.

Foto 3.4.4.1: fermentatore a botte in plastica, con particolare del gorgogliatore (Wikipedia)



Il gorgogliatore, o valvola di fermentazione (Fig 3.4.5.2), è uno strumento che viene applicato sul coperchio del fermentatore e permette la fuoriuscita della CO_2 . All'interno di questa valvola è presente dell'acqua che consente di seguire visivamente l'andamento della fermentazione attraverso la formazione di bolle di CO_2 nell'acqua. La forma di questo strumento è tale che l'acqua al suo interno non possa entrare nel fermentatore in quanto la CO_2 in uscita mantiene una certa pressione sulla valvola e il flusso di gas va dall'interno all'esterno.

Considerando produzioni più grandi di quella semplice casalinga, i migliori fermentatori sono in acciaio inox (Foto 3.4.4.4), un materiale ideale per strumenti a contatto con alimenti in quanto facile da pulire e duraturo nel tempo.

Il volume di queste vasche in acciaio può variare molto come pure il prezzo, che aumenta proporzionalmente alle sue dimensioni.

Questi contenitori sono solitamente dotati di un coperchio a galleggiante ad aria (Foto 3.4.4.3): si tratta di un disco con una valvola a doppia via che viene posto a galleggiare sul liquido, in modo da ridurre il più possibile la presenza di aria; una volta posizionato il galleggiante, si gonfia la camera d'aria presente al suo intorno e bloccando l'ingresso laterale dell'aria.

Sul coperchio è presente una valvola per lo sfogo dell'anidride carbonica. I serbatoi in acciaio inox sono inoltre accessoriabili con indicatori di temperatura e pressione, punti di prelievo, ecc.

Foto 3.4.4.3: coperchio galleggiante e



Foto 3.4.4.4: fermentatore in acciaio inox



Nella produzione di idromele, la fermentazione è solitamente la fase più critica in quanto può richiedere un periodo di tempo molto lungo per il suo completamento, richiedendo dalle 2-3 settimane fino ad alcuni mesi. La velocità di fermentazione dipende infatti da numerose variabili: la varietà del miele, la tipologia di ceppo di lievito e la quantità di inoculo, la disponibilità di nutrienti per il lievito, il pH e la temperatura.

Per quanto riguarda quest'ultimo parametro, il maggior tasso fermentativo si ottiene a temperature comprese tra i 15 e i 30°C, considerando che già intorno ai 30°C la velocità di fermentazione inizia a rallentare significativamente; i valori ottimali sono quindi intorno alla temperatura ambiente di 20-25 °C.

GOMES *et al* (2013), in uno studio con il fine di ottimizzare la produzione di idromele, suggerisce una temperatura ideale di 24°C abbinata all'aggiunta di nutrienti nell'ordine di 85-100 g/L, per ottenere un migliore idromele in termini di etanolo, produzione di acido acetico e glicerolo, consumo di zuccheri.

Il controllo della temperatura è quindi un parametro fondamentale nella produzione di idromele, in quanto sotto i 15 °C i lieviti hanno notevoli rallentamenti metabolici che porterebbero all'allungamento del periodo necessario per completare la fermentazione, ma anche le alte temperature bloccano la fermentazione disattivando i lieviti. Per questo motivo i produttori di idromele, soprattutto quelli più artigianali, cercano di avviare la fermentazione verso la fine del periodo estivo quando le temperature sono più vicine ai 25°C.

Considerati i volumi di produzione relativamente modesti, i serbatoi non sono in genere dotati di un sistema per il controllo termico. Se avvengono improvvise variazioni della temperatura, nel caso di un aumento è bene intervenire con un miglioramento dell'aerazione

del locale di fermentazione, mentre nel caso di una diminuzione drastica è importante posizionare attorno ai fermentatori delle resistenze per mantenerli più caldi.

Anche il controllo del pH è un parametro fondamentale nella produzione di idromele. Come già detto precedentemente, il miele è un alimento acido con pH naturalmente basso e con poverissime capacità di buffer: basta una piccola aggiunta di sostanze acide o alcaline per modificarne il valore di pH. Con la fermentazione, il pH può ulteriormente diminuire per la produzione, da parte delle cellule di lievito, di acido acetico e succinico, fino a raggiungere un valore non accettabile per il metabolismo dei lieviti. È necessario, quindi, un costante monitoraggio in fase fermentativa, affinché si possa tempestivamente intervenire con l'aggiunta di sali basici e riportare il pH a valori ottimali tra 3.7 e 4 (RAMALHOSA, 2011).

Un altro parametro che influisce sulla velocità di fermentazione è la densità cellulare dell'inoculo di lieviti aggiunto al mosto, poiché un aumento delle CFU/mL si traduce in una ragionevole diminuzione della durata della fermentazione.

L'alta densità cellulare, però, non sempre può rivelarsi una scelta ideale in quanto la produzione di un inoculo dell'ordine di 10^8 UFC/mL risulta essere difficoltosa; a questa sono associati i problemi nel momento di chiarifica dell'idromele oltre che l'accumulo di prodotti e sottoprodotti metabolici ad un livello tale da inibire la crescita dei lieviti (PEREIRA *et al*, 2012).

Recentemente numerosi studi hanno affrontato il tema dell'immobilizzazione cellulare applicata alle fermentazioni come un metodo per risolvere le difficoltà che si incontrano nel processo. Si tratta di una tecnica che si sta ampiamente diffondendo in numerose applicazioni biotecnologiche come, per esempio, per la produzione di alcoli, acidi organici ed enzimi e prevede il confinamento in una certa regione di cellule intatte in modo da preservare alcune loro attività catalitiche.

Per ottenere il prodotto desiderato è necessario selezionare il supporto ideale per le cellule e la scelta dipende dal processo per cui l'immobilizzazione cellulare sarà poi utilizzata e dalle condizioni di processo. Le tecniche di immobilizzazione principali sono quattro: attaccamento o assorbimento a una superficie solida, intrappolamento in una matrice porosa, auto-aggregazione per flocculazione o tramite agenti reticolanti, e contenimento cellulare dietro a barriere (PEREIRA, 2017).

