



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

**DIPARTIMENTO DI AGRONOMIA ANIMALI ALIMENTI RISORSE  
NATURALI E AMBIENTE**

**CORSO DI LAUREA IN SCIENZE E TECNOLOGIE ALIMENTARI**

## **IL MIELE ADULTERATO**

**Docente di riferimento:**

**Prof.ssa Pasini Gabriella**

**Laureanda:**

**Elena Rambaldo**

**Matricola n. 2011710**

**ANNO ACCADEMICO 2023-2024**



# IL MIELE ADULTERATO

## INDICE

RIASSUNTO .....	3
1. INTRODUZIONE.....	5
2. IL MIELE .....	7
3. IL MIELE ADULTERATO .....	11
4. METODI PER ADULTERARE IL MIELE.....	17
4.1 METODI DIRETTI .....	18
4.2 METODI INDIRETTI .....	19
5. GLI ADULTERANTI DEL MIELE .....	21
5.1 ZUCCHERO DI CANNA.....	21
5.2 SCIROPPO DI MAIS .....	22
5.3 ZUCCHERO DI PALMA .....	22
5.4 ZUCCHERO INVERTITO .....	22
5.5 SCIROPPO DI RISO .....	23
5.6 SCIROPPO DI INULINA.....	23
6. CONCLUSIONI.....	25
7. BIBLIOGRAFIA .....	27



## RIASSUNTO

Il miele è un alimento in grado di poter apportare diversi benefici alla salute umana, grazie alle sue numerose proprietà nutrizionali e salutistiche.

Bisogna però prestare attenzione alla problematica del miele adulterato: in commercio è possibile trovare dei mieli che sono stati alterati e quindi possono non essere genuini.

I metodi diretti di adulterazione consistono nel miscelare un miele naturale con del miele di qualità inferiore o con zuccheri o sciroppi zuccherini. I metodi indiretti invece prevedono l'alimentazione delle api tramite sciroppi zuccherini, in modo da poter mascherare meglio la frode e ottenere così una produzione maggiore dal punto di vista quantitativo. I metodi indiretti comprendono non solo tecniche di raccolta precoce del miele, il quale risulta immaturo e più esposto ai processi di fermentazione, ma anche errate tecniche di lavorazione e conservazione di questo alimento.

Purtroppo, il consumatore non è capace di distinguere un miele adulterato da uno naturale e non possiede nemmeno gli strumenti per farlo. Per questo motivo è necessario investire di più sui controlli nel mercato e sull'elaborazione di metodi di identificazione di queste frodi che col tempo diventano sempre più precise e difficili da individuare.

In merito a ciò, sono state studiate e messe a paragone le caratteristiche del miele naturale e del miele adulterato, in modo da poter individuare dei parametri che possono essere utilizzati come indicatori nella verifica dell'autenticità del miele.



## 1. INTRODUZIONE

Il miele è considerato un alimento di valore: il suo ampio consumo viene attribuito non solo al suo sapore unico, ma anche al suo alto valore nutrizionale e ai benefici che può apportare alla salute, i quali variano in base alla sua composizione chimica. Il miele viene prodotto e commercializzato a livello mondiale, mostrando notevoli differenze sia di valore nutrizionale che biologico. Le sue potenziali proprietà funzionali e salutistiche comprendono proprietà antiossidanti, antibatteriche e antinfiammatorie. Altre potenziali proprietà biologiche che sono state riscontrate riguardano l'attività preventiva verso tumori e malattie come l'HIV, oltre ad avere anche la capacità di curare ferite mediante l'applicazione topica (Cianciosi et al. 2020).

Queste attività biologiche sono strettamente legate alla sua composizione e al contenuto di flavonoidi, acidi fenolici, enzimi, acido ascorbico, carotenoidi, pigmenti e alcaloidi.

Per legge, è vietato aggiungere additivi al miele; tuttavia, l'adulterazione di questo prodotto è diventato ormai un problema a livello globale, declassandolo anche a causa dei problemi di salute che può causare a chi lo assume. Tutto ciò ha provocato un impatto negativo nello sviluppo dell'industria del miele, la quale perciò si è posta l'obiettivo di riuscire ad individuare un metodo efficace per poterne verificare l'autenticità, in modo da tutelare il consumatore (Zhang et al. 2023:1).

Nei prossimi capitoli, verrà riportata la definizione di miele secondo il *Codex Alimentarius*, per poi andare a mettere in rilievo alcuni motivi per cui esso viene considerato un prodotto di valore. Inoltre, verrà esposto che cos'è il miele adulterato, che impatto ha sulla salute e come si può riconoscere a livello analitico. Verranno riportate le modalità per effettuare l'adulterazione del miele e le sostanze più utilizzate a questo scopo.

I metodi e le sostanze utilizzate per adulterarlo sono molteplici e sempre più complessi e per questo motivo richiedono studi costanti per lo sviluppo di metodologie sempre più innovative per smascherare questa frode.



## 2. IL MIELE

Secondo il *Codex Alimentarius*, si definisce miele quella sostanza dolce, naturale, prodotta dalle api da miele *Apis mellifera* a partire dal nettare delle piante o dalle secrezioni di parti viventi della pianta oppure dalle escrezioni di insetti succhiatori sulle parti viventi della pianta. Tale materiale viene dunque raccolto dalle api per poi essere trasformato tramite l'aggiunta di altre sostanze specifiche prodotte dalle stesse api. Successivamente, il prodotto ottenuto viene depositato, essiccato, immagazzinato e lasciato nell'alveare a maturare.

Il miele è costituito in prevalenza da fruttosio, che assieme al glucosio costituiscono circa il 70-80% della sua composizione. Gli altri zuccheri rappresentano circa un 10% del prodotto e questi sono: maltosio, saccarosio e polisaccaridi come le destrine. Il contenuto proteico è pari al 3% ed è costituito da enzimi provenienti dal corpo delle api e da enzimi e proteine provenienti dal polline e dal nettare. Alcuni di questi enzimi sono l'invertasi<sup>1</sup>, la lattasi<sup>2</sup>, l' $\alpha$ -<sup>3</sup> e  $\beta$ -<sup>4</sup> amilasi, la glucosio ossidasi<sup>5</sup>, la catalasi<sup>6</sup> e la fosfatasi<sup>7</sup>.

Nel miele è presente circa il 18% d'acqua e i minerali in quantità inferiore, tra cui prevale il potassio; inoltre, sono presenti in piccole quantità vitamine e acidi organici, quali l'acido gluconico, l'acido malico, l'acido citrico, l'acido butirrico, l'acido lattico, l'acido formico, l'acido succinico e l'acido piroglutammico (Kunat-Budzynska et al. 2023).

La sua composizione chimica varia in base all'origine botanica e geografica, al periodo di raccolta e ai processi di produzione.

Lo studio di Suarez et al. (2014) propone una classificazione del miele basata sulla sua origine. La prima tipologia è il miele di nettare o di fiori e si definisce tale quando la fonte principale è il nettare proveniente da fiori di tiglio, trifoglio, agrumi, cotone, timo e acacia. Nel secondo gruppo viene inserito il miele di melata, la cui fonte è la melata rilasciata dagli insetti del genere *Rhynchota*, in seguito all'ingestione della linfa della pianta. Alcuni esempi tipici sono il miele di pino, il miele di quercia e il miele di abete. La terza categoria è rappresentata

---

<sup>1</sup> Enzima che idrolizza il saccarosio nelle sue due componenti: glucosio e fruttosio.

