



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE ALIMENTARI

L'OLIO DI AVOCADO: UN PRODOTTO DALLE
MOLTEPLICI RISORSE

AVOCADO OIL: A PRODUCT WITH MANY
PROPERTIES

TIPO TESI: compilativa

Studente:
LAURA GIORGI

Relatore:
PROF. PATRICIA CARLONI

ANNO ACCADEMICO 2020-2021

A mia sorella Alice,
che ha sempre creduto in me.
Ai miei genitori,
per essere stati sempre al mio fianco.
A mia nipote Aurora,
gioia di casa.
A tutte le persone a me care,
amici e parenti,
che mi hanno supportato in questo percorso di studi.
A me stessa,
ai traguardi raggiunti e ai grandi sogni ancora da realizzare.

SOMMARIO

SOMMARIO.....	3
INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI.....	4
CAPITOLO 1 CARATTERISTICHE GENERALI DEL FRUTTO DI AVOCADO E VARIETÀ DELLA PIANTA	6
CAPITOLO 2 METODI DI ESTRAZIONE DELL'OLIO DI AVOCADO.....	12
2.1 Estrazione con solvente.....	14
2.2 Estrazione meccanica a freddo.....	17
2.3 Metodi di pretrattamento della polpa	20
2.4 Estrazione con ultrasuoni	23
2.5 Estrazione con enzimi	25
2.6 Estrazione con CO2 supercritica o subcritica	26
2.7 Raffinazione.....	27
CAPITOLO 3 COMPOSIZIONE DELL'OLIO DI AVOCADO	29
3.1 Dipendenza dalla varietà e dall'origine geografica (tipo di frutto).....	37
3.2 Dipendenza dei metodi di estrazione	39
3.3 Stress ossidativo.....	40
CAPITOLO 4 UTILIZZI E DENOMINAZIONE OLIO DI AVOCADO.....	43
4.1 Proprietà benefiche	46
4.2 Denominazione e standard commerciali	49
CONCLUSIONE.....	52
BIBLIOGRAFIA.....	53

INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI

Alla base di questo studio vi è l'analisi chimica e tecnologica dell'olio di avocado, un prodotto sempre più richiesto nel mercato europeo e mondiale. In particolare si è posta l'attenzione sulle differenti tecniche di estrazione e metodologie di processo utilizzate per la sua produzione, e sulle molteplici proprietà qualitative che lo caratterizzano.

Negli ultimi anni l'attenzione dei consumatori si è maggiormente indirizzata verso prodotti alimentari salutari e ricchi di composti bioattivi, come vitamine e antiossidanti, che apportano benefici alla salute umana. L'avocado e l'olio da esso estratto rispecchiano a pieno queste caratteristiche, ed il loro utilizzo è sempre più in voga, soprattutto in Italia. L'olio in particolare è già largamente utilizzato nell'industria cosmetica e alimentare, tuttavia risulta ancora poco conosciuto il suo consumo come alimento in sé. Grazie alle sue proprietà nutritive può essere infatti un valido sostituto all'olio di oliva, prodotto base della dieta Mediterranea, e risulta una fonte di grassi e vitamine ottimale per chi decide di intraprendere una dieta vegetariana o vegana. Ciò mi ha spinto a scegliere e ad approfondire questa tematica.

La tesi è articolata in 4 capitoli: nel primo capitolo sono state descritte brevemente le caratteristiche generali del frutto e della pianta di avocado e sono state indicate le varietà più adatte per la produzione di olio. Il secondo capitolo è invece incentrato sulla tecnologia di produzione e trasformazione dell'olio; è stato quindi effettuato uno studio approfondito sulle differenti tecniche di estrazione e di pretrattamento, e alcune di queste metodiche sono state messe a confronto ponendo l'attenzione su specifici parametri la cui variazione va a influenzare le caratteristiche definitive dell'olio estratto. Nel terzo capitolo è stato analizzato il profilo chimico dell'olio ed è stato approfondito lo studio dei particolari composti funzionali

che lo caratterizzano; sono stati anche messi in evidenza alcuni fattori che determinano le variazioni nella composizione chimica, come la tipologia del frutto e la tecnologia di estrazione. Infine nel quarto ed ultimo capitolo sono state definite le sue molteplici possibili applicazioni, in campo alimentare e non, e le sue numerose proprietà benefiche. Inoltre, è stato effettuato un breve studio sugli standard commerciali, ancora provvisori, e sulle modalità di classificazione dell'olio di avocado destinato all'uso culinario.

Capitolo 1

CARATTERISTICHE GENERALI DEL FRUTTO DI AVOCADO E VARIETÀ DELLA PIANTA

Persea Americana Mill, è una pianta tropicale che produce un frutto comunemente definito Avocado, che possiede innumerevoli proprietà e molteplici risorse. Ha origini antiche visto che il frutto era già alla base dell'alimentazione quotidiana delle popolazioni indigene Maya e Azteca. La scoperta delle Americhe e la successiva Colonizzazione spagnola delle civiltà precolombiane consentirono la sua diffusione in tutta Europa. Per analogia riferita alla forma dell'organo maschile, il frutto veniva chiamato dal popolo Azteca *Ahuacatl*, che significa testicolo. In seguito, la parola fu adattata dalla lingua spagnola in *Ahuacate*, da cui deriva appunto il nome Avocado ancora oggi utilizzato.

L'avocado appartiene alla famiglia delle Lauracee, piante arboree dell'ordine delle Laurales, diffuse prevalentemente nelle regioni tropicali e sud tropicali.

L'albero è sempreverde, di media taglia e può arrivare fino a 18 metri di altezza. Le foglie sono generalmente ovali e lanceolate e assumono una colorazione verde brillante, con gradazione più scura nella parte superiore della pianta. I fiori piccoli e bianchi appaiono a inizio primavera, per poi far spazio nella stagione seguente ai frutti, la cui maturazione si protrae per circa 9 mesi.



Figura 1.1 *Illustrazione scientifica di un esemplare della specie Laurus persea*

Il frutto è una drupa, larga circa 15 cm e di lunghezza variabile, dai 7 ai 33 cm. Esternamente assume una colorazione verde, con gradazioni differenti a seconda dello stadio di maturazione. Caratterizzato da un mesocarpo carnoso, racchiude in esso un unico grande seme di forma ovale. Questo è ricoperto da due sottili strati marroni, che celano il colore avorio che lo caratterizza e risultano duri e pesanti e possono essere assenti in alcuni frutti per la mancanza di impollinazione. La polpa invece è gialla e ha una consistenza burrosa. La buccia può essere spessa e flessibile, oppure fragile e sottile; le sue caratteristiche variano a seconda della razza della pianta presa in considerazione.

I principali ecotipi di avocado sono tre:

- Messicano (*Persea americana* var. *drymifolia*)
- Guatemalteca (*Persea americana* var. *guatemalensis* (L.O.Williams) o *Persea nubigena* var. *guatemalensis*)
- Indo-occidentale (*Persea americana* var. *americana*)

(Kumar, 2020)

Gli avocado della razza messicana sono di piccole dimensioni, e arrivano a un massimo di 250 g ciascuno. La buccia è liscia e sottile, e diventa verde lucido a maturità. Il contenuto di olio è alto, e può arrivare fino al 30 % della polpa. L'albero resiste maggiormente alle basse temperature rispetto agli altri ecotipi.