Nella produzione di bevande fermentate, il vantaggio del sistema dell'immobilizzazione cellulare, quando confrontato con la fermentazione di cellule libere, sta nella possibilità di continuare a utilizzare le stesse cellule per più fermentazioni dal momento che queste sono protette da possibili sostanze inibitrici del mezzo fermentato. Numerosi studi applicati alla produzione del vino e birra hanno dimostrato come l'utilizzo di cellule di lievito immobilizzate

apporti effettivi vantaggi nel processo, mentre considerando il campo dell'idromele, questa metodologia non risulta altrettanto ottimale.

PEREIRA *et al* (2014) applicando questa tecnologia nella produzione di idromele utilizzando cellule di lievito immobilizzate in una matrice di calcio alginato, ha mostrato che non ci sono effettive variazioni nella cinetica di fermentazione; la fermentazione condotta tramite immobilizzazione cellulare ha portato ad un idromele con minore contenuto di etanolo e di glicerolo, ma una maggiore presenza di acido acetico e una maggiore produzione di composti volatili. Se dal punto di vista aromatico l'idromele migliore è risultato quello ottenuto da cellule immobilizzate, l'odore invece presentava un maggior contenuto di composti indesiderati.

Si tratta quindi di una tecnologia ancora in via di sviluppo per quanto riguarda il campo dell'idromele, dal momento che non ha mostrato ancora i vantaggi necessari che ne giustificano gli alti investimenti richiesti.

3.4.5 Chiarificazione e filtrazione

È possibile intuire il termine della fase fermentativa quando non è più visibile la formazione di bolle nel gorgogliatore e, misurando il contenuto di zuccheri, si osserva che questi sono intorno allo zero.

Al termine della fermentazione, l'idromele si presenta torbido per la presenza di proteine in sospensione, residui di polline o di altri ingredienti e, soprattutto, di residui di cellule di lievito. Risulta necessario un passaggio di chiarificazione per ottenere un prodotto più limpido e gradevole sia alla vista che al gusto, ma anche per stabilizzarlo e renderlo duraturo nel tempo.

A livello casalingo è possibile chiarificare l'idromele tramite i travasi dello stesso dal fermentatore ad un altro contenitore tramite un sifone enologico, facendo in modo di lasciare sul fondo la feccia (MORSE, 1984). È un'operazione che va eseguita con molta cura in modo da incorporare meno ossigeno possibile e separare tutto l'idromele dai residui di feccia; nel farlo, una minima parte di prodotto andrà persa in quanto rimarrà all'interno del fondo feccioso che potrà essere scartato o destinato alla produzione di aceto di miele, lasciandolo decantare in modo da attivare la fermentazione acetica.

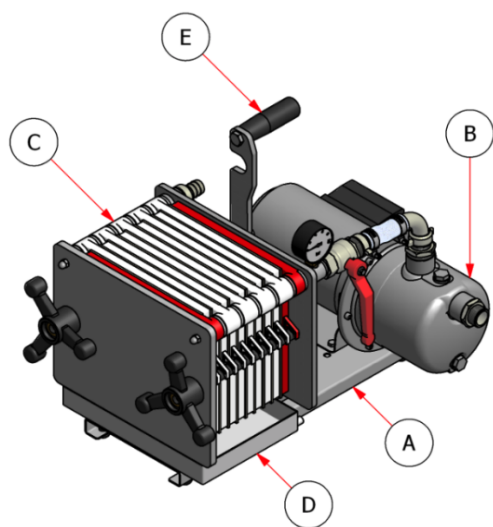
Un mezzo che permette di ottenere un prodotto ancora più pulito è l'impiego di coadiuvanti prima del travaso (PEREIRA, 2017): la più utilizzata è la bentonite, un minerale argilloso composto principalmente da calcio e silicio che viene estratta da cave, dotata di carica elettrica negativa in grado di far precipitare tutte le particelle pesanti presenti nel mosto; altri coadiuvanti diffusi nell'industria alimentare sono la gelatina, la caseina e il bianco d'uovo, ricco di ovoalbumina. Utilizzando questi coadiuvanti è importante eseguire dei rimontaggi in

modo che il liquido sia mescolato uniformemente, facendo attenzione alla formazione di schiuma.

Per favorire una rapida sedimentazione, è possibile trasferire l'idromele in un ambiente a temperatura più bassa, intorno ai 10°C. Successivamente si può proseguire con un travaso del liquido, lasciando sul fondo la feccia.

A questo punto si procede con una filtrazione del prodotto (vedi capitolo 4) utilizzando una pompa enologica associata a un filtro a cartoni.

Fig. 3.4.5.1: Filtro cartoni F20x20 Enotecnica Pillan - Camisano Vicentino. Immagine tratta dal manuale d'uso.