<sup>2</sup> Enzima che idrolizza il lattosio nelle sue due componenti: glucosio e galattosio.

<sup>3</sup> Enzima che idrolizza l'amido per produrre destrine.

<sup>4</sup> Enzima che idrolizza l'amido per produrre maltosio.

<sup>5</sup> Enzima che sfrutta l'ossigeno per ossidare il glucosio, producendo acqua ossigenata e glucolettone.

<sup>6</sup> Enzima che scinde l'acqua ossigenata in ossigeno e acqua.

<sup>7</sup> Enzima che catalizza la rimozione di un gruppo fosfato.

dal miele monofloreale, il cui nome dipende dalla pianta principale che le api hanno utilizzato per produrlo; mentre il miele multifloreale (o polifloreale) è il classico millefiori, la cui fonte sono fiori di diverse tipologie, ma nessuna prevale sull'altra.

Gli utilizzi in ambito medico sono legati al contenuto di sostanze fitochimiche, che provengono dal nettare, dal polline, dalla melata, dalla linfa degli alberi e dal propoli; invece, le proprietà antibatteriche sono dovute all'alta osmolarità, alla produzione d'acqua ossigenata da parte della glucosio ossidasi, all'alta acidità e al basso pH (Iftikhar et al. 2022). Tutte queste caratteristiche rendono il miele un alimento poco ospitabile per la maggior parte dei batteri.

La funzione antibatterica è legata all'attività dell'enzima glucosio ossidasi, il quale agisce sul glucosio ossidandolo. Da questa reazione, si ottiene il perossido di idrogeno, anche conosciuto con il nome di acqua ossigenata, e il glucolettone. L'attività di questo enzima è influenzata da vari fattori, tra cui il pH, l'esposizione alla luce e la temperatura a cui viene conservato il prodotto. Essi potrebbero andare a ridurre l'attività, comportando una conseguente riduzione delle capacità antibatteriche del miele nel corso del tempo. Inoltre, essendo la glucosio ossidasi un enzima prodotto dalle api, si pensa che la sua attività possa essere influenzata anche dall'età e dalla salute della colonia (Irish et al. 2011).

Il miele possiede anche molte altre potenziali proprietà: antinfiammatoria, epatoprotettiva, ipoglicemizzante, antipertensivo e antiossidante. Molte proprietà sono dovute alle componenti farmacologicamente attive, quali i flavonoidi e i composti fenolici. Tra questi emergono: kaempferolo, crisina, quercetina, pinobanksina, pinocebrina, genisteina, luteolina, apigenina, naringenina, esperetina, acido gallico, acido p-cumarico, acido ellagico, acido ferulico, acido caffeico, acido sirigico e acido vanillico (Zullkiflee et al. 2022).

Per capire l'origine botanica di un miele, è sufficiente analizzare le componenti fitochimiche: per esempio, la quercetina si trova nel miele d'agrumi e di girasole.

Nella Fig.1<sup>8</sup> vengono riportati gli acidi fenolici e i flavonoidi che sono stati ritrovati nel miele.

---

<sup>8</sup> Ayoub et al. (2023).

**PHENOLIC ACID GROUP**

**FLAVONOIDS GROUP**

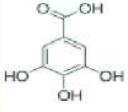
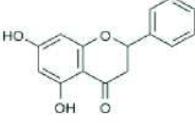
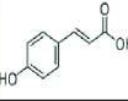
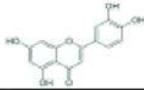
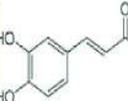
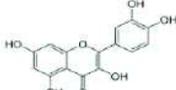
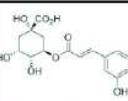
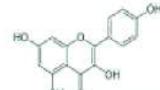
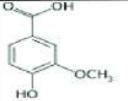
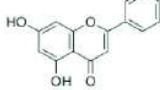
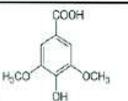
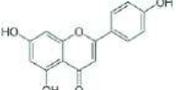
<b>Gallic acid</b>			<b>Pinocembrin</b>
<b>p-coumaric acid</b>			<b>Luteolin</b>
<b>Caffeic acid</b>			<b>Quercetin</b>
<b>Chlorogenic acid</b>			<b>Kaempferol</b>
<b>Vanillic acid</b>			<b>Chrysin</b>
<b>Syringic acid</b>			<b>Apigenin</b>

Fig. 1. Common phenolic acid and flavonoid compounds identified in honey.

È necessario però capire come avviene il metabolismo e l'assorbimento di queste sostanze all'interno del nostro corpo, per poterne comprendere meglio gli effetti. Questo perché la biodisponibilità dei polifenoli è influenzata da diversi fattori.

Riguardo ciò, giocano un ruolo importante non solo le variabili ambientali, ma anche la lavorazione a cui l'alimento viene sottoposto. Va tenuto conto anche del tipo di matrice di cui è fatto l'alimento, le possibili interazioni con altre sostanze, la struttura chimica della frazione fenolica e i processi intestinali.

Le sostanze fitochimiche possono comportarsi in maniera diversa in base alle diverse situazioni, dunque sarebbero necessarie ulteriori ricerche in merito a come ne viene modificata la biodisponibilità (Perez-Gregorio et al. 2020).

Ad esempio, gli agliconi fenolici mostrano una maggiore biodisponibilità poiché si dissolvono più facilmente attraverso le barriere dell'intestino, rispetto ai flavonoidi presenti in altre matrici alimentari (Benedek et al. 2021).

Grazie al suo basso indice glicemico, il miele può essere considerato un buon sostituto degli edulcoranti che possiedono un indice glicemico maggiore. Questa caratteristica è

importante per le persone che soffrono di patologie cardiovascolari o di diabete (Garro-Mellado et al. 2022).

Quando le api vanno alla ricerca del polline e del nettare, interagiscono con il suolo, l'acqua e la flora presente entro sette metri dalla colonia (Astolfi et al. 2021). Se si analizza la composizione del miele prodotto da una specifica colonia, esso fungerà da bioindicatore, esprimendo delle caratteristiche dell'ambiente in cui esse si trovano (Huang et al. 2021).

### 3. IL MIELE ADULTERATO

Quando un miele viene miscelato con dell'altro miele, tipicamente di qualità inferiore, oppure quando viene addizionato dello zucchero o altre sostanze economiche e di bassa qualità, esso viene classificato come "adulterato".

L'adulterazione è una frode che agisce sulla qualità intrinseca del prodotto, modificandone la naturale composizione anche se in maniera non apprezzabile. Ciò può essere fatto mediante aggiunta, sostituzione, sottrazione o correzione delle componenti di un alimento.

L'adulterazione del miele può avvenire in modo diretto o indiretto: nel primo caso, vengono aggiunti zuccheri o sciroppi zuccherini alla materia prima per aumentarne il sapore dolce. Nel secondo caso, vengono somministrati alle api degli sciroppi zuccherini, in modo da aumentare la quantità di miele prodotto.

Per proteggere il consumatore da queste frodi sono stati elaborati degli indicatori di autenticità. Per esempio, nello studio condotto da Nisbet et al. (2018), sono stati analizzati una serie di componenti del miele per trovare gli indicatori più appropriati per la rilevazione dell'adulterazione. Questo studio è stato effettuato utilizzando 25 campioni di miele naturale e 20 di miele adulterato con metodo indiretto, cioè somministrando sciroppo di saccarosio alle colonie d'api nel periodo di raccolta del nettare.