La razza guatemalteca è invece caratterizzata da frutti abbastanza grandi, di peso fino a 600 g ciascuno. La buccia è più spessa e ruvida. Il contenuto di olio varia tra l'8 e il 15 %, di poco più alto rispetto alla razza indo-occidentale in cui arriva a un massimo del 10 %.

I frutti appartenenti a quest'ultimo ecotipo sono di media taglia e caratterizzati da una buccia liscia e lucida.

Nel corso degli anni sono state selezionate le piante che presentano caratteristiche migliori e producono frutti di qualità superiore. Ciò ha comportato la diffusione di numerose varietà differenti. Quelle che sono ad oggi maggiormente commercializzate sono la Hass e la Fuerte.

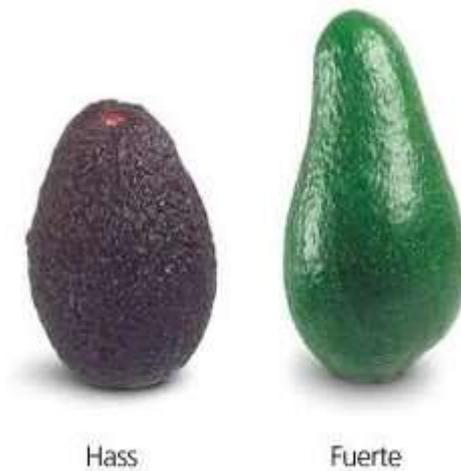


Figura 1.2 Frutti delle varietà Hass e Fuerte

La varietà *Fuerte* ha origine da una naturale ibridazione tra le razza messicana e quella guatemalteca e di fatto le sue caratteristiche sono intermedie tra i due ecotipi. Il frutto ha una forma allungata e la buccia è sottile e assume una colorazione verde brillante a maturazione.

Il peso varia tra i 180 e i 400 g. È molto apprezzato dai consumatori, probabilmente per la facilità con cui è possibile togliere la buccia dalla polpa.

A differenza della *Fuerte*, la varietà *Hass* ha dimensioni più piccole e il peso si aggira sui 200 g. La buccia esterna è verde e ruvida al tatto e una volta che il frutto è stato raccolto comincia a maturare sino a diventare molto scuro di colore quasi violaceo. Viene considerata la varietà migliore per il sapore intenso e per la polpa ricca e cremosa. Inoltre, lo strato esterno più spesso e rugoso rende questa tipologia di avocado più tollerabile ai disturbi post-raccolta. Questa varietà risulta quindi più comoda al trasporto, anche grazie alle sue piccole dimensioni. Un'altra importante caratteristica è l'elevato contenuto lipidico e pertanto i frutti della varietà *Hass* risultano particolarmente adatti per l'estrazione dell'olio.

La temperatura, il tipo di terreno, il vento e l'umidità sono fattori che influenzano ampiamente la produzione di questo frutto e solo una loro giusta combinazione consente di ottenere un'ottima resa. In particolare, l'avocado necessita di una buona esposizione al sole e alla luce e ha un elevato fabbisogno idrico, di gran lunga superiore rispetto ad altre colture. Inoltre, per avere una resa maggiore, vengono spesso adottati sistemi di coltivazione intensivi e monocolturali che richiedono un'elevata quantità di acqua. Ciò comporta alti costi di produzione, ma soprattutto serie problematiche a livello ambientale.

L'avocado negli ultimi decenni ha acquisito una rilevante importanza nel mercato internazionale. La sua produzione, originariamente localizzata nel Puebla, stato centro-orientale del Messico, e diffusasi quindi in una vasta area dell'America Centrale, si è poi estesa in tutto il mondo. Attualmente si trovano importanti coltivazioni anche nel bacino del Mediterraneo come in Spagna e in Sicilia, ed anche nei paesi asiatici la produzione di questo frutto è in continua crescita. In accordo con la citazione (Kumar, 2020) "Avocados can be gateway fruit to the future in India" l'avocado può rivelarsi per i paesi in via di sviluppo, come l'India appunto, una nuova fonte di reddito e portare quindi beneficio alle popolazioni più povere. Ad oggi i maggiori produttori rimangono comunque il Messico, il Perù, la Repubblica

Domenicana, il Guatemala e il Cile. In questi paesi le condizioni climatiche e ambientali risultano ottimali per la crescita della pianta.

Di fatto però, in alcuni paesi come il Messico, il terreno subisce solitamente forti stress idrici e le risorse d'acqua scarseggiano anche per le popolazioni autoctone. Si è cercato quindi di rendere più sostenibile la coltivazione di questo frutto, soprattutto rispettando la stagionalità della pianta ed evitando di ricorrere a monocolture intensive, che oltre a un maggior stress idrico per il terreno, comportano il disboscamento di ampi territori e la perdita della biodiversità.

Lo sviluppo sostenibile infatti è un tema fortemente attuale e sono diverse le ricerche attuate per pianificare colture adeguate in termini ambientali, economici e sociali. Un esempio è il programma “Save and Grow” in cui viene illustrato un modello di sviluppo agricolo sostenibile. José Graziano da Silva, Direttore Generale della FAO, nella prefazione del programma sopracitato, sottolinea appunto la necessità di innovare i sistemi alimentari, ormai obsoleti, al fine di migliorare la produzione in termini di sostenibilità ambientale e sociale.

Le problematiche sopra indicate sono una diretta conseguenza delle pressioni del mercato internazionale. Negli ultimi anni la richiesta di questo frutto è triplicata. Il suo utilizzo è diventato una vera e propria moda.

Definito anche “Superfood”, l'avocado di fatto presenta eccellenti caratteristiche nutrizionali: è povero di zuccheri e ricco di grassi buoni quali gli Omega-3, apporta sali minerali come Magnesio e Potassio ed è una ricca fonte di vitamine E, C e beta-carotene. Inoltre, ha proprietà antiossidanti grazie alla presenza del Glutatione (GSH), un tripeptide che agisce contro i radicali liberi ed è infine caratterizzato da un elevato contenuto energetico: sono stimati circa 800 kJ per 100 g di porzione. (Cowan, 2016)

Risulta di conseguenza un alimento saziante ed un ottimo sostituto ai grassi di origine animale ed è per questo largamente utilizzato nelle diete vegetariane e vegane, in voga in questo periodo.

Dal punto di vista organolettico non ha un gusto dolce e viene spesso assimilato al burro per la sua morbida consistenza; è caratterizzato da un forte odore di noce, ed altrettanto intenso è il profumo emanato dalla pianta aromatica da cui deriva.

Inoltre, l'olio che se ne può estrarre, viene largamente utilizzato nell'industria alimentare e cosmetica come grasso vegetale. Oltre che per il suo aroma piacevole, infatti questo viene apprezzato per le sue proprietà benefiche e nutrizionali. Nel mercato internazionale la richiesta di questo derivato è aumentata ed in futuro, perfezionando i processi di estrazione e individuando nuove modalità di utilizzo, la sua commercializzazione continuerà sicuramente a crescere.

Capitolo 2

METODI DI ESTRAZIONE DELL'OLIO DI AVOCADO

Oltre ad essere utilizzato come cibo o come materia prima nell'industria alimentare, il frutto dell'avocado è anche ampiamente utilizzato per la produzione di olio.