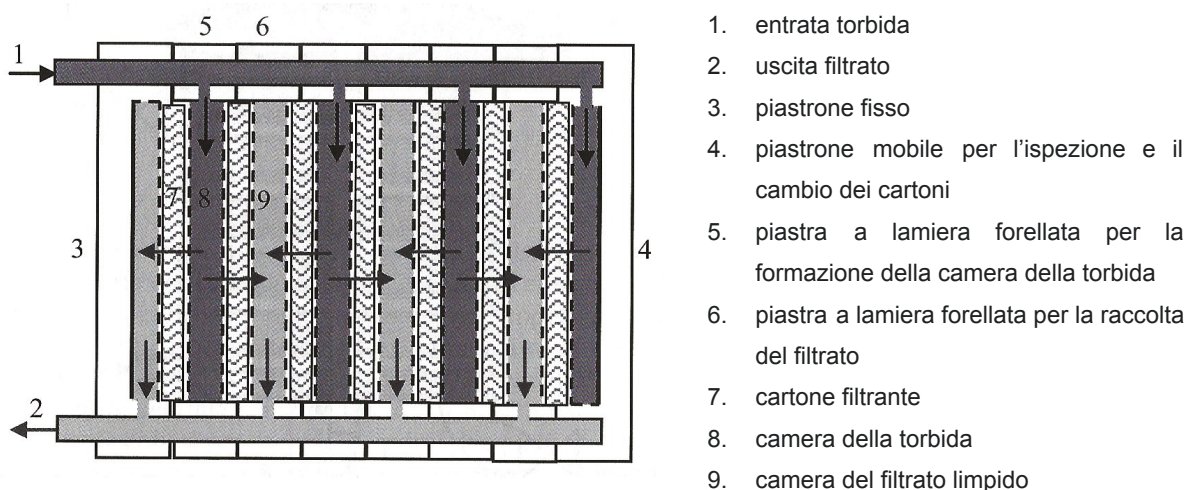
- A. Telaio smontabile in acciaio inox Aisi 304;
- B. Elettropompa (corpo in acciaio inox, gruppo pompante in noryl);
- C. Pacco filtrante (composto da pannelli in polietilene e guarnizioni in silicone);
- D. Vaschetta raccogliogocce (in plastica per F 10, in acciaio inox con valvola di scarico per F20, F30 e F 40);
- E. Manico per lo spostamento.

Questa tipologia di filtri è relativamente economica e caratterizzata da una semplicità costruttiva che la rende molto accessibile ad un produttore con un'attività avviata, che magari ha già esperienza nel campo enologico.

I cartoni porosi sono solitamente composti da cellulosa o altri materiali polverulenti compattati, come per esempio la farina fossile, hanno uno spessore nell'ordine di 5 mm e vengono utilizzati per filtrazioni di profondità. I meccanismi che trattengono le particelle di feccia sono: adsorbimento, attrazione elettrostatica tra le particelle del liquido e i capillari del cartone filtrante e l'inerzia.

I filtri sono assemblati in modo da alternare cartoni e piastre dotate di aperture alternate, in modo che quelle caratterizzate di apertura verso il collettore in alto sono quelle che permettono l'ingresso del liquido da filtrare nella camera; quelle invece con l'apertura al collettore verso il basso raccolgono il filtrato che ha attraversato i cartoni adiacenti (FRISO, 2017).

Foto 3.4.5.1: esempio di sezione longitudinale di filtro a cartone (FRISO, 2017)



Nel mondo enologico, questa tipologia di filtri è realizzata in modo da contenere fino a 12 cartoni filtranti.

La dimensione dei pori dei cartoni è variabile a seconda della finalità della filtrazione: possono essere più ampi se si tratta di una filtrazione sgrossante; per ottenere un liquido più limpido e brillante esistono anche pori con dimensioni molto ridotte, fino ad arrivare ai cartoni sterilizzanti con pori di 3 micron, che permettono la rimozione di tutti i residui di cellule di lieviti.

3.4.6 Stabilizzazione e maturazione

Affinché si possa realizzare un prodotto stabile nel tempo, prendendo spunto dal mondo enologico, è consigliato eseguire una solfitazione successivamente, o precedentemente, alla chiarificazione. L'aggiunta di anidride solforosa (SO_2) garantisce una stabilizzazione del prodotto dal punto di vista microbiologico, perché disattiva gli enzimi rimasti nell'idromele, ma anche ossidativo andando a proteggere il colore. Generalmente si consiglia di arrivare in fase di imbottigliamento con un contenuto di SO_2 pari a 50 ppm (MORSE, 1984).

Al termine di tutti questi processi l'idromele necessita di un certo periodo di maturazione che può andare da qualche mese ad anni.

Si tratta di una fase necessaria per lo sviluppo di aromi piacevoli: l'idromele appena prodotto è caratterizzato da un gusto spigoloso e leggermente acido, che viene perso con la maturazione del prodotto a favore di un gusto più morbido e piacevole.

L'ideale è invecchiare l'idromele a una temperatura inferiore ai 20°C non ancora imbottigliato. È possibile imbottigliare prima il prodotto e poi lasciarlo maturare, ma ciò potrebbe portare a una disomogeneità del processo in quanto si può notare una leggera differenza tra l'idromele in testa alla bottiglia rispetto a quello sul fondo; inoltre, all'interno di ogni singola bottiglia, il processo si evolve in modo diverso. Lasciando invece tutto l'idromele

in un'unica cisterna, rimescolando successivamente si otterranno bottiglie contenenti un prodotto relativamente uniforme.

Per quanto riguarda le tempistiche, queste sono a discrezione del produttore sulla base dell'idromele che si vuole ottenere: come minimo sono necessari un paio di mesi per lasciare che dopo i vari travasi e filtrazioni, gli aromi possano riformarsi; in generale, però, gli idromeli più chiari sono pronti prima rispetto a quelli scuri, mentre idromeli dolci o con elevato contenuto di alcol necessitano di tempi maggiori.

3.4.7 Imbottigliamento

In questa fase finale della produzione è molto importante prestare attenzione all'igiene delle bottiglie, dei tappi e delle attrezzature di imbottigliamento per escludere la possibilità che, nel tempo, avvengano rifermentazioni in bottiglia dovute a qualche tipo di contaminazione.

La scelta della tipologia di bottiglia dipende dal tipo di idromele che si vuole: nel caso di un prodotto fermo, si imbottiglia l'idromele a fine fermentazione e si tappa; se si vuole ottenere un prodotto frizzante, invece, è necessario utilizzare bottiglie da spumante in grado da supportare la pressione derivante dalla rifermentazione interna, che avviene grazie a un'aggiunta di mosto e alla non completa filtrazione dell'idromele.