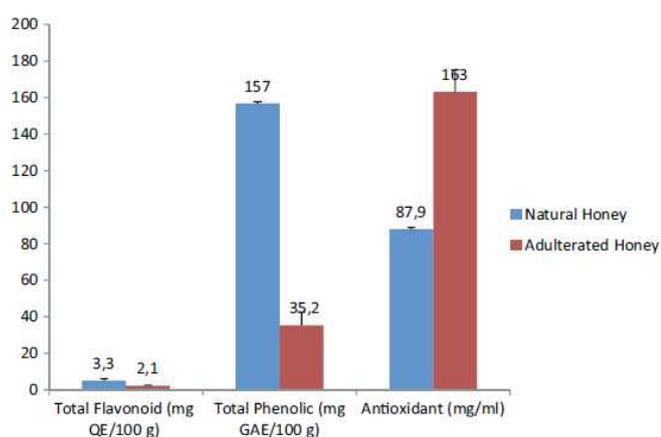


Fig. 1 The observed levels of mean total phenolic content, flavonoid and radical scavenging activity of natural honeys and adulterated honeys

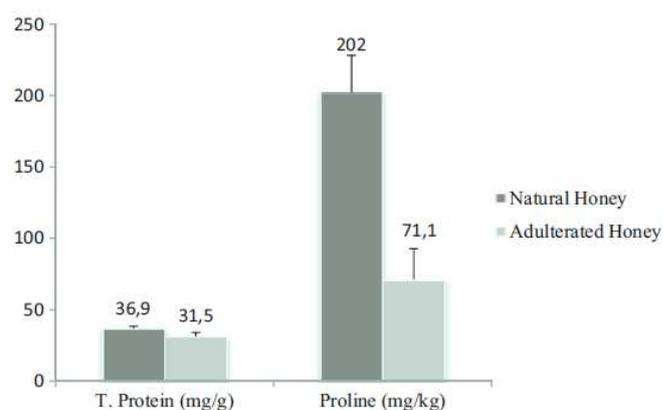


Fig. 2 Mean and standard error values for protein and proline concentrations in experimental groups (mean  $\pm$  SE)

Osservando il grafico presentato in (Fig.1)<sup>9</sup>, si nota che i flavonoidi totali nel miele naturale hanno un valore medio di  $3,3 \pm 0,3$  mg/100g, al contrario di quello adulterato, in cui il valore medio risulta essere  $2,1 \pm 0,4$  mg/100g. Considerando anche i valori minimi e massimi rilevati dall'analisi dei campioni riguardo la concentrazione di queste sostanze, si evince che il miele naturale e quello adulterato sono molto simili tra loro, pertanto questa componente non può essere utilizzata come indicatore, poiché la quantità di flavonoidi totali in un miele adulterato non viene alterata in maniera significativa.

Al contrario, il contenuto di composti fenolici totali del miele naturale è di  $157 \pm 13$  mg/100g, mentre in quello adulterato è di  $35,2 \pm 7,3$  mg/100g. Questi due valori medi sono molto diversi tra loro, così come i valori minimi e massimi ottenuti dalle analisi. Lo stesso vale per il contenuto di antiossidanti, i quali risultano essere  $87,9 \pm 12$  mg/ml nel miele naturale mentre  $163 \pm 11$  mg/ml in quello adulterato e per i loro valori minimi e massimi. Tutto ciò indica che il contenuto di composti fenolici totali e il contenuto di antiossidanti possono costituire degli indicatori validi per smascherare questa frode, in quanto in un miele adulterato si riscontrerebbe un minor contenuto di composti fenolici e un maggior contenuto di antiossidanti rispetto ad un miele naturale.

Il contenuto di composti fenolici totali dipende dalla tipologia di pianta in cui l'ape va a cercare il polline e il nettare. In questo studio, il miele adulterato è stato ottenuto alimentando le api prevalentemente con sciroppo di saccarosio, utilizzando quindi una dose di polline e nettare inferiore rispetto a quella che viene normalmente utilizzata per fare il miele naturale. Quindi, il contenuto di composti fenolici totali risulta inferiore nel miele adulterato, probabilmente perché è stata impiegata una limitata quantità di polline e nettare per produrlo.

Per quanto riguarda l'attività antiossidante, lo studio mostra che questa risulta maggiore nel miele adulterato, ma non spiega il motivo di questa differenza. La capacità antiossidante di un miele è legata non solo al contenuto di composti fenolici, ma anche a composti come gli acidi organici, gli enzimi e probabilmente anche ad altre componenti minori (Das et al. 2013; Lianda et al. 2012). Sapendo che i polifenoli totali nel miele adulterato sono presenti in quantità inferiori e che il saccarosio come zucchero non possiede attività antiossidante (Khalil et al. 2010), si presume che questo aumento dell'attività antiossidante sia legata a qualche

---

<sup>9</sup> Nisbet et al. (2018).

metabolismo delle api, poiché alcune sostanze con attività antiossidante presenti nel miele provengono proprio da esse.

Invece, dal secondo grafico (Fig.2)<sup>10</sup> si nota che il contenuto di prolina rappresenta un indicatore più affidabile rispetto al contenuto proteico, poiché quest'ultimo mostra valori medi e minimi e massimi molto simili tra il miele naturale e quello adulterato, rispettivamente  $36.9 \pm 1.5\text{mg/g}$  e  $31.5 \pm 2.5\text{mg/g}$ . Oltretutto, il contenuto proteico totale varia in base all'origine botanica del miele e alla tipologia di ape che l'ha prodotto e rappresenta un parametro affidabile per la verifica della veridicità di un campione solo nel caso in cui la quantità di zuccheri aggiunti sia inferiore al 30%. Invece, per quanto riguarda l'amminoacido prolina, essendo presente in maggiore quantità rispetto agli altri (50-85%), risulterà in quantità non inferiore a 180mg/kg in un campione di miele naturale. Questo aspetto viene anche dimostrato dallo studio perché il contenuto medio di prolina nel miele naturale è di  $202.2 \pm 26.1\text{mg/kg}$ , mentre in quello adulterato è di  $71.1 \pm 21.6\text{mg/kg}$ . Tutto ciò rende questo parametro molto utile nella verifica dell'autenticità del miele.

Dallo studio di Rajindran et al. 2022 si può dedurre il motivo per cui il contenuto di prolina nel miele adulterato è inferiore rispetto a quello naturale. La prolina è infatti un aminoacido essenziale che viene sintetizzato dalle secrezioni salivari delle api durante il processo di conversione del nettare in miele (Czipa et al. 2012). Esso è presente anche nel polline, perciò si può ipotizzare che se le api sono state alimentate in prevalenza con sciroppo di saccarosio, la quantità di prolina che deriva dal miele sarà quasi totalmente assente e perciò il miele maturo ne conterrà una quantità inferiore.

**Table 2** Mean and standard error (mean  $\pm$  SE) values (ppm) for Ca, Mg, K, P, Zn and Fe concentrations in natural and adulterated honey samples

Minerals	Natural honey			Adulterated honey			P value
	Mean $\pm$ SE (mg/kg)	CV (%)	Min-max	Mean $\pm$ SE (mg/kg)	CV (%)	Min-max	
Ca	$43.3 \pm 5.5^a$	7.3	22–63	$34.9 \pm 4.7^b$	9.1	19–73	0.0001
Mg	$26.1 \pm 5.4^a$	12.1	5–34	$17.9 \pm 4.8^b$	17.6	10–50	0.0001
K	$1114 \pm 178^a$	0.3	330–1839	$309 \pm 32^b$	1.0	107–521	0.0001
P	$190 \pm 30^a$	1.7	79–277	$83.1 \pm 9.0^b$	3.8	47–160	0.0001
Zn	$7.5 \pm 2.2^b$	29.3	3–19	$10.2 \pm 4.8^a$	47.0	0.2–19	0.0001
Fe	$3 \pm 0.2^a$	6.7	2–4	$2.9 \pm 0.2^a$	6.9	1–4	0.623

Different letters in the same row indicate a significant difference between means ( $p < 0.05$ )

<sup>10</sup> Nisbet et al. (2018).