Nella *Persea Americana* Mill, a differenza della maggior parte delle piante oleaginose, l'olio viene estratto dal mesocarpo e non dal seme, in quanto in esso la concentrazione di lipidi (circa 2%) risulta di gran lunga minore rispetto che nella polpa (circa 15-38%). Inoltre, nell'olio estratto dal seme di avocado è stata constatata la presenza di agenti epatotossici. (Tan, 2019)



Figura 2.1 *Struttura interna del frutto di avocado*

La polpa dell'avocado è formata principalmente da cellule di tessuto parenchimatico e da idioblasti. Le prime sono cellule caratterizzate da una sottile parete cellulare, con funzione di riserva, nelle quali i lipidi sono accumulati come piccole gocce disperse nel citoplasma. Gli

idioblasti invece sono cellule che differiscono per struttura da quelle del tessuto che le circonda. Essi sono caratterizzati da una parete cellulare più spessa e da dimensioni maggiori e al loro interno i lipidi vengono accumulati sotto forma di una singola grande sacca. La loro parete cellulare è costituita da due strati di cellulosa separati da uno strato di suberina, e risulta molto complessa.

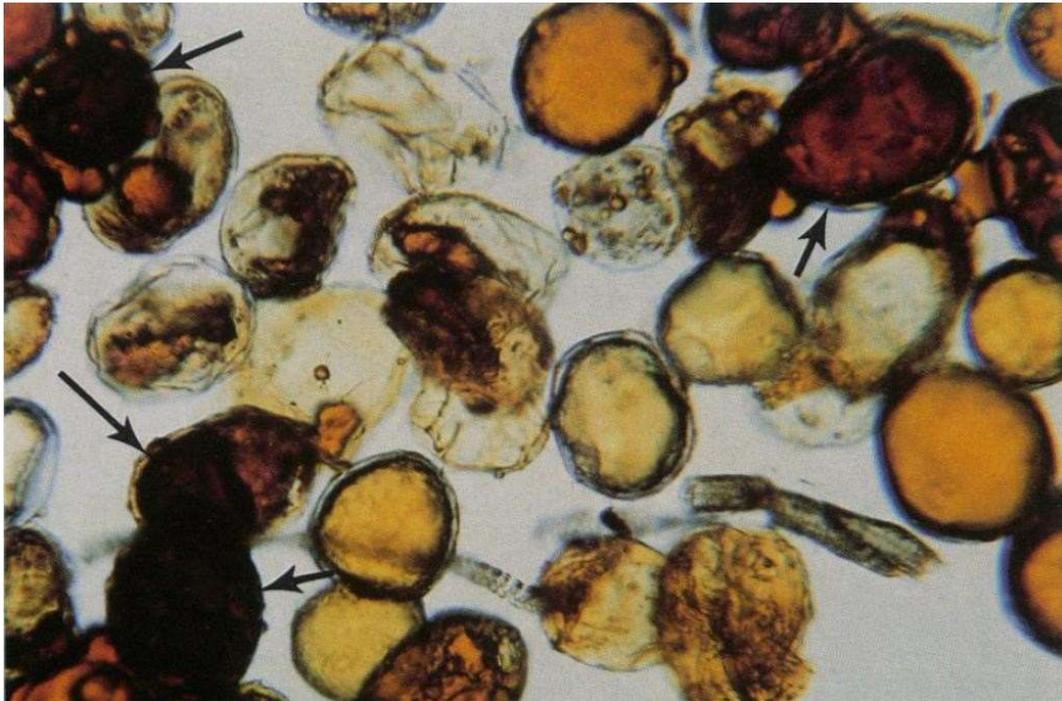


Figura 2.2 Idioblast oil cells

Questa morfologia rende più difficoltosa l'estrazione dell'olio dal frutto di avocado rispetto ad altri frutti come l'oliva. (da Silva Santos, 2020) Per questo motivo sono stati effettuati numerosi studi per determinare quale sia il metodo di estrazione maggiormente efficiente.

L'estrazione dell'olio dall'avocado può essere effettuata attraverso diversi processi di tipo fisico, chimico e biologico. L'estrazione fisica può prevedere diverse fasi tra cui la frantumazione, l'omogeneizzazione, la pressatura e la filtrazione della polpa; in seguito, mediante una centrifugazione, l'olio viene separato dall'acqua e dalle particelle solide rimaste in sospensione.

Per il metodo chimico invece vengono utilizzati dei solventi organici in grado di sciogliere la frazione lipidica e quindi di separare la componente oleosa dagli altri elementi costitutivi della polpa.

Infine, nell'estrazione biologica, raramente utilizzata, viene fatto uso di formulati enzimatici che determinano una sostanziale modificazione della struttura della matrice vegetale, solubilizzando la parete vegetale e favorendo, in tal modo, la fuoriuscita di olio dalla cellula.

2.1 Estrazione con solvente

Uno dei metodi tradizionalmente più utilizzati per l'estrazione di olio di avocado è l'estrazione con solvente.

L'olio di avocado può essere estratto mediante diversi solventi organici, come l'esano,

l'acetone e il metanolo. La scelta del solvente risulta di particolare importanza, in quanto può influenzare la qualità e la quantità di olio estratto.

Spesso l'estrazione dell'olio mediante solventi viene effettuata con l'ausilio del Soxhlet, uno strumento deputato all'estrazione dei lipidi in fase liquida da una matrice solida. Questo strumento è caratterizzato da tre parti fondamentali: un pallone a fondo rotondo, un estrattore ed un condensatore. L'estrattore vero e proprio è a sua volta costituito da due camere distinte che comunicano mediante due collettori; uno deputato al passaggio del solvente allo stato di vapore, l'altro è un sifone che riversa nel pallone l'estratto ottenuto. In particolare, il materiale solido, adeguatamente pretrattato, viene posto in un ditale costituito da una carta filtrante permeabile nei confronti

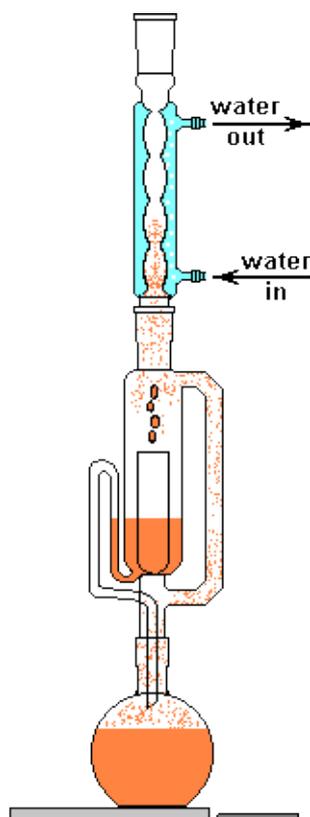


Figura 2.3 Estrattore Soxhlet

del solvente che viene poi collocato nella sezione centrale dell'estrattore. Il solvente invece viene posto nel pallone e portato ad ebollizione; da qui, per evaporazione, arriva al condensatore e ricade come condensato nella camera di estrazione. Quindi il solvente, carico di soluto, attraversa la carta filtrante e viene riversato nel pallone mediante il sifone laterale. In questo modo il soluto estratto resta nel pallone come precipitato, per poi essere recuperato a fine operazione con l'ausilio di un evaporatore.