Durante l'imbottigliamento è bene cercare di esporre il meno possibile l'idromele all'aria, per evitare possibili contaminazioni e ossidazioni per il contatto con l'ossigeno.

Prima del loro utilizzo, le bottiglie devono essere accuratamente lavate con un sapone alcalino e abbondantemente risciacquate. Esistono numerosi strumenti in campo enologico per realizzare un ottimale lavaggio e sanitizzazione delle bottiglie: dai lavabottiglie manuali, che possiamo classicamente ritrovare nelle cucine, ai lavabottiglie idraulici con turbina; tutti strumenti facilmente reperibili in negozi per prodotti enologici e su internet. Per completare la pulizia delle bottiglie, è bene immergerle in una soluzione sanitizzante di acqua e candeggina al 4-5%, oppure utilizzare anidride solforosa disciolta in acqua in concentrazione di 200 ppm.

Il risciacquo delle bottiglie, affinché sia il più scrupoloso possibile, può essere aiutato da uno sciacqua bottiglie: si tratta di un tubo che si applica direttamente all'uscita del rubinetto, caratterizzato da una curvatura su cui è possibile inserire la bottiglia dentro la quale viene sparato il getto d'acqua che scola direttamente nel lavandino.

Per il riempimento delle bottiglie si utilizza un'imbottigliatrice da vino classica a caduta, oppure più complessa a depressione.

Importante è anche la scelta della tipologia di tappo con cui chiudere le bottiglie. Quella più economica e di facile reperimento sono i tappi a corona che sono in grado di supportare diverse atmosfere di pressione, rendendoli validi per tappare tutte le tipologie di idromele. Per poterli utilizzare, però, sono necessarie particolari bottiglie e l'impiego di una tappatrice

specifica per i tappi a corona; queste necessità particolari scoraggiano molti produttori dal loro impiego (MORSE, 1984).

Un'alternativa, nonché la scelta migliore, sono i tappi di sughero. Importante è che i tappi siano correttamente igienizzati precedentemente il loro utilizzo, in modo che non contaminino in alcun modo l'idromele.

Una volta tappate, è bene che le bottiglie vengano lasciate in posizione verticale per due o tre giorni in modo tale da permettere la fuoriuscita dell'aria compressa dentro la bottiglia nel momento della tappatura.

4. ANALISI CRITICA DI TRE REALTA' PRODUTTIVE

Nonostante l'idromele sia il più antico fermentato al mondo, per molti secoli è stato dimenticato, passando in secondo piano rispetto ad altre bevande alcoliche, come vino e birra, molto più conosciute e consumate al giorno d'oggi. Anche la ricerca scientifica per molti anni non si è interessata di questo prodotto, impedendo le evoluzioni e i miglioramenti che renderebbero più semplice ed efficace il processo produttivo.

Con il seguente capitolo si vuole riportare quanto rilevato dall'intervista semi-strutturata che è stata proposta a tre aziende che producono idromele, con il fine di compensare le poche informazioni presenti nella letteratura scientifica riguardo al processo produttivo di questa bevanda e per comprendere, a livello pratico, difficoltà e vantaggi riscontrati nella produzione della stessa.

Il metodo di analisi utilizzato per la raccolta di informazioni è l'intervista semi-strutturata: questo formato prevede una serie di domande aperte che, nel dialogo tra intervistato e intervistatore, conducono a una serie di altre domande per approfondire meglio l'argomento proposto.

Sulla base di una prima ricerca di informazioni riguardanti l'idromele e la sua produzione, sono state individuate una serie di temi chiave da utilizzare come guida iniziale, riportati in Fig 4.1.

Nel caso delle due aziende venete, vista la vicinanza geografica, l'intervista è stata proposta in prima persona per instaurare un dialogo diretto e poter anche, se possibile, visionare strumentazioni in uso. Per la distanza, l'intervista con l'azienda di Biella è stata condotta telematicamente per mezzo di GoogleMeet, in modo da avere un confronto il quanto più diretto possibile.

La durata dell'intervista è variata tra i 45 ai 60 minuti, durante i quali i dati sono stati annotati e subito dopo rielaborati, supportati anche dalla registrazione dell'intero colloquio, in modo da riportare tutti i dettagli emersi durante il processo.

Fig 4.1: Schema degli argomenti dell'intervista

Ingredienti

- Miele
- Acqua
- Lievito

Processo

- Preparazione del mostro
- Fermentazione
- Travasi e chiarifica
- Maturazione
- Stabilizzazione

Passaggio più critico nella produzione di idromele

Qual è il passaggio più costoso: è il motivo per cui è poco prodotto in Italia?

Perché l'idromele è un prodotto poco realizzato

Considerazioni sulle difficoltà di produzione

Vantaggi della sua produzione

Mercato italiano: ha senso produrre idromele?

Dopo una prima revisione delle informazioni ottenuti, il processo di analisi dei dati è stato condotto con l'obiettivo di trovare similitudini e differenze delle tecnologie scelte dalle realtà produttive prese in considerazione. Inoltre, tutte le indicazioni ricevute dai produttori, hanno permesso un migliore indirizzamento della ricerca di ulteriori dati scientifici, riguardanti specifiche pratiche e attrezzature.

4.1. Aromi Preziosi- Villa Civena (Sovizzo, VI)

Aromi Preziosi- Villa Civena, in provincia di Vicenza, è un'azienda agricola a conduzione familiare che offre numerosi prodotti come miele, tartufo, confetture, frutta e, da circa 5-6 anni, idromele a partire da miele autoprodotta.

Si tratta di una realtà ancora relativamente casalinga per quanto riguarda la produzione di idromele, in quanto le ricette e le strumentazioni utilizzate sono semplici ed economiche.

Il mosto base viene realizzato verso la fine dell'estate quando le temperature sono più ottimali per la successiva fermentazione; una volta realizzato di miscela di acqua e miele, questa viene bollita per alcuni minuti e una volta raffreddata, raggiunti circa i 30°C, viene aggiunto l'inoculo di *S. bayanus*.