Invece, dall'analisi dei minerali è risultato che alcuni di essi sono utili per fornirci informazioni sulla qualità del miele, precisamente K, P, Ca e Mg. Nella tabella Table 2<sup>11</sup> si osserva che il contenuto medio di calcio (Ca) nel miele naturale risulta essere  $43.3 \pm 5.5$ mg/kg, mentre in quello adulterato  $34.9 \pm 4.7$ mg/kg. Confrontando anche i valori minimi e massimi rilevati, si può notare che i valori si discostano abbastanza tra loro, permettendo quindi di considerare il calcio come un indice per la rilevazione dell'autenticità di un campione di miele.

Una situazione simile si riscontra nel caso del magnesio (Mg), potassio (K) e fosforo (P), dove i valori medi rilevati e i valori minimi e massimi, se paragonati tra loro, sono molto diversi, soprattutto per potassio e fosforo. Infatti, il miele naturale presenta una media di  $26.1 \pm 5.4$ mg/kg di magnesio,  $1114 \pm 178$ mg/kg di potassio e  $190 \pm 30$ mg/kg di fosforo mentre in quello adulterato è stata rilevata una media di  $17.9 \pm 4.8$ mg/kg di magnesio,  $309 \pm 32$ mg/kg di potassio e  $83.1 \pm 9.0$ mg/kg di fosforo. Ciò significa che in un miele adulterato ci si aspetterebbe di trovare un contenuto inferiore di Ca, Mg, K e P rispetto a quello di un miele naturale e ciò probabilmente è dovuto al fatto che derivano dal tipo di pianta da cui la pianta raccoglie polline e nettare e dal tipo suolo in cui è cresciuta. Poiché i campioni di miele adulterato sono stati ottenuti alimentando le api prevalentemente con saccarosio, la quantità di nettare e polline utilizzata per la produzione risulterà inferiore e di conseguenza anche la quantità di minerali.

Invece, per quanto riguarda il contenuto di zinco (Zn), si nota che il miele naturale presenta un valore medio di  $7.5 \pm 2.2$ mg/kg mentre quello adulterato  $10.2 \pm 4.8$ mg/kg. I due valori sono molto simili tra loro e il valore massimo rilevato è 19 mg/kg in entrambi i mieli; perciò, lo zinco non è un valido indicatore di adulterazione. Nel caso del ferro (Fe), il valore medio ottenuto non è significativo, perché il *P* value rilevato corrisponde a 0,623 e, poiché è superiore al 5%, i due valori rilevati e la loro differenza non è significativa. Di conseguenza, anche il ferro non può essere utilizzato per smascherare questa frode.

In conclusione, lo studio condotto da Nisbet et al. (2018) dimostra che il contenuto di composti fenolici totali e di antiossidanti, il contenuto di prolina e, per quanto riguarda i minerali, il calcio, il magnesio, il fosforo e il potassio possono essere degli ottimi indicatori per la rilevazione della veridicità di una campione di miele, poiché la differenza tra la quantità presente nel miele naturale e quella presente nel miele adulterato risulta significativa.

---

<sup>11</sup>Nisbet et al. (2018).

Per verificarne gli effetti sulla salute a breve e a lungo termine, sono stati condotti una serie di studi sui ratti maschi di razza Sprague Dawley. Questi ultimi sono stati suddivisi in due gruppi, uno dei quali è stato alimentato con miele adulterato, ovvero aggiunto di zuccheri, e l'altro con miele non adulterato. Le anomalie riportate dal primo gruppo sono rappresentate da un drastico aumento del peso corporeo e dei valori di trigliceridi, colesterolo e glucosio.

Per spiegare il fenomeno dell'aumento del peso, bisogna considerare la composizione del miele naturale e del saccarosio. Il miele è costituito da zuccheri mono e disaccaridi, nonché glucosio, fruttosio, maltosio e saccarosio. Il fruttosio è lo zucchero presente in quantità maggiori e possiede un indice glicemico più basso degli altri, poiché sfugge alle prime fasi del ciclo di Krebs e viene istantaneamente convertito in energia all'interno delle cellule (Samat et al. 2017:7). Il saccarosio, invece, possiede un indice glicemico più elevato perché è costituito per il 50% da glucosio, che viene assorbito entrando nel circolo sanguigno. Ciò richiede una risposta immediata da parte dell'insulina per riportarlo valori normali. Il saccarosio rappresenta quindi un fattore che aumenta il rischio di aumento del diabete di tipo 2.

Un altro impatto è stato rilevato a livello della sierologia renale: gli studi tossicologici hanno dimostrato che i reni sono stati danneggiati a causa della perdita della capacità di eliminare la creatinina e l'urea dal siero (Fakhlai et al. 2020). Inoltre, è stato riscontrato che, a lungo termine, l'assunzione di miele adulterato con zuccheri o sciroppi zuccherini porterebbe allo sviluppo di patologie come l'ipercolesterolemia, l'ipertrigliceridemia e l'iperinsulinemia, le quali in seguito hanno portato alla morte dell'animale (Arise e Malomo 2009).

L'adulterazione e la contraffazione del miele rappresentano un problema molto diffuso a livello globale, perciò, sono necessari controlli costanti per garantire al consumatore un prodotto di qualità e per tutelare la sua salute.

A causa della complessa matrice del miele, le metodologie utilizzate per verificarne l'autenticità presentano dei limiti: esse sono in grado di rilevare le adulterazioni attualmente conosciute ma non sono capaci di riconoscere le nuove pratiche di adulterazione che stanno emergendo.

Purtroppo, lo sviluppo di nuove tecnologie atte a smascherare queste frodi a carico del miele non riesce a stare al passo con la nascita di nuovi metodi di adulterazione, che risultano sempre più complessi. E, a causa degli elevati costi da sostenere per effettuare gli adeguati controlli, eliminare la pratica dell'adulterazione del miele dal mercato risulta sempre più difficile.

Nel miele naturale possiamo trovare non solo il nettare ma anche delle sostanze che solo il metabolismo delle api può conferirgli; invece, in quello adulterato queste componenti o sono presenti in quantità ridotte o sono assenti. Basandosi su questo aspetto, in futuro potrebbero essere sviluppate delle tecnologie veloci, accurate ed efficaci che rilevano l'autenticità del miele, ricercando le componenti che solo nel miele naturale possono essere presenti.

Anche l'applicazione di metodi che si basano sulla metabolomica<sup>12</sup> alimentare possono rappresentare un adeguato strumento per la verifica dell'autenticità di un campione di miele ma spesso risulta necessario combinare più tecniche assieme per avere dei risultati attendibili (Zhang et al. 2023).

---

<sup>12</sup> Studio delle piccole molecole (metaboliti) prodotte da un organismo.