L'estrazione con Soxlet viene utilizzata prevalentemente con solventi non polari quali l'esano, l'etere di petrolio o l'acetato di etile (Satriana, 2019)

Rispetto ad altri tipi di estrattori, il Soxhlet permette un ricircolo continuo di solvente "fresco" assicurando un'estrazione completa e non è necessario filtrare l'estratto dopo l'estrazione. Tuttavia, tale metodo presenta alcuni inconvenienti, come la necessità di utilizzare grandi quantità di solventi che producono rifiuti organici che necessitano di uno smaltimento costoso e il tempo necessario per l'estrazione che risulta notevolmente lungo. Inoltre, questo metodo non può essere completamente automatizzato e non permette l'estrazione di elevati volumi di olio.

Per questo motivo sono stati effettuati diversi studi con lo scopo di effettuare modifiche del metodo Soxhlet cercando di ridurre il tempo di estrazione e automatizzare l'apparato: alcune modifiche includono l'utilizzo di alte pressioni, microonde, o ultrasuoni. (Satriana, 2019)

Quando il Soxlet non viene utilizzato l'estrazione viene effettuata mediante il mescolamento della polpa di avocado tritata con un solvente che in genere presenta una maggiore polarità, e può essere eseguita a diverse temperature e per tempi diversi, che dipendono dal tipo di solvente usato. (Moreno, 2003)

In uno studio di Ortiz et al., per mezzo della microscopia ottica è stato possibile determinare come l'estrazione effettuata con diversi solventi modifichi la struttura cellulare del mesocarpo. Dopo l'estrazione infatti, sia con esano che con acetone, sia le cellule oleose idioblastiche che quelle parenchimali perdono il loro aspetto originale, ma l'estrazione effettuata con acetone è

quella che comporta un maggior cambiamento della struttura cellulare con una resa e una qualità dell'olio estratto notevolmente inferiori, in quanto l'acetone deteriora la parete cellulare, ma non consente la completa fuoriuscita dell'olio dalle cellule (Satriana, 2019).

Inoltre, anche in uno studio di Werman e Neeman (Satriana, 2019), l'estrazione con esano è risultata essere la più efficiente in termini di resa, rispetto all'utilizzo di altri solventi come l'etanolo o l'acetato di etile.

Tra i metodi di estrazione con solvente il metodo di estrazione mediante Soxhlet presenta differenti svantaggi. Per prima cosa un ciclo completo di estrazione richiede tempi molto lunghi. Inoltre, nel corso del processo, vengono prodotte grandi quantità di rifiuti organici, che richiedono alti costi di smaltimento essendo questi composti inquinanti, e possono comportare problematiche a livello ambientale. Per questo motivo tale tecnica non è ben vista dai consumatori, che sono sempre più indirizzati all'acquisto di prodotti alimentari sostenibili. Un altro svantaggio è l'utilizzo di alte temperature, che comportano una diminuzione della qualità dell'olio prodotto. In particolare il calore applicato al pallone di distillazione viene in parte esteso alla cavità di estrazione e quindi il sistema è mantenuto a una temperatura elevata. Inoltre, possono rimanere dei residui di solvente organico nell'olio estratto, ed è quindi a volte necessaria una raffinazione per eliminare le eventuali sostanze estranee e tossiche presenti.

I metodi di estrazione con solvente sono comunque molto importanti per quantificare il contenuto di olio nel frutto dell'avocado in quanto la polarità del solvente permette una efficace estrazione dell'olio. Pertanto, questi metodi sono utilizzati soprattutto per la caratterizzazione del contenuto totale di olio nel frutto, nonché per confrontare le rese di estrazione di altri metodi. Tuttavia, l'estrazione con solvente non viene molto utilizzata in ambito industriale a causa della necessità di recuperare il solvente che comporta alti costi di produzione (da Silva Santos, 2020).

2.2 Estrazione meccanica a freddo

Oggi giorno la produzione di oli di buona qualità, che conservino le proprietà funzionali e sensoriali, mediante metodi che siano ecologicamente ed economicamente sostenibili viene studiata sempre più frequentemente.

I metodi che utilizzano basse temperature, come il metodo di centrifugazione, vengono sempre più utilizzati e l'estrazione industriale dell'olio di avocado è diventata abbastanza simile a quella dell'olio d'oliva. L'estrazione a freddo dell'olio dalle olive è infatti un metodo molto diffuso, che viene utilizzato in particolare per la produzione di olio vergine, e questo metodo è attualmente molto utilizzato anche per la produzione di olio di avocado: spesso infatti gli impianti di estrazione delle olive vengono utilizzati per la produzione di olio di avocado, essendo il processo diverso solo per quanto riguarda la rimozione della pelle, la molitura e la formazione della pasta (malassificazione).

La prima operazione del processo di estrazione a freddo è il sistema di lavaggio, generalmente costituito da due fasi. Per prima cosa avviene l'immersione in acqua dei frutti interi tramite vasche o tamburi rotanti. In seguito i frutti vengono posti in un elevatore a tazze di plastica, dove subiscono un ulteriore lavaggio per aspersione, mediante getti d'acqua dolce. Questa procedura è volta ad eliminare polvere, contaminanti e residui pesticidi rimasti nella superficie della buccia.

Successivamente l'elevatore convoglia i frutti nella macchina deputata alla denocciolatura e alla pelatura. È infatti necessario eliminare dall'avocado il seme e la buccia, in quanto queste parti non devono essere utilizzate nella fase di estrazione dell'olio. Tuttavia è stato dimostrato che per avere un'elevata concentrazione di pigmenti, quali clorofille e carotenoidi, nell'olio prodotto, è utile mantenere una parte della pelle. È di fatto appurato che i pigmenti sono fondamentali per garantire l'intensità del colore verde all'olio, inoltre conferiscono stabilità ossidativa ed hanno effetti salutari (Costagli, 2015).

Nella fase successiva la polpa, con una percentuale variabile di buccia, viene convogliata in un frantoio a dischi. Questo macchinario permette la frantumazione dei filamenti di avocado e aiuta a degradare le cellule del mesocarpo contenenti olio. Inoltre, sminuzzando la piccola frazione di pelle, permette l'estrazione completa dei pigmenti. Si forma così una pasta fine ed omogenea, che viene in seguito pompata in un sistema di gramole (impastatrici).

Qui la pasta, all'interno di vasche in acciaio inossidabile dotate di una vite centrale, subisce un mescolamento lento e continuo e viene omogeneizzata. Questo processo, definito gramolatura, permette di rompere l'emulsione olio/acqua, così che le goccioline di olio si uniscono insieme per formare gocce più grandi, che sono più semplici da separare mediante centrifuga. Viene così migliorata la resa di estrazione.

È stato dimostrato che, per un processo ottimale, il tempo di gramolatura non deve superare i 90 minuti e la temperatura non deve essere inferiore ai 50 °C. In particolare, rispetto alle olive, l'olio di avocado si presenta in un'emulsione finemente dispersa all'interno delle cellule del mesocarpo, e richiede quindi un tempo più lungo e una temperatura più alta nel processo di gramolatura (Costagli, 2015).