La fermentazione avviene in un fermentatore di acciaio inox di 60 L dotato di un gorgogliatore, senza che ci siano ulteriori aggiunte se non il lievito; per questo motivo la fermentazione richiede un tempo molto lungo di circa un paio di mesi. In questo frangente di tempo la temperatura è il parametro tenuto monitorato, per evitare che eccessivi sbalzi possano rendere inutilizzabile la produzione. Segue una maturazione che richiede minimo due mesi, ma che può prolungarsi anche fino all'anno.

Il prodotto ottenuto ha un grado alcolico molto elevato che raggiunge i 14°, tale da garantire una buona stabilità per molto tempo.

4.2. Apicoltura Ciareto (Montagnana, PD)

L'azienda agricola Apicoltura Ciareto è una realtà veneta che produce idromele dal 2019. Iniziando da esperimenti casalinghi, la produzione si è ampliata notevolmente, grazie anche alla passione del proprietario che ha investito economicamente sul prodotto proposto.

L'idromele offerto è realizzato a partire da miele di produzione propria e per tutti i passaggi di controllo, sia del miele che dell'idromele, l'azienda si appoggia ad un laboratorio di analisi esterno, con lo scopo di poter garantire il massimo controllo del prodotto e per poter costruire una ricetta *ad hoc* sulla base delle caratteristiche chimiche del mosto a disposizione.

Un parametro importante tenuto in considerazione dal produttore è la scelta dell'acqua per il mosto: l'acqua della zona di Montagnana è colpita dall'alta contaminazione di PFAS, tale da non renderla potabile e nemmeno utilizzabile per la produzione di idromele; il rifornimento idrico si avvale, quindi, dell'acquedotto di comuni vicini, a seguito di un addolcimento dell'acqua stessa.

Il mosto ottenuto è destinato alla fermentazione senza subire trattamenti termici; anche in questo caso il lievito utilizzato per l'inoculo sono ceppi di *S. bayanus*, sostenuto dall'aggiunta di nutrienti (acidi, vitamine e aminoacidi) in dosi suggerite dal laboratorio a seguito di una prima analisi del mosto.

I fermentatori in acciaio inox permettono di fermentare fino a 500 L di mosto; si tratta di una fase monitorata costantemente per quanto riguarda i range di temperatura in cui si sviluppa, ma anche con dei prelievi intermedi per seguirne l'andamento dal punto di vista di trasformazione degli zuccheri in alcol.

Al termine del processo che dura circa due/tre settimane, si ottiene un idromele con un grado alcolico compreso tra gli 11° e i 13°, con residuo zuccherino pari a zero.

Le fasi che seguono sono: la chiarificazione, con l'uso di bentonite; doppia filtrazione con filtro a cartoni, una più grossolana e la seconda con filtri più stretti sterilizzanti per rimuovere i residui di lievito dell'idromele prima di imbottigliarlo; la stabilizzazione, tramite solfitazione; maturazione di almeno un paio di mesi.

4.3. Meadlight Drinks (Benna, BI)

La realtà produttiva di Biella nasce nel 2019 come un'azienda di bevande sia analcoliche che alcoliche, in particolare di soft drinks e kombucha. L'idea proviene da due ragazzi che si sono appassionati all'idromele, tanto da sviluppare una particolare ricetta per ottenere un

fashion-mead caratterizzato da un grado alcolico basso, 4.5-7°, simile ad una via di mezzo tra Prosecco e birra (MAESTRELLI 2020, CACCAMO 2021).

Essendo un'azienda produttrice di una vasta tipologia di bevande, il processo per la realizzazione dell'idromele è sostenuto da attrezzature di tipo industriale che ne semplificano la lavorazione e che accorciano notevolmente i tempi di fermentazione.

Il mosto base è realizzato con un mix di 6 mieli dell'Emilia Romagna per ottenere una base che non necessiti di troppe addizioni, dal momento che ogni miele apporta caratteristiche diverse. Vengono comunque aggiunte delle fonti di azoto, a seguito di analisi in laboratorio, per sostenere il lievito scelto tra ceppi di *S. cerevisiae* per la produzione di vini rosé, inoculato senza che siano eseguiti in precedenza trattamenti termici sul mosto. Seguono frequenti rimontaggi e una fermentazione rapida in autoclave, simile a metodo Martinotti per la produzione del Prosecco, a temperatura di 25-28°C; in questo modo, con la chiusura delle valvole, si ottiene una gasatura naturale. L'arresto della fermentazione è realizzato con un rapido abbassamento delle temperature, una volta raggiunti il grado alcolico e il residuo zuccherino desiderati.

Altri passaggi della produzione sono: la stabilizzazione tramite solfitazione; aggiunta di bentonite e successive filtrazioni, la prima grossolana per la rimozione dei residui, la seconda sterilizzante; imbottigliamento isobarico.

4.4. Confronto delle tre realtà produttive

Si tratta di tre aziende molto diverse tra loro, che però permettono di comprendere meglio l'evoluzione che si può ottenere nella produzione dell'idromele.

È una bevanda di facile realizzazione casalinga, che può essere prodotta tranquillamente senza impiegare attrezzature complesse o aggiunte particolari al mosto di acqua e miele; in questo caso, però, si andrà incontro alle difficoltà descritte nei precedenti capitoli, quali tempi di fermentazione molto lunghi con rischio di blocchi, produzione di *off-flavour* e possibile instabilità del prodotto finito.

Alcuni semplici accorgimenti, come l'aggiunta di nutrienti al lievito o un maggiore monitoraggio in tutte le fasi di produzione, permettono via via di ottenere un prodotto di qualità sempre maggiore con livelli di standardizzazione più alti.