## 4. METODI PER ADULTERARE IL MIELE

Come riportato nella Fig.1 (Zang et al. 2023) i metodi per adulterare il miele possono essere distinti in metodi diretti e metodi indiretti.

I metodi diretti prevedono l'aggiunta di dolcificanti o di mieli di bassa qualità ad un campione di miele naturale. Prevedono inoltre un'etichettatura che fornisce indicazioni errata sull'origine botanica, geografica e sul marchio biologico, facendo sembrare il prodotto di qualità.

Invece, i metodi indiretti vanno ad agire sull'alimentazione delle colonie d'api, sulla raccolta, sulla manipolazione e sullo stoccaggio del miele.

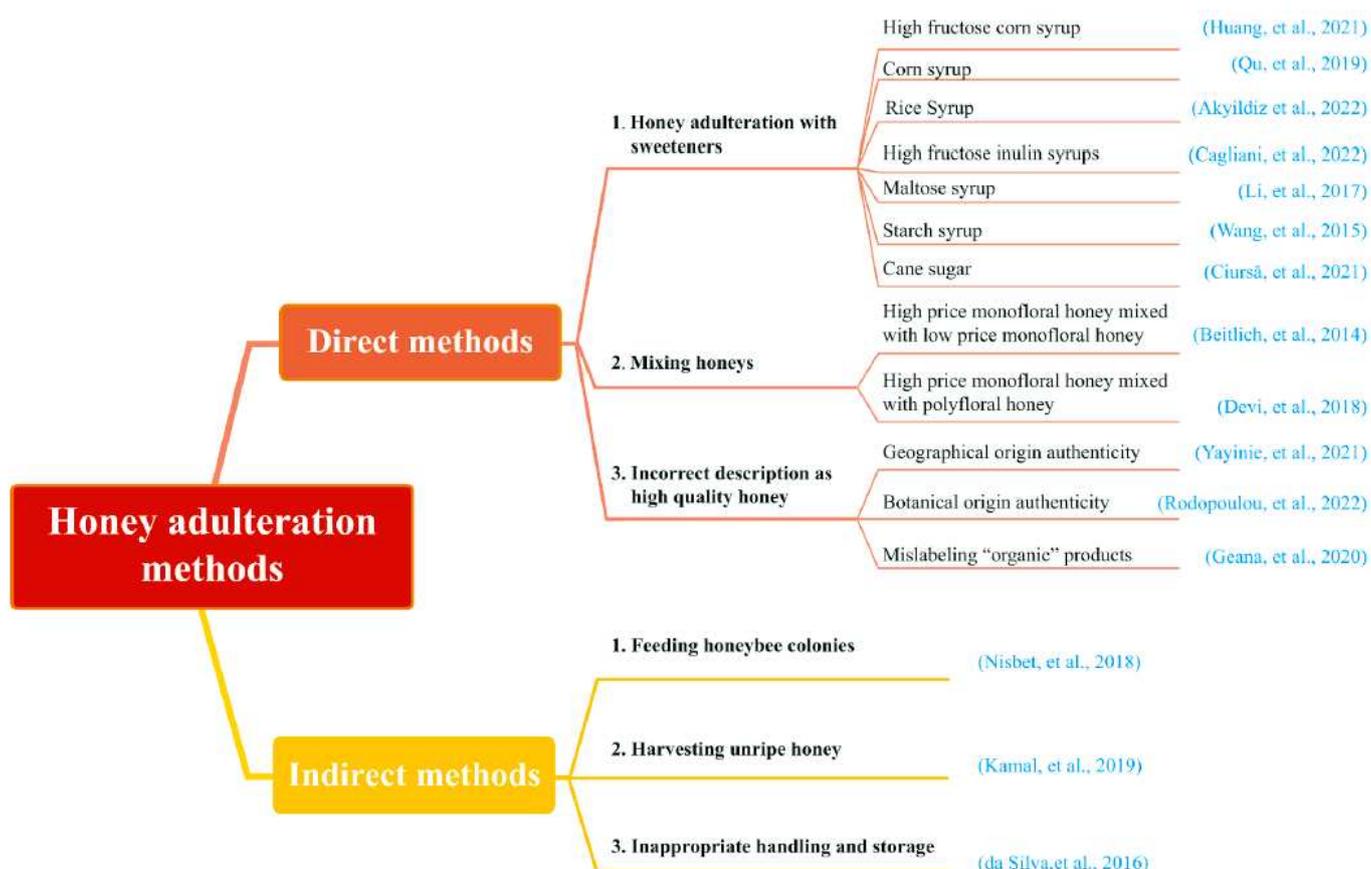


Fig. 1. Schematic representation of the main adulteration methods related to honey.

#### 4.1 METODI DIRETTI

Sono presenti diverse tipologie di metodi diretti per adulterare il miele. La prima prevede l'aggiunta di acqua, saccarosio, zucchero invertito, caramello, carbossimetilcellulosa<sup>13</sup>, destrine o altre sostanze amidacee ad un campione di miele, con l'obiettivo di aumentarne la resa. Queste sostanze vanno ad interferire con la qualità e le proprietà del miele rendendo così possibile la rilevazione della frode mediante una valutazione sensoriale o paragonando il campione a degli standard. Per esempio, si è osservato che l'aggiunta d'acqua rende il miele meno dolce e ne riduce la qualità. Oltretutto, l'acqua rende possibile lo sviluppo di reazioni come la fermentazione e il deterioramento del miele.

Invece, le caratteristiche di un miele adulterato con l'aggiunta di saccarosio mettono in risalto il fatto che questo possiede un aroma più piatto rispetto al miele naturale.

Se paragoniamo un campione di miele naturale con uno adulterato con caramello, si evince che quest'ultimo è meno trasparente, perché il caramello va a formare una glassa opaca che ne riduce la trasparenza.

Infine, l'addizione di sostanze amidacee fa cristallizzare il miele e lo rende più ruvido; mentre l'aggiunta di CMC ne aumenta la viscosità e nei prodotti a base di miele va a generare agglomerati trasparenti.

Negli ultimi anni i metodi di adulterazione e le sostanze utilizzate sono diventate sempre più sofisticate: l'obiettivo è cercare di riprodurre l'aspetto del miele naturale e per farlo vengono spesso utilizzati varie tipologie di sciroppi. Questi possiedono una composizione molto simile a quella del miele naturale. I più utilizzati sono: lo sciroppo di mais ad alto contenuto di fruttosio (HFCS), lo sciroppo di mais (CS), lo sciroppo di maltosio (MS), lo sciroppo di saccarosio (SS) e lo sciroppo di riso (RS) (Akyildiz et al. 2022; Cagliani et al. 2022; Huang et al., 2021; Li et al. 2017; Qu et al. 2019; Wang et al. 2015). Inoltre, per dare al miele adulterato una qualità sensoriale simile a quella del miele naturale vengono aggiunti dei pigmenti sintetici e degli aromi (Wu et al. 2017).

Di conseguenza, queste nuove strategie hanno reso difficile l'identificazione di un miele adulterato mediante una semplice valutazione sensoriale o mediante un'analisi fisico-chimica.

---

<sup>13</sup> Polimero derivato dalla cellulosa, definito anche con il termine CMC.

Un'altra tipologia di adulterazione prevede l'aggiunta di miele monofloreale<sup>14</sup> o millefiori<sup>15</sup> di bassa qualità, ad un miele monofloreale di valore. Negli ultimi anni è stato riscontrato un aumento nella domanda di miele monofloreale, che ha portato ad un aumento del suo valore e ciò è dovuto al suo gusto particolare e alle sue proprietà farmacologiche (Geana et al. 2020; Tsagkaris et al. 2021). Di conseguenza, anche le frodi di questo tipo sono aumentate e sono stati riscontrati diversi casi a livello mondiale.