Per incrementare l'olio prodotto, senza intaccare la sua qualità finale, in questa fase è possibile aggiungere ausili tecnologici come enzimi e microtalcio (da Silva Santos, 2020). Di fatto è citato: "Un test di laboratorio su olio di avocado durante l'estrazione meccanica ha mostrato un effetto positivo di un trattamento con enzimi amilasi o una miscela di α -amilasi e proteasi" (Costagli, 2015)

Inoltre, numerose ricerche condotte sull'utilizzo del microtalcio come ausilio tecnologico per l'estrazione dell'olio di avocado, hanno riscontrato degli effetti positivi. Questa sostanza infatti, grazie alle sue proprietà lipofile, garantisce una maggior riduzione dell'emulsione olio/acqua con un conseguente aumento dell'olio libero durante l'estrazione (da Silva Santos, 2020).

Successivamente, mediante pressatura, viene separata la frazione liquida dalla pasta di avocado. In questa fase possono essere utilizzati composti chimici, come formaldeide e cloruro di calcio, per aumentare la resa. Ciò però comporta una riduzione del valore nutrizionale e un aumento dei residui chimici nell'olio prodotto (Satriana, 2019).

La frazione liquida ricavata mediante la pressatura è composta da olio, acqua e particelle solide sospese. La fase successiva consiste quindi in una centrifugazione che permette di isolare la frazione lipidica. Tuttavia il metodo di estrazione a freddo può anche non prevedere la pressatura, e la fase di gramolatura può essere quindi seguita direttamente dal processo di separazione mediante centrifuga.

In particolare, le macchine applicate in questo processo sono centrifughe orizzontali rotative, che possono raggiungere fino a 40000 giri al minuto. Possono essere utilizzate centrifughe a due o a tre uscite. È stato dimostrato che nella versione a tre uscite, dove è necessaria l'aggiunta di un 10-20% di acqua, i composti fenolici migrano verso la frazione acquosa, con una conseguente diminuzione della loro concentrazione nell'olio prodotto. Inoltre l'acqua derivante da questo processo trasporta un gran quantitativo di materia organica e richiede quindi alti costi di smaltimento. È quindi preferibile il processo a due fasi, dove la quantità d'acqua generata come rifiuto è minore (da Silva Santos, 2020).

Entrambe le tipologie di centrifuga di decantazione sfruttano la forza centripeta per separare fasi con densità differenti. In questo modo la pasta di avocado viene divisa in tre fasi distinte: olio, acqua e particolato solido. L'olio estratto tuttavia contiene ancora una certa quantità di acqua. Allo stesso modo l'acqua separata dovrebbe contenere ancora una piccola parte di olio residuo. Di conseguenza entrambe le fasi liquide vengono inviate a un ulteriore processo di centrifugazione. In questo caso viene utilizzata una centrifuga verticale a dischi che permette la completa separazione dell'olio dall'acqua.

Come ultima fase di processo, a seguito della centrifugazione, l'olio di avocado può essere filtrato così da eliminare eventuali sostanze indesiderate rimaste. Questa fase mira a ridurre i

processi di idrolisi e fermentazione e quindi assicura il mantenimento qualitativo del prodotto nel corso dello stoccaggio (da Silva Santos, 2020).

Uno studio effettuato mediante Microscopia ottica ha analizzato i cambiamenti subiti dalla struttura cellulare del mesocarpo di avocado, a seguito del processo di estrazione a freddo. È stato dimostrato che sono state degradate solo le cellule parenchimatiche, mentre gli idioblasti sono rimasti intatti, e quindi non è stato sfruttato l'olio che si trova al loro interno (Satriana, 2019). Al contrario l'estrazione con Soxhlet permette di recuperare l'olio anche dagli idioblasti, in quanto i solventi organici riescono a penetrare totalmente le membrane e a venire a contatto diretto con i lipidi. Di conseguenza quest'ultimo metodo consente di produrre una quantità d'olio maggiore rispetto all'estrazione a freddo e risulta più efficiente in termini di resa.

2.3 Metodi di pretrattamento della polpa

Per consentire una produzione efficiente di olio di avocado senza modificare le caratteristiche qualitative che caratterizzano il frutto, si è cercato di studiare metodi che potessero migliorare la resa e la qualità dell'olio estratto.

In particolare è stato trovato che una fase di pretrattamento della polpa, che consiste nel disidratare il mesocarpo, può avere un tale effetto. Questo processo influenza notevolmente le condizioni chimico-fisiche dell'olio estratto, e permette di migliorarne la resa e la qualità. Di fatto riducendo il contenuto di umidità delle cellule del campione, ne vengono inattivate le attività enzimatiche e microbiologiche. Ciò permette di bloccare l'ossidazione dei lipidi, che può facilmente verificarsi a seguito della pelatura del frutto, e quindi migliorare la conservabilità dell'olio.

I metodi di pretrattamento più utilizzati sono l'essiccazione in forno ad aria, l'essiccazione al sole, la liofilizzazione e l'essiccazione a microonde.

In uno studio Krumreich et al. (Krumreich, 2018) sono stati esaminati gli effetti di due diverse procedure di essiccazione del mesocarpo, seguite o dall'estrazione con Soxhlet o dalla pressatura. È stato dimostrato che, rispetto all'essiccazione in aria calda, il pretrattamento mediante liofilizzazione permette di ottenere una resa in olio maggiore, pari al 57%. Ciò può essere dovuto alla formazione di una barriera fisica attorno alle cellule oleifere, per opera dell'aria calda, che comporterebbe una maggior resistenza al trasferimento di massa. Effettuando un processo di essiccazione ad aria calda, la resa in olio dipende invece dalle temperature utilizzate per l'essiccazione. In particolare è stato visto che l'estrazione mediante Soxhlet, preceduta da un pretrattamento con aria calda a 40° C, produce una percentuale di olio pari a 43.1 %, mentre, aumentando la temperatura del pretrattamento fino a 60° C, si raggiunge anche il 54,7% di olio estratto. I valori dell'indice dei perossidi, che indica il grado di ossidazione primaria dei lipidi, e di acidità dipendono sia dalle condizioni di pretrattamento che dal metodo di estrazione. In particolare è stato visto che i migliori valori di qualità dell'olio di avocado (basso indice di perossidi) sono stati ottenuti essiccando la polpa a 60 °C sotto vuoto ed estraendo successivamente l'olio mediante solvente. Questo in quanto l'assenza di ossigeno e l'inattivazione delle lipasi e delle lipossigenasi che avviene alla temperatura di 60°C portano ad una diminuzione sia della quantità di acidi liberi che di acidi ossidati. Gli acidi grassi liberi che si possono formare in seguito all'azione della lipasi sui trigliceridi, rappresentano un potenziale substrato per l'enzima lipossigenasi, caratterizzato da una spiccata azione ossidativa. Di conseguenza tali enzimi favoriscono l'ossidazione degli acidi grassi e una progressiva alterazione del prodotto. A 60° C questi enzimi vengono completamente inattivati, e quindi l'ossidazione lipidica viene rallentata (Krumreich, 2018).

Altri studi hanno inoltre dimostrato che il pretrattamento con microonde affiancato al processo di estrazione a freddo è risultato migliore rispetto l'utilizzo di un forno ad aria convenzionale, in quanto permette di preservare maggiormente il colore e il sapore della polpa di avocado (Tan, 2019).

Tale trattamento consiste nel posizionare uno strato uniforme di polpa nella piastra rotante di un forno a microonde, e nel riscaldarla a un livello di potenza elevato. Successivamente la polpa disidratata viene rimossa dalla piastra e pressata attraverso una maglia in tessuto. Utilizzando tale metodo, non sono state trovate differenze nella qualità dell'olio rispetto ad altri metodi di estrazione che utilizzano le microonde combinate all'estrazione con esano o acetone (da Silva Santos, 2020).