I ceppi di lieviti utilizzati in tutti e tre i casi appartengono al genere *Saccharomyces*: la specie *bayanus* è molto resistente, in grado di portare a termine la fermentazione in tempi più o meno rapidi; la specie *cerevisiae*, scelta dall'azienda di Biella, più si adatta al loro prodotto più simile a vino e birra. L'aggiunta di additivi per sostenere la crescita e l'attività di questi lieviti, sono in grado di influenzare notevolmente la lunghezza e la qualità della fermentazione. Sicuramente l'appoggio ad un laboratorio per analizzare il mosto consente

un ulteriore passo avanti nel miglioramento della qualità, in quanto permette di calcolare le dosi specifiche ad hoc per quel mosto in uso.

Anche la scelta dell'applicazione di un trattamento termico al mosto influenza notevolmente il processo produttivo: nel caso dell'azienda di Sovizzo, la bollitura del mosto è un mezzo per garantire sterilità, stabilità ad un mosto che necessiterà di un periodo lungo di fermentazione. Dal momento in cui si adottano altre pratiche, il trattamento termico del mosto può essere evitato, migliorando la qualità finale dell'idromele

È interessante, inoltre, notare come tutte e tre le aziende abbiano indicato come passaggio più critico il controllo delle temperature e, nel caso delle ultime due analizzate, la filtrazione. La temperatura diventa un parametro che influenza notevolmente la produzione, soprattutto nel caso non si abbiano a disposizione mezzi industriali per il suo controllo; piccoli produttori artigianali devono, quindi, adattarsi alle stagioni e scegliere il periodo dell'anno migliore per poter avviare la fermentazione a temperature ideali. È evidente quindi come successivi investimenti e possibili evoluzioni tecnologiche, debbano proprio destinarsi a questo aspetto. L'introduzione di fermentatori termostatici, o la realizzazione di ambienti a temperatura controllata, sono gli obiettivi che i produttori hanno indicato come futuri investimenti necessari per poter aumentare la produzione senza dover più dipendere dalle temperature stagionali.

Anche la filtrazione è una fase molto delicata considerata un punto critico della produzione, poiché i filtri a cartone richiedono una bonifica e un lavaggio accurati per evitare contaminazioni nelle produzioni successive. In generale la filtrazione è il passaggio che garantisce all'idromele la stabilità nel tempo e quindi richiede alta attenzione e manutenzione delle attrezzature.

Dall'intervista è emerso, inoltre, come il costo maggiore sta proprio nell'acquisto, o produzione, delle materie prime: come già detto in precedenza, il miele è un alimento che costa di più dell'uva e dell'orzo, motivo per cui in Italia e nel sud Europa, l'idromele è stato soppiantato dal vino e dalla birra. Essendo un prodotto rimasto dimenticato per molti anni, l'idromele in Italia al momento rimane principalmente un prodotto locale, ristretto a produzioni artigianali guidate principalmente dalla passione e dalla curiosità dei produttori; ciò nonostante, negli ultimi anni si è notato un aumento della richiesta, dovuto ad una riscoperta dei prodotti tipici e in particolare di bevande fermentate alternative.

Prodotti intermedi come quello proposto dall'azienda Meadlight, possono essere una buona soluzione per avvicinare un nuovo consumatore ad un prodotto a lui sconosciuto, senza creare uno shock culturale che lo indurrebbe a rifiutarlo perché diverso dalle aspettative.

CONCLUSIONI

Al giorno d'oggi le bevande più consumate in Europa e in buona parte del resto del mondo sono sicuramente vino e birra, grazie al costo ridotto delle materie prime per la loro produzione, ma soprattutto grazie al sostegno della ricerca aziendale e scientifica, che hanno permesso lo sviluppo di tecnologie e la diffusione di buone pratiche in grado di semplificare notevolmente i processi produttivi necessari per la realizzazione di questi due fermentati.

Con la predominanza di vino e birra, tuttavia, nel tempo sono state dimenticate numerose bevande alcoliche che per secoli hanno fatto parte della cultura di diversi popoli. Uno di questi è sicuramente l'idromele, capostipite di questa categoria di prodotti.

L'abbandono della produzione di questo fermentato del miele ha portato ad un'evoluzione produttiva piuttosto lenta sia per quanto riguarda l'individuazione di ceppi di lieviti specifici in grado di fermentare al meglio gli zuccheri del miele, sia dal punto di vista tecnologico.

La maggior parte degli studi, infatti, è riconducibile a Paesi in cui l'idromele è rimasta una bevanda tuttora comunemente prodotta come per esempio Brasile e Europa dell'est, mentre solo più recentemente ha nuovamente attirato l'attenzione anche di ricercatori statunitensi e italiani.

Principalmente, le tecniche di produzione dell'idromele moderno ricalcano quelle della vinificazione, prendendo dalla cultura enologica alcuni ceppi di lieviti, ma anche tecniche di filtraggio, stabilizzazione e imbottigliamento.

Come visto nei precedenti capitoli, soprattutto quando si utilizzano tradizionali mezzi di produzione, le principali problematiche legate all'idromele sono i lunghi tempi fermentativi e la produzione di *off-flavour*.

Una soluzione per ovviare a questi ostacoli è l'incremento di ricerche più mirate allo sviluppo di lieviti adatti a svilupparsi nel miele: si tratta, infatti, di un ambiente ad elevata pressione osmotica a causa dell'elevato contenuto zuccherino, composto soprattutto da fruttosio. L'individuazione di ceppi che, oltre ad essere resistenti all'etanolo, all'anidride solforosa e a bassi pH, abbiano anche tendenze fruttifile permetterebbe di ridurre i tempi fermentativi. Anche l'evoluzione della tecnica dell'immobilizzazione cellulare potrebbe essere una via per rendere più lineare la fermentazione e valorizzare il profilo aromatico dell'idromele.