Un esempio viene riportato da Se et al. (2019), in cui del miele di colza è stato decolorato per farlo assomigliare al miele d'acacia ed essere venduto come tale.

Il terzo metodo di adulterazione diretta prevede l'etichettatura di un prodotto con informazioni che risultano poco chiare e perciò può il consumatore può essere tratto in inganno. Spesso sono espresse in modo confusionario l'origine botanica, l'origine geografica e la presenza o meno di certificazione biologica (Geana et al. 2020; Rodopoulou et al. 2022; Yayinie et al. 2021).

Oltre alla classificazione "biologico", in base all'origine geografica di produzione il miele può ottenere la denominazione DOP<sup>16</sup> o IGP<sup>17</sup>. Ad esempio, nel territorio veneto si trovano il miele della Lunigiana DOP, il miele delle Dolomiti Bellunesi DOP e il miele Varesino DOP; invece, un miele IGP è il miel d'Alsace IGP, la cui zona di produzione è l'Alsazia, una regione francese. Questi prodotti essendo di maggiore qualità sono venduti nel mercato ad un prezzo superiore. Infatti, è proprio questo che spinge molti produttori a dare informazioni errate in etichetta o a miscelare mieli di bassa qualità con mieli di valore, così da poterli vendere ad un prezzo maggiore aumentando il loro profitto.

## 4.2 METODI INDIRETTI

I metodi indiretti utilizzati per adulterare il miele sono molteplici. Ad esempio, un metodo consiste nell'alimentare le colonie d'api da miele con saccarosio e sciroppi industriali nel periodo di raccolta del nettare, cosicché lo zucchero venga introdotto nel prodotto finito attraverso un processo naturale.

---

<sup>14</sup> Quando almeno il 45% del nettare proviene dalla stessa tipologia di fiore.

<sup>15</sup> Quando il nettare proviene da diverse tipologie di fiore e nessuna predomina sull'altra.

<sup>16</sup> Denominazione di origine protetta.

<sup>17</sup> Identificazione geografica protetta.

Anche i cambiamenti climatici possono incidere sulla produzione del miele, provocando una riduzione della quantità prodotta. Ciò è dovuto non solo alla riduzione delle aree in cui sono presenti piante da cui le api possono raccogliere il nettare, ma anche dal fatto che la loro attività è influenzata negativamente da condizioni climatiche anormali, come periodi di fioritura brevi con temperature più basse del solito, oppure vento e piogge eccessive.

Quindi, per compensare ad una produzione di miele ridotta, alcuni apicoltori somministrano saccarosio e sciroppi alle colonie d'api, ma si è osservato che questi, a lungo termine, vanno ad alterare la composizione zuccherina del miele (Nisbet et al. 2018).

Un altro metodo consiste nel raccogliere il miele immaturo per venderlo come miele maturo. Quest'ultimo per diventare tale ci impiega dai 7 ai 15 giorni, possiede un contenuto d'acqua inferiore al 20% e un alto grado Baume. Al contrario, il miele immaturo, oltre a possedere un contenuto d'acqua superiore al 20% e un grado Baume inferiore, è ottenuto lavorando il miele prima che questo abbia raggiunto l'adeguato grado di maturità. E oltre a possedere un basso valore nutritivo, è caratterizzato anche da una shelf life più breve dovuta alla sua predisposizione a fenomeni fermentativi e di deterioramento.

Per smascherare questa frode, Cina ed Europa hanno stabilito per il miele uno standard di qualità che prevede un contenuto di saccarosio inferiore a 59g/100g. Infatti, nel miele immaturo lo troviamo in quantità superiori, poiché l'enzima invertasi non è riuscito a convertire la maggior parte del saccarosio nelle sue due componenti: glucosio e fruttosio (Kamal et al. 2019).

Il miele non può essere sottoposto a trattamenti termici ad elevata temperatura come la concentrazione o la pastorizzazione a 55°C, perché possono alterare la sua composizione, con conseguente perdita dei polifenoli e dei fenoli volatili. Esso va conservato in un luogo fresco, asciutto e ventilato, evitando l'esposizione diretta alla luce solare (da Silvia et al. 2016). Per verificare se è stata effettuata un'adeguata conservazione e che il prodotto non sia stato sottoposto a trattamenti termici è sufficiente analizzare dei parametri, tra cui la quantità di HMF<sup>18</sup>. Questa sostanza deve essere presente in quantità inferiori a 40mg/kg, poiché viene prodotta in seguito a trattamenti termici con temperature elevate e in seguito ad una conservazione del miele non corretta (Codex Standard 2011<sup>19</sup>; Tsagkaris et al. 2021; Wu et al. 2017).

---

<sup>18</sup> 5-idrossimetilfurfurale.

<sup>19</sup> <https://www.fao.org/3/x4616e/x4616e0b.htm>

## 5. GLI ADULTERANTI DEL MIELE

Gli zuccheri a basso costo e gli sciroppi commerciali sono le sostanze più utilizzate per effettuare l'adulterazione del miele. L'obiettivo è quello di ottenere un prodotto con caratteristiche il più simile possibile al miele naturale; infatti, la scelta relativa a quale tipologia di zucchero o sciroppo zuccherino utilizzare, viene effettuata considerando non solo le caratteristiche fisiche del miele da imitare, ma anche la regione d'origine di quest'ultimo, l'accessibilità agli zuccheri o ai dolcificanti e il beneficio economico che si può trarre vendendo il prodotto adulterato come se fosse un miele di valore.

Con la pratica dell'adulterazione, vengono modificate le proprietà chimiche e biochimiche del miele, la composizione e le sue attività enzimatiche.

Di seguito vengono riportati alcuni tra gli zuccheri e gli sciroppi zuccherini più utilizzati come adulteranti per il miele e le rispettive caratteristiche.

In particolare, per valutare la tossicità a breve termine di ciascuno di essi, viene riportata la dose letale ( $LD_{50}$ ). Essa rappresenta la quantità necessaria da assumere per provocare la morte del 50% della popolazione animale utilizzata per fare il test. In questo caso, sono stati utilizzati dei ratti per condurre i test necessari a ottenere le dosi letali delle varie sostanze riportate qui di seguito (Fakhlaei et al. 2020).

### 5.1 ZUCCHERO DI CANNA

Lo zucchero di canna è costituito dal disaccaride saccarosio. Il saccarosio a sua volta è formato da due monosaccaridi, glucosio e fruttosio, legati da un legame glicosidico.

Viene impiegato sia nei metodi di adulterazione diretti che in quelli indiretti.

La dose letale acuta di questo zucchero è 29.700 mg/kg di peso corporeo; cioè quasi 30g/kg.

## 5.2 SCIROPPO DI MAIS

Anche chiamato sciroppo di mais ad alto contenuto di fruttosio (HFCS<sup>20</sup>), si presenta come una sostanza liquida, viscosa, inodore, incolore e molto più densa dell'acqua.

Il fruttosio contenuto in questo sciroppo non può essere utilizzato istantaneamente per generare energia, ma bensì viene immagazzinato nel fegato sotto forma di grasso o glicogeno. Perciò l'elevata quantità di fruttosio apportata da questo sciroppo non porta benefici al nostro corpo.