Altri studi hanno rilevato che mediante questa procedura è possibile estrarre il 67% di olio di avocado, quantità superiore rispetto a quella prodotta grazie all'estrazione con esano. Inoltre la combinazione di essiccazione a microonde e pressatura ha prodotto un olio con minor quantità di acidi e perossidi, e di conseguenza con una maggior stabilità ossidativa rispetto all'estrazione con solvente (Satriana, 2019).

Quando il pretrattamento mediante microonde viene usato in ausilio all'estrazione con Soxhlet, il vano porta-campione viene posto nella zona di irradiazione di un forno a microonde (Figura 2.4b). Mediante l'irradiazione si ottiene una rapida trasmissione di energia e un riscaldamento selettivo della miscela campione/solvente. Ciò permette di produrre un maggior quantitativo di olio in un tempo ridotto rispetto al metodo Soxhlet standard (Figura 2.4a). Tuttavia ciò non evita la perdita delle caratteristiche qualitative dovuta all'uso del calore.

L'estrazione con solvente assistita con microonde invece si rivela migliore da questo punto di vista in quanto l'olio che si ottiene contiene un quantitativo di metalli ossidanti minore rispetto a quello ricavato mediante Soxhlet.

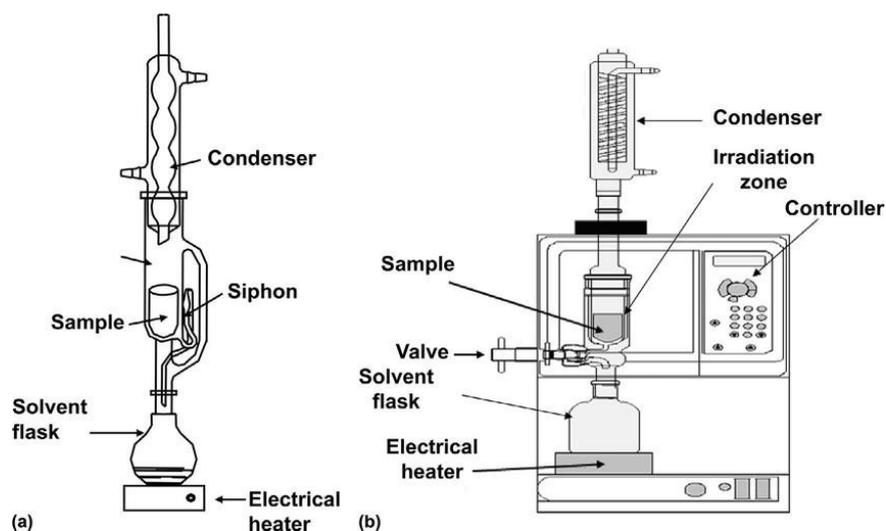


Figura 2.4 (a) Estrattore soxhlet convenzionale (b) Estrazione assistita con microonde

Degli studi hanno confrontato le prestazioni di vari metodi di estrazione assistiti con microonde, e la combinazione di essiccazione a microonde ed estrazione con solvente si è rivelata la più efficiente in termini di resa d'olio (Satriana, 2019).

2.4 Estrazione con ultrasuoni

L'estrazione con ultrasuoni è una tecnica innovativa che facilita l'estrazione di principi attivi dalla matrice vegetale. Può essere utilizzata in aiuto dei metodi convenzionali di estrazione dell'olio, al fine di aumentare la resa e la qualità del prodotto finale. In particolare per l'olio di avocado l'estrazione acquosa assistita da ultrasuoni (UAAE, Ultrasound-assisted aqueous extraction) risulta ottimale.

Questa tecnica consiste nel trasmettere ultrasuoni alla polpa di avocado che è stata precedentemente omogeneizzata e immersa in un bagno d'acqua. Gli ultrasuoni sono onde sonore ad alta frequenza prodotte mediante un trasduttore, che trasforma l'energia elettrica in vibrazioni meccaniche. Queste onde, attraversando il mezzo liquido, creano cicli di compressione ed espansione formando così all'interno della matrice vegetale delle microbolle di vapore instabili che implodono rilasciano energia. Grazie a questo fenomeno, definito

cavitazione, avviene la rottura delle pareti cellulari delle cellule oleifere del mesocarpo. In questo modo viene facilitata la penetrazione del solvente nella struttura cellulare e viene facilitata la fuoriuscita di olio e composti minori (Tan, 2019).

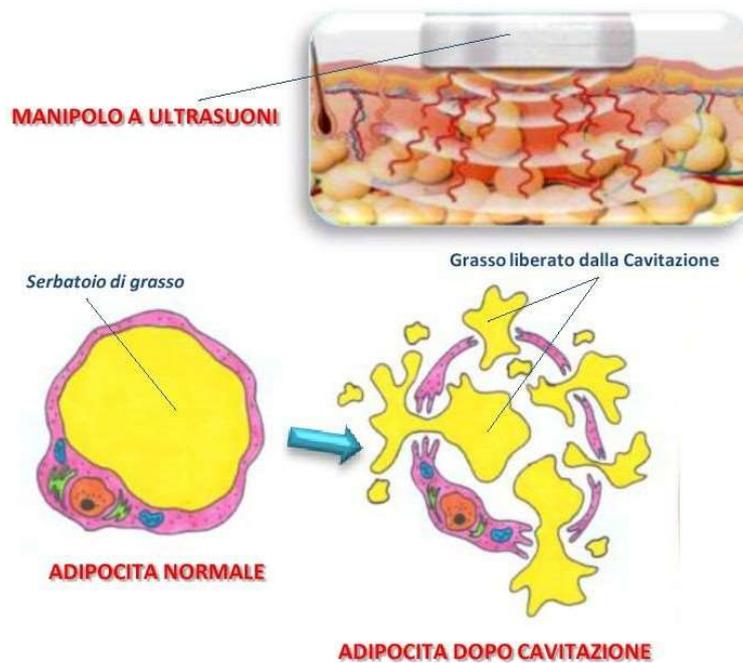


Figura 2.5 *Rappresentazione grafica della rottura della parete cellulare di un adipocita mediante il processo di cavitazione*

L'uso dell'energia ad ultrasuoni nel processo di estrazione presenta numerosi vantaggi. Primo fra tutti è l'aumento della resa, in quanto la degradazione cellulare permette il rilascio di un maggior quantitativo d'olio. Inoltre per lo stesso motivo diminuisce il tempo di estrazione, e quindi il processo risulta più efficiente. Conseguentemente la rapidità di estrazione riduce drasticamente i fenomeni ossidativi e fermentativi e quindi il prodotto ottenuto risulta più stabile. Infine, rispetto ad altri metodi convenzionali vengono utilizzate temperature di estrazione relativamente basse e ciò permette di preservare i composti bioattivi più termolabili e di produrre quindi un olio di qualità superiore (Flores, 2019).

2.5 Estrazione con enzimi

Un'altra tecnica che permette di incrementare il rilascio di olio dalle cellule nel corso del processo di estrazione è l'applicazione di formulati enzimatici.

La parete cellulare delle cellule vegetali è formata da una complessa struttura polimerica costituita principalmente da proteine e carboidrati quali amido, cellulosa, emicellulosa e pectine. Gli enzimi, idrolizzando questi componenti strutturali, consentono la degradazione della parete cellulare delle cellule oleifere e la conseguente fuoriuscita di olio e altri componenti intracellulari.