Per quanto riguarda l'aspetto tecnologico, la diffusione di strumenti di controllo a basso costo, come termometri e mielometri, ha permesso di ottenere un prodotto più controllato dal punto di vista qualitativo, anche a livello amatoriale. Nonostante questo, è necessario lo sviluppo di tecnologie relativamente economiche che permettano una maggiore gestione

delle temperature, parametro di grande importanza in fase fermentativa che rimane, ancora oggi, il principale punto critico della produzione.

Altra via di ricerca che punti ad un prodotto migliore, dovrebbe essere uno studio più approfondito sulla materia prima: il miele. La qualità di un idromele dipende in massima parte dalle caratteristiche e dalla qualità del miele utilizzato; se fosse possibile caratterizzare meglio il miele d'uso, sarebbe anche possibile valutare la tipologia dei nutrienti addizionali, proprio sulla base dei contenuti di biomolecole già presenti nella materia prima.

L'idromele, quindi, è un prodotto su cui esiste ampio margine di ricerca e potrebbe rivelarsi una valida alternativa ad altre bevande alcoliche anche dal punto di vista ecologico; rispetto a vino e birra, infatti, per la produzione di miele non è necessario l'utilizzo di pesticidi e altri prodotti chimici per proteggere le materie prime vegetali, ma anzi il controllo e lo sviluppo del suo processo produttivo può avere un impatto positivo: se l'ambiente è più sano, maggiore è la salute delle api che sono quindi in grado di produrre più miele, aumentandone quindi la disponibilità anche per la realizzazione di idromele.

La disponibilità di miele, purtroppo, non è costante tutti gli anni e rimane infatti un problema alla base della produzione di idromele. L'annata corrente, ad esempio, non è stata molto favorevole per l'apicoltura italiana; molte zone sono state colpite da siccità in primavera, periodo di fioritura e prima raccolta del miele, seguito da un primo periodo estivo troppo freddo e piovoso per la stagione, che ha impedito alle api di nutrirsi di nettare. Alcuni piccoli produttori non sono riusciti, quindi, a raccogliere un quantitativo di miele tale da destinarne una buona parte alla fermentazione e, quindi, per costoro la produzione 2023 di idromele è stata compromessa.

Per incentivare, inoltre, la produzione di idromele, potrebbe dare effetti inaspettatamente positivi un'intelligente promozione del prodotto sul mercato italiano, che punti a stimolare maggiormente la conoscenza del consumatore nei confronti di questa bevanda: consumatore che, come evidenziato all'inizio dello studio, oggi è ben disposto nei confronti di nuove proposte alimentari alternative.

BIBLIOGRAFIA

Bonello F., *Caratterizzazione chimica e sensoriale di idromele di acacia ottenuto con diversi ceppi di lievito*, Convegno e workshop CREA-VE Asti, 2019.

Caccamo A., *I ragazzi di Biella che vogliono far innamorare gli italiani dell'idromele*, in "Vice", 25.10.2021, <https://www.vice.com/it/article/pkb7k8/meadlight-idromiele-italiano>, consultato il 10.08.2023

Cecconi M., *Il miele*, in "Rivista di Agraria.org", 31.08.2014, <https://www.rivistadiagricola.org/articoli/anno-2014/il-miele/>, consultato il 10.08.2023.

Ciminata A., Guarcello R., Francesca N., Columba P., Lombardo G., Moschetti G., Gaglio R., *L'idromele e lo spiritu ré fascitrari, l'uso antico del miele fermentato*, in "Agriscicilia" 3/2019, pp. 40-46.

Contessi A., *Le api: biologia, allevamento, prodotti*, Milano, 2016.

Conti M.E., Stripeikis J., Campanella L., Cucina D., Tudino M.B., *Characterization of Italian honey (Marche Region) on the basis of their mineral content and some typical quality parameters*, in "Chemistry Central Journal", 2007.

Corich V., *Corso di microbiologia delle fermentazioni*, Università degli Studi di Padova, Scuola di Agraria e Medicina Veterinaria, Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Alimentari, a.a. 2021-2022, appunti dalle lezioni.

Cozzolino M., *Idromele: il più antico fermentato del mondo*, in "Apicoltore Moderno", 01.12.2021, <https://www.apicoltoremoderno.it/idromele-il-piu-antico-fermentato-del-mondo/#:~:text=L'idromele%20viene%20realizzato%20mediante,anche%20il%20grado%20alcolico%20finale,consultato l'11.07.2023>.

Degli Innocenti C., *Idromele o idromiele? Perché è facile confondersi*, in "Mixology", 29 novembre 2020, <https://www.coqtailmilano.com/idromele-o-idromiele-bevanda-fermentata/#:~:text=Dalle%20origini%20del%20nome%20a,invece%20nella%20ricetta%20del%20sidro,consultato il 12.07.2023>

De Rubeis M. G., *Idromele: miti, storia e preparazioni della bevanda degli dei*, s. l., 2016.

Faccioli P., *Il miele attraverso i secoli*, in "UNA-API", 19.03.2011, <https://unaapi.it/mieli-e-prodotti-delle-api/miele/il-miele-attraverso-i-secoli/>, consultato il 13.07.2023.

Franceschini R., Milella P., Cavalli L., Tulini S.M.R., *Il miele- La composizione chimica del miele*, L'APicoltore italiano (<https://www.apicoltoreitaliano.it/>), Aprile 2023, consultato il 02.08.2023

Friso D., *Ingegneria dell'industria agroalimentare*, Vol 1, Teoria, Applicazioni e Dimensionamento delle Macchine e Impianti per le Operazioni Unitarie, Cleup sc, Padova, 2017

Giusti M., *Idromele, rilanciare la produzione*, in "Agronotizie", 14.02.2020, <https://agronotizie.imagelinenetwork.com/agricoltura-economia-politica/2020/02/14/idromele-rilanciare-la-produzione/65677>, consultato il 04.09.2023.