Lo sciroppo di mais ad alto contenuto di fruttosio è lo sciroppo zuccherino più utilizzato per adulterare il miele. Dal punto di vista commerciale viene categorizzato in tre tipologie: F42 (42% fruttosio, 53% glucosio), F55 (55% fruttosio, 42% glucosio) e F90 (90% fruttosio, 10% glucosio) (Zhang et al. 2023).

La dose letale acuta di questo sciroppo è 15 g/kg di peso corporeo; ma se considerato come base secca, il limite al di sopra del quale si ha un effetto acuto nelle persone è 0,9 g/kg di peso corporeo.

## 5.3 ZUCCHERO DI PALMA

Lo zucchero di palma è un dolcificante naturale con un basso indice glicemico, composto principalmente da saccarosio, glucosio e fruttosio.

Poiché le componenti presenti in maggiore quantità sono saccarosio e glucosio, la dose letale dello zucchero di palma si basa sulle dosi letali di ciascuno di questi due componenti. Infatti, la dose letale è di 29 g/kg per peso corporeo per quanto riguarda il saccarosio. Invece, la dose letale riferita al glucosio è 25 g/kg di peso corporeo.

## 5.4 ZUCCHERO INVERTITO

Lo zucchero invertito (IS<sup>21</sup>) è prodotto per scissione del saccarosio nelle sue due componenti base: glucosio e fruttosio. Questo zucchero si può ricavare dalla barbabietola da

---

<sup>20</sup> High fructose corn syrup.

<sup>21</sup> Invert sugar.

zucchero e dalla canna da zucchero ed ha la capacità di imitare perfettamente il contenuto zuccherino del miele puro.

Viene molto utilizzato anche lo sciroppo invertito di barbabietola da zucchero, poiché oltre ad imitare il saccarosio presente nel miele, risulta difficile da rilevare.

Considerando che lo zucchero invertito è una miscela di fruttosio e glucosio, per stabilire la sua dose letale viene considerata quella del glucosio, che corrisponde a 29.700 mg/kg di peso corporeo, e quella del fruttosio, che è pari a 25.000 mg/kg di peso corporeo.

## 5.5 SCIROPPO DI RISO

Lo sciroppo di riso (RS<sup>22</sup>) viene ottenuto dall'idrolisi dei polisaccaridi presenti nel riso e contiene tre zuccheri: il maltotriosio (52%), il maltosio (45%) e il glucosio (3%).

Spesso, negli alimenti biologici viene utilizzato HFCS al suo posto; ma l'utilizzo dello sciroppo di riso desta importanti preoccupazioni tra i ricercatori, poiché è stato osservato che possiede un alto contenuto di arsenico, il quale deriva dal riso utilizzato per la sua produzione. Ad esempio, i formulati per bambini che contengono sciroppo di riso integrale biologico (OBRS<sup>23</sup>) presentano appunto un incremento del livello di arsenico, al di sopra dello standard stabilito per l'acqua potabile; ma non esiste nessun regolamento che possa controllare questo scenario particolare.

Nonostante la sua composizione, agisce nel nostro corpo esattamente come il glucosio; perciò, la sua dose letale corrisponde a quella di questo monosaccaride e cioè a 25.800 mg/kg di peso corporeo.

## 5.6 SCIROPPO DI INULINA

L'inulina è un polisaccaride naturale appartenente alla classe dei fruttani. È costituito da una serie di residui di fruttosio che si uniscono a formare una catena, al termine della quale è collegata ad una molecola di glucosio. Il modo in cui le molecole di fruttosio sono legate tra loro, determina la tipologia di fruttano.

---

<sup>22</sup> Rice syrup.

<sup>23</sup> Organic brown rice syrup.

Se si aggiunge questo sciroppo in un campione di miele in diverse proporzioni (5, 10 e 20% peso su peso), è possibile simulare l'adulterazione del miele e studiarne le caratteristiche. A tal proposito è stato osservato che i classici test tossicologici non sono sufficienti per rilevarne la presenza; ciò si è verificato anche nel momento in cui sono state utilizzate dosi più elevate sugli animali.

Il valore della dose letale di questo sciroppo si riferisce a quello del fruttosio, del glucosio e del saccarosio, che sono rispettivamente 25.800 mg/kg, 29.700 mg/kg e 29.700 mg/kg di peso corporeo.

## 6. CONCLUSIONI

Il miele è un alimento che può apportare diversi benefici alla salute. Tuttavia, è fondamentale condurre ulteriori studi in merito alle sue proprietà, in modo da poter comprendere meglio le potenziali applicazioni terapeutiche in cui può essere coinvolto; ma è ancora più fondamentale riuscire ad individuare e studiare i composti attivi presenti. Ciò permetterebbe di comprenderne meglio i meccanismi d'azione, rendendo così possibile lo sviluppo di un farmaco.

È importante però prestare attenzione alla problematica del miele adulterato, che può causare effetti tutt'altro che benefici alla nostra salute. Purtroppo, il consumatore non è in grado di distinguere un miele adulterato da uno naturale ed essendo questa una pratica sempre più diffusa è necessario aumentare gli investimenti in merito ai controlli.

Un altro fattore che è necessario sviluppare in maniera più appropriata, riguarda i metodi utilizzati per smascherare questa frode, che possono risultare inefficienti davanti a nuove tecniche di adulterazione.



## 7. BIBLIOGRAFIA

Akyıldız, I.E., Uzunoner, D., Raday, S., Acar, S., Erdem, O., Damarlı, E. (2022). Identification of the rice syrup adulterated honey by introducing a candidate marker compound for Brown rice syrups. *LWT - Food Science and Technology*, 154, Article 112618.

Alvarez-Suarez, J.M., Gasparri, M., Forbes-Hernández, T.Y., Mazzoni, L., Giampieri, F. (2014). The composition and biological activity of honey: A focus on Manuka honey. *Foods*, 3, 420–432.

Arise, R.O., Malomo, S.O. (2009). Effects of ivermectin and albendazole on some liver and kidney function indices in rats. *Afr. J. Biochem. Res.*, 3, 190–197.

Astolfi, M.L., Conti, M.E., Ristorini, M., Frezzini, M.A., Papi, M., Massimi, L., Canepari, S. (2021). An analytical method for the biomonitoring of mercury in bees and beehive products by cold vapor atomic fluorescence spectrometry. *Molecules*, 26 (16), 4878.

Ayoub, W.S., Zahoor, R.I., Dar, A.H., Farooq, S., Mir, T.A., Ganaie, T.A., Srivastava, S., Pandey, V.K., Altaf, A. (2023). Exploiting the polyphenolic potential of honey in the prevention of chronic diseases. *Food Chemistry Advances* 3, 100373.

Beitlich, N., Koelling-Speer, I., Oelschlaegel, S., Speer, K. (2014). Differentiation of manuka honey from kanuka honey and from jelly bush honey using HS-SPME-GC/MS and UHPLC-PDA-MS/MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62, 6435–6444

Benedek, C., Zaukuu, J.L.Z., Bodor, Z., Kovacs, Z. (2021). Honey-based polyphenols: Extraction, quantification, bioavailability, and biological activities. *Plant-based functional foods and phytochemicals*, Apple Academic Press, (pp. 35–63).

Cagliani, L.R., Maestri, G., Consonni, R. (2022). Detection and evaluation of saccharide adulteration in Italian honey by NMR spectroscopy. *Food Control*, 133, Article 108574.