Questo metodo biologico è però raramente utilizzato per la produzione di olio di avocado in quanto l'elevato costo degli enzimi e la mancanza di un controllo del processo sono tra i fattori che ne ostacolano l'applicazione. Tuttavia esso presenta diversi vantaggi: per prima cosa non apporta alcuna problematica a livello ambientale, e viene quindi considerata una tecnica ecologica e sostenibile; inoltre il tempo richiesto per un ciclo di estrazione è breve e la resa in olio risulta maggiore rispetto ad altri metodi convenzionali.

Buenrostro e López-Munguía, in uno studio hanno analizzato l'efficienza di diversi enzimi nel processo di estrazione di olio vergine di avocado mediante centrifugazione. La massima resa in olio è stata ottenuta mediante l'utilizzo dell'enzima α -amilasi, mentre proteasi e cellulasi sono invece risultati enzimi meno efficienti: la maggior quantità di amido nella struttura cellulare del mesocarpo giustifica l'efficienza dell' α -amilasi che promuove la sua degradazione attraverso l'idrolisi dei legami α -1,4-glicosidici. Ciò evidenzia l'importanza della specificità dell'enzima utilizzato (Tan, 2019). Anche altri autori, analizzando questo particolare metodo, hanno osservato che la concentrazione e il tipo di enzima utilizzato, come anche il tempo di reazione e la percentuale d'acqua aggiunta, influenzano notevolmente la quantità di olio estratto. Inoltre è stato appurato che questa tecnica consente una produzione di olio fino a 25 volte maggiore rispetto al processo di centrifugazione non enzimatica (Flores, 2019).

2.6 Estrazione con CO₂ supercritica o subcritica

L'estrazione con fluido supercritico è una tecnica innovativa usata per estrarre lipidi da una matrice vegetale. Si basa sull'utilizzo di fluidi caratterizzati da proprietà chimico-fisiche intermedie tra un liquido e un gas, in quanto posti in condizioni di pressione e temperatura superiori al loro punto critico. Per questo tipo di applicazione sono stati studiati diversi solventi, come il butano, l'esano, e l'ossido nitroso, ma quello maggiormente utilizzato è l'anidride carbonica. Quest'ultima risulta ottimale come solvente nei processi di estrazione dell'industria alimentare. Di fatto è un gas non infiammabile, facilmente reperibile a costi contenuti, non rilascia residui nel prodotto finale rispetto ai solventi organici tradizionali e può essere riutilizzato nel corso del processo. Inoltre le temperature operative che necessita sono relativamente basse e semplici da raggiungere.

Uno studio ha messo a confronto oli di avocado estratti mediante tre metodi differenti: l'estrazione a freddo, l'estrazione mediante Soxhlet e l'estrazione con CO₂ supercritica. È stato dimostrato che sia dal punto di vista qualitativo, che quantitativo, l'estrazione mediante fluido supercritico è risultata la migliore. L'olio estratto mediante questa tecnica è infatti caratterizzato da un basso indice di acidità e da una bassa ossidazione degli acidi grassi insaturi rispetto agli altri metodi (Flores, 2019).

Tuttavia l'estrazione con CO₂ supercritica richiede l'utilizzo dell'alta pressione (72,9 - 500 bar) che può comportare alti costi d'esercizio.

Un'alternativa più economica a questo tipo di estrazione è l'estrazione subcritica. Questa tecnica ha lo stesso funzionamento ma opera ad una temperatura e ad una pressione minori di quelle critiche (31.1°C e 72,9 bar).

I due metodi sono stati messi a confronto ed è stato dimostrato che, a differenza dell'estrazione con CO₂ supercritica, l'olio estratto tramite CO₂ subcritica assume una colorazione più chiara e ha un minor contenuto di cere e resine. Tale tecnica, utilizzando

blande condizioni di estrazione, consente di trattenere però nell'olio la maggior parte dei composti bioattivi termicamente sensibili (Satriana, 2019).

Diversi studi hanno mostrato che utilizzando diverse condizioni operative si ottengono diverse rese di estrazione indicando probabilmente che diminuendo la pressione operativa, diminuisce anche il potere solvente della CO₂ (Tan, 2019), (Flores, 2019).

2.7 Raffinazione

L'olio di avocado destinato all'uso industriale nel settore cosmetico e farmaceutico necessita di un processo di raffinazione. Inoltre, anche l'olio utilizzato a scopo alimentare, se viene estratto mediante particolari metodi che rilasciano residui tossici, come l'estrazione con solvente, necessita di raffinazione al fine di ottenere un olio commestibile e privo di difetti.

Il processo di raffinazione consiste in una serie di operazioni distinte, ognuna delle quali apporta particolari modifiche. Per il singolo tipo di olio non è necessaria l'applicazione di tutte le operazioni; esse vengono selezionate in relazione ai difetti presenti.

Una fase tecnologica del processo di raffinazione è la decolorazione, che permette la rimozione di eventuali pigmenti presenti nell'olio, quali clorofille e carotenoidi. Infatti è stato osservato che l'olio di avocado grezzo assume una colorazione verdastria a causa dell'elevato contenuto di clorofilla e schiarisce fino a un colore giallo-verde dopo la raffinazione (Satriana, 2019). La rimozione dei pigmenti avviene mediante il processo fisico di adsorbimento. In particolare l'olio viene miscelato con terre decoloranti, quali argille attivate chimicamente o carboni attivi, e riscaldato a 90 °C circa per un tempo variabile. Una volta raffreddato, le terre vengono rimosse mediante filtrazione. Durante questo processo, sull'argilla vengono adsorbite anche altre impurità, come saponi, fosfolipidi e metalli.

Un'ulteriore rimozione di aromi, sostanze volatili e perossidi indesiderabili viene condotta mediante la fase di deodorizzazione. Questa operazione consiste in una distillazione in corrente di vapore sotto vuoto, per un tempo variabile di circa 60 minuti. Nel corso della

deodorazione vengono utilizzate temperature elevate variabili tra i 180 e 240 °C. Tali temperature possono deteriorare alcuni dei composti bioattivi caratteristici dell'avocado, e quindi comportare una riduzione del valore nutrizionale e della stabilità dell'olio prodotto. Secondo alcuni studi, la deodorizzazione può essere omessa, al fine di preservare alcuni componenti, come i fitosteroli, i tocoferoli e gli aromi naturali dell'olio, nonché per evitare la formazione di sostanze indesiderate, come gli acidi grassi trans e i triacilgliceroli polimerizzati e ossidati (Satriana, 2019).

Inoltre è consigliato evitare il processo di raffinazione per l'olio di avocado destinato al consumo culinario, per mantenerne le proprietà benefiche e per conservarne il caratteristico colore verde e i sapori e gli aromi naturali.

Capitolo 3

COMPOSIZIONE DELL'OLIO DI AVOCADO

L'olio di avocado è un prodotto largamente utilizzato nell'industria alimentare e cosmetica, ma negli ultimi anni ha suscitato interesse anche come prodotto base dell'alimentazione umana ed è sempre più apprezzato per le sue caratteristiche nutrizionali e benefiche. Di fatto è ricco di sostanze bioattive, che svolgono un ruolo di primaria importanza nella regolazione di diverse funzioni fisiologiche dell'organismo.