Gomes T., Barradas C., Dias T., Verdial J.S., Ramalhosa E., Estevinho L.M., *Optimization of mead production using response surface methodology*, Food Chem. Toxicol. 2013, 59, 680-686

Gupta J.K, Sharma R, *Production technology and quality characteristics of mead and fruit-honey wines: A review*, Natural Product Radiance, Vol 8(4), 2009, pp. 345-355

Harder M. N. C., Martins Benetole B., Pinheiro Claro Gomes E., Verde de Campos S., Nalesso Costa Harder L, Arthur V., 2021, *Mead of natural fermentation*, Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Science, 11(1), e3628.

Iglesias A, Pascoal A, Choupina AB, Carvalho CA, Feás X, Estevinho LM., *Developments in the fermentation process and quality improvement strategies for mead production*, in "Molecules", 2014 Aug 19;19(8):12577-90.

Kime R. W., McLellan M.R., Lee C.Y., *An Improved Method of Mead Production*, Am. Bee J., 1991, 131, 394-395

Maestrelli M., *Il ritorno dell'idromele grazie a una startup di Biella*, "Il Sole 24 Ore", 11.03.2020, https://www.ilsole24ore.com/art/il-ritorno-dell-idromele-grazie-startup-biella-ADdU9FC?refresh_ce=1

Matraxia M., Pirrone A., Prestianni R., Naselli V., Cinquemani G., Alfonso A., Moschetti G., Francesca N., *Idromele: studio di lieviti autoctoni*, in "Birra Nostra Magazine", n°1, gennaio-febbraio 2023, pp. 38-43, https://issuu.com/quinebusinesspublisher/docs/birra_nostra_magazine_1_2023/s/20021670

Mazzeo G., *L'apicoltura nelle tradizioni popolari*, VI Forum dell'apicoltura del Mediterraneo, 2001, Università di Catania, Dipartimento di Agricoltura, Alimentazione e Ambiente.

McConnell D. S, Schramm K.D, *Mead Success: Ingredients, Process and Techniques*, Zymurgy Magazine, Spring 1995

Mendes-Ferreira A., Cosme F., Barbosa C., Falco V., Inês A., Mendes- Faia A., *Optimization of honey-must preparation and alcoholic fermentation by Saccharomyces cerevisiae for mead production*, International Journal of Food Microbiology 144, 2010, 193.198

Morse R. A., *Making Mead (Honey Wine). History, Recipes, Methods and Equipment*, s. l. (USA), 1980. Ed italiana: *L'idromele: vino di miele. Storia, ricette, metodi e attrezzatura di produzione*, Roma, 1984.

Parrini M., *I colori dell'idromele. Come produrre i tuoi idromeli, melomeli, braggot e pazzomeli fatti in casa*, Milano, 2021.

Pereira A.P., Dias T., Andrade J., Ramalhosa E., Estevinho L.M., *Mead production: selection and characterization assay of Saccharomyces cerevisiae strains*, Food and Chemical Toxicology 47, 2009, 2057-2063

Pereira A.P., Mendes-Ferreira A., Oliveira J.M., Estevinho L.M., Mendes-Faia A., *High-cell-density fermentation of Saccharomyces cerevisiae for the optimization of mead production*, Food Microbiology 33, 2012, 114-123

Pereira A.P., Mendes-Ferreira A., Oliveira J.M., Estevinho L.M., Mendes-Faia A., *Effect of Saccharomyces cerevisiae cells immobilisation on mead production*, LWT- Food Science and Technology 56, 2014, 21-30

Pereira A.P., Oliveira J.M., Mendes-Ferreira A., Estevinho L.M., Mendes-Faia A., *Mead and Other Fermented Beverages*, Food and Beverages Industry, 2017, Pages 407-434.

Ramalhosa E., Gomes T., Pereira A.P., Dias T., Estevinho L.M., *Mead Production: Tradition Versus Modernity*, Food and Nutrition Research, Volume 63, 2011

Roldán A., van Muiswinkel G.C.J., Lasanta C., Palacios V., Caro I., *Influence of pollen addition on mead elaboration: Physicochemical and sensory characteristics*, Food Chemistry, 2010

Starowicz M., Granvogl M., *Effect of Wort Boiling on Volatiles Formation and Sensory Properties of Mead*, Molecules, 2022

Valentini M., *Idrossimetilfurfurale: la molecola che ti dice quanto il miele è vecchio*, in "Bioapi", 24.01.2022,
<https://www.bioapi.it/i-prodotti-dell-alveare/35-idrossimetilfurfurale-la-molecola-che-ti-dice-quanto-il-miele-e-vecchio>, consultato il 10.08.2023.

Wintersteen C.L., Andrae L.M., Engeseth N.J., *Effect of Heat Treatment on Antioxidant Capacity and Flavor Volatiles of Mead*, Journal of Food Science, Vol.70, Nr. 2, 2005

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Codex Alimentarius, Codex Standard for Honey (Codex Stan 12-1981 (Rev. 2-2001)), 2001.

Direttiva europea 2001/110 CE, in GU L 10 del 12.1.2002, p. 47.

Decreto legislativo n. 179 del 21 maggio 2004, in GU n.168 del 20.07.2004 p. 28.

Decreto legislativo n 109 del gennaio 1992 (Gazzetta Ufficiale n. 39 del 17 febbraio 1992 - Supplemento Ordinario)

Regolamento Europeo 1169/2011 in GU Unione Europea 21.11.2011 pp. 18-41.

Direttiva Europea 92/83 CEE del Consiglio del 19.10.1992 in GU L 316 del 31.10.1992, pag. 21.

RIVISTE ON LINE

Apicoltore Moderno, www.apicoltoremoderno.it

BJCP (*Beer Judge Certification Program*), *Making Mead: the Art and the Science*, 2000

Birra Nostra Magazine

Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana

Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea

SITI WEB

apicoltoreitaliano.it

bioapi.it

giacomorodolfi.com

gotmead.com

unaapi.it

unioneitalianafood.it

vice.com