Cianciosi, D., Tamara Y.F.H., Ansary, J., Gil, E., Amici, A., Bompadre, S., Simal-Gandara, S., Giampieri, F., Battino, M. (2020). Phenolic compounds from Mediterranean foods as nutraceutical tools for the prevention of cancer: The effect of honey polyphenols on colorectal cancer stem-like cells from spheroids *Food Chemistry*, 325, 126881.

Ciursa, P., Pauliuc, D., Dranca, F., Ropciuc, S., Oroian, M. (2021). Detection of honey adulterated with agave, corn, inverted sugar, maple and rice syrups using FTIR analysis. *Food Control*, 130, Article 108266.

Codex Standard, (2001). Revised codex standard for honey, 12-1981, Rev. 1 (1987), Rev. 2 (2001). In (Vol. 12, pp. 1-7). <https://www.fao.org/3/x4616e/x4616e0b.htm>

Czipa, N., Borbély, M., Győri, Z. (2012). Proline content of different honey types. *Acta Alimn.*, 41, 26–32.

Das, A., Mukherjee, A., Dhar, P. (2013). Characterization of antioxidants and antioxidative properties of various unifloral honeys procured from West Bengal, India. *IOSR-JESTFT*, 7(3):56–63.

da Silva, P.M., Gauche, C., Gonzaga, L.V., Costa, A.C.O., Fett, R. (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196, 309–323.

Devi, A., Jangir, J., Anu-Appaiah, K. (2018). Chemical characterization complemented with chemometrics for the botanical origin identification of unifloral and multifloral honeys from India. *Food Research International*, 107, 216–226.

Fakhlai, R., Selamat, J., Khatib, A., Razis, A.F.A., Sukor, R., Ahmad, S., Babadi, A.A. (2020). The Toxic Impact of Honey Adulteration: A Review. *Foods*, 9(11), 1538.

Garro-Mellado, L., Guerra-Hernández, E., García-Villanova, B. (2022). Sugar content and sources in commercial infant cereals in Spain. *Children*, 9(1), 115.

Geana, E.I., Ciucure, C.T., Costinel, D., Ionete, R.E. (2020). Evaluation of honey in terms of quality and authenticity based on the general physicochemical pattern, major sugar composition and  $\delta^{13}\text{C}$  signature. *Food Control*, 109, Article 106919.

Huang, T.K., Chuang, M.C., Kung, Y., Hsieh, B.C. (2021). Impedimetric sensing of honey adulterated with high fructose corn syrup. *Food Control*, 130, Article 108326.

Huang, W., Song, B., Liang, J., Niu, Q., Zeng, G., Shen, M., Zhang, Y. (2021). Microplastics and associated contaminants in the aquatic environment: A review on their ecotoxicological effects, trophic transfer, and potential impacts to human health. *Journal of Hazardous Materials*, 405, Article 124187.

Iftikhar, A., Nausheen, R., Mukhtar, I., Iqbal, R.K., Raza, A., Yasin, A., Anwar, H. (2022). The regenerative potential of honey: A comprehensive literature review. *Journal of Apicultural Research*, 1–16.

Irish, J., Blair, S., Carter, D.A. (2011). The Antibacterial Activity of Honey Derived from Australian Flora. *PLOS ONE*, 6(3): e18229

Kamal, M.M., Rashid, M.H.U., Mondal, S.C., El Taj, H.F., Jung, C. (2019). Physicochemical and microbiological characteristics of honey obtained through sugar feeding of bees. *Journal of Food Science and Technology*, 56, 2267-2277.

Khalil, M.I., Sulaiman, S.A., Boukraa, L. (2010). Antioxidant properties of honey and its role in preventing health disorder. *Open Nut J* 3:6–16

Kunat-Budzynska, M., Rysiak, A., Wiater, A., Graz, M., Andrejko, M., Budzynska, M., Brys, M.S., Sudzinski, M., Tomczyk, M., Gancarz, M., Rusinek, R., Ptaszynska, A.A. (2023). Chemical Composition and Antimicrobial Activity of New Honey Varietals. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 20(3), 2458.

Li, S., Zhang, X., Shan, Y., Su, D., Ma, Q., Wen, R., Li, J. (2017). Qualitative and quantitative detection of honey adulterated with high-fructose corn syrup and maltose syrup by using near-infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 218, 231–236.

Lianda, R.L.P., Sant'Ana, L.D., Echevarria, A., Castro, R.N. (2012). Antioxidant activity and phenolic composition of Brazilian honeys and their extracts. *J Braz Chem Soc*, 23(4):618–627.

Nisbet, C., Kazak, F., & Ardali, Y. (2018). Determination of quality criteria that allow differentiation between honey adulterated with sugar and pure honey. *Biological Trace Element Research*, 186, 288–293.

Perez-Gregorio, R., Soares, S., Mateus, N., de Freitas, V. (2020). Bioactive peptides and dietary polyphenols: Two sides of the same coin. *Molecules*, 25(15), 3443.

Qu, L., Jiang, Y., Huang, X., Cui, M., Ning, F., Liu, T., Gao, Y., Wu, D., Nie, Z., Luo, L. (2019). High-throughput monitoring of multiclass syrup adulterants in honey based on the oligosaccharide and polysaccharide profiles by MALDI mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67, 11256–11261.

Rajindran, N Wahab, R.A., Huda, N., Julmohammad, N., Shariff, A.H.M., Ismail, N.I., Huyop, F. (2022) Physicochemical Properties of a New Green Honey from Banggi Island, Sabah *Molecules*, 27(13), 4164.

Rodopoulou, M.A., Tananaki, C., Kanelis, D., Liolios, V., Dimou, M., Thrasyvoulou, A.A. (2022). Chemometric approach for the differentiation of 15 monofloral honeys based on physicochemical parameters. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102, 139–146.

Samat, S., Kanyan Enchang, F., Nor Hussein, F., Wan Ismail, W.I. (2017). Four-week consumption of Malaysian honey reduces excess weight gain and improves obesity-related parameters in high fat diet induced obese rats. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 9,1342150.

Se, K.W., Wahab, R.A., Syed Yaacob, S.N., Ghoshal, S.K. (2019). Detection techniques for adulterants in honey: Challenges and recent trends. *Journal of Food Composition and Analysis*, 80, 16–32.

Tsagkaris, A.S., Koulis, G.A., Danezis, G.P., Martakos, I., Dasenaki, M., Georgiou, C.A., Thomaidis, N.S. (2021). Honey authenticity: Analytical techniques, state of the art and challenges. *RSC Advances*, 11, 11273–11294.

Wang, S., Guo, Q., Wang, L., Lin, L., Shi, H., Cao, H., Cao, B. (2015). Detection of honey adulteration with starch syrup by high performance liquid chromatography. *Food Chemistry*, 172, 669–674.

Wu, L., Du, B., Vander Heyden, Y., Chen, L., Zhao, L., Wang, M., Xue, X. (2017). Recent advancements in detecting sugar-based adulterants in honey-A challenge. *Trends in Analytical Chemistry*, 86, 25–38.

Yayinie, M., Atlabachew, M., Tesfaye, A., Hilluf, W., Reta, C. (2021). Quality authentication and geographical origin classification of honey of Amhara region, Ethiopia based on physicochemical parameters. *Arabian Journal of Chemistry*, 14, Article 102987.

Zhang, X.H., Gu, H.W., Liu, R.J., Qing, X.D., Nie, J.F. (2023). A comprehensive review of the current trends and recent advancements on the authenticity of honey. *Food Chemistry X* 19, 100850.