Dal punto di vista chimico l'olio di avocado può essere definito come una miscela eterogenea di lipidi, con prevalenza di trigliceridi.

Nutrient Profile for Avocado Oil^{5,6,7,8,9}	
Saturated fatty acids	
Palmitic acid	12.16 – 28.21%
Stearic acid	0.24 - 0.98%
Eicosanoic acid syn. Arachidic acid	0.07 - 0.18%
Monounsaturated fatty acids (70 to 77 %)	
Oleic acid	47.20 - 67.69 %
Palmitoleic acid (PA)	1.60 - 12%
Eicosenoic acid syn. gondoic acid	0.16 - 1.29%
Polyunsaturated fatty acids	
Linoleic acid	10.6 - 18.7%
Linolenic acid	0.72 - 2.14%
Unsaponifiable fraction (0.4-12.2%)	
Phytosterols 999.60 mg/kg of oil	b-sitosterol (822.9 mg/kg), campesterol (18.5 mg/kg), Δ-5-avenasterol (5.86-11.20 mg/kg), Δ-7-avenasterol (135.8 mg/kg), sitostanol (0.41-2.19 mg/kg), campestanol (0.04-0.43 mg/kg)
Tocopherols 36.73 - 130mg/kg of oil	alpha-tocopherol (36.73-103.11 mg/kg), γ-tocopherol (nd-20.35+ mg/kg), b-tocopherol (0.82-1.57 mg/kg), δ- tocopherol (0.04-0.08 mg/kg)

Figura 3.1 Profilo chimico olio di avocado

Valori nutrizionali e calorie dell' **olio di avocado**:

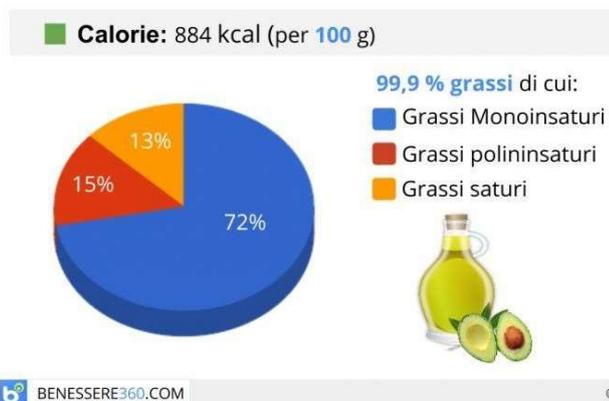


Figura 3.2 Diagramma circolare rappresentante la concentrazione relativa degli acidi grassi costituenti l'olio di avocado

La frazione lipidica dell'olio di avocado è costituita principalmente da acidi grassi monoinsaturi, che comportano benefici al sistema cardiovascolare e hanno effetti anti-infiammatori (Flores, 2019). Infatti, nella concentrazione relativa degli acidi grassi, quelli monoinsaturi (MUFA) vanno a costituire circa il 72% del totale; seguono gli acidi grassi polinsaturi (PUFA) con il 15%, mentre il restante 13% è caratterizzato da acidi grassi saturi (SFA). I principali acidi grassi presenti sono l'acido oleico, l'acido linoleico e l'acido palmitico.

Secondo alcuni studi, la proporzione relativa di acidi grassi è analoga a quella dell'olio di oliva, in cui predomina l'acido oleico (Krumreich, 2018).

Quest'ultimo è un acido carbossilico monoinsaturo, appartenente alla famiglia degli Omega-9, in quanto è costituito da una catena carbossilica dotata di un unico doppio legame carbonio/carbonio nella nona posizione. Tale acido è rinomato per i suoi effetti benefici; risulta infatti altamente stabile all'ossidazione, ed è in grado di incrementare l'azione degli agenti antiossidanti e anti-polimerizzanti (Tan, 2019). Inoltre lavora per ridurre il colesterolo totale e la lipoproteina a bassa densità (LDL), senza ridurre quella ad alta densità (HDL) (Krumreich, 2018).

Anche l'acido linoleico contribuisce al mantenimento dei livelli normali di colesterolo nel sangue. A differenza dell'oleico possiede due doppi legami e per questo è definito polinsaturo. Appartiene alla famiglia degli Omega-6 ed è un acido grasso essenziale in quanto il nostro organismo non è in grado di sintetizzarlo e deve quindi essere assunto mediante l'alimentazione o tramite integratori. L'acido palmitico invece è uno degli acidi grassi saturi più presenti in natura; non presenta doppi legami e non apporta particolari benefici alla salute umana essendo completamente saturo. Infatti, in accordo con il parere scientifico dell'EFSA riguardo i valori dietetici di riferimento, l'assunzione di grassi saturi dovrebbe essere limitata, e sostituita con acidi grassi mono e polinsaturi poiché come citato: "vi sono buoni motivi per ritenere che maggiori assunzioni di grassi saturi e grassi trans portino ad un aumento dei livelli di colesterolo nel sangue, il che può contribuire all'insorgenza di cardiopatie" (EFSA, 2010)

I lipidi possono essere classificati in saponificabili e insaponificabili. Nell'olio di avocado la frazione saponificabile è quella maggiormente presente, va a costituire circa il 98% della componente lipidica totale ed è costituita principalmente da trigliceridi.

I trigliceridi sono composti formati per esterificazione di una molecola di glicerolo con tre molecole di acidi grassi. I principali trigliceridi rilevati nell'olio di avocado vergine, sono: la trioleina (OOO: 31,88-32,80%), il palmitoil-dioleoil-glicerolo (POO: 23,39-24,80%), il palmitoil-linoleoil-oleoil-glicerolo (OLP: 11,14-12,31%), il linoleoil-dioleoil-glicerolo (LOO: 9,68-10,71%) e il dipalmitoil-oleoil-glicerolo (PPO: 9,20-10,78%) (Tan, 2019). (Flores, 2019). Tuttavia è risaputo che la composizione in trigliceridi dell'olio di avocado non è definita, ma può variare a seconda della specie varietale del frutto utilizzato.

Nel corso della maturazione post-raccolta dei frutti e della conservazione dell'olio, i trigliceridi possono essere idrolizzati ad opera di particolari enzimi. La loro idrolisi consiste nella rottura del legame tra il glicerolo e una o più catene di acidi grassi. Ciò comporta la formazione di acidi grassi liberi che aumentano l'acidità del prodotto. L'indice di acidità libera, espresso come percentuale di acido oleico, è infatti un parametro qualitativo utilizzato

per la classificazione degli oli vegetali. Più è alto il suo valore, più scadente è la qualità dell'olio.

L'olio di Avocado è costituito anche da una piccola percentuale di frazione lipidica insaponificabile e da altri composti. In particolare ne fanno parte i carotenoidi, le clorofille, i composti fenolici, i fitosteroli e i tocoferoli.

I carotenoidi sono dei pigmenti organici liposolubili, caratterizzati da una struttura tetraterpenica, formata dalla condensazione di più unità isopreniche. Tra i più importanti troviamo il beta-carotene, precursore della vitamina A e la luteina che apporta benefici alla salute degli occhi, riducendo la progressiva degenerazione maculare legata all'età (Wong, 2010). La loro concentrazione nell'olio di avocado viene influenzata dal metodo di estrazione utilizzato, in quanto sono composti altamente sensibili al calore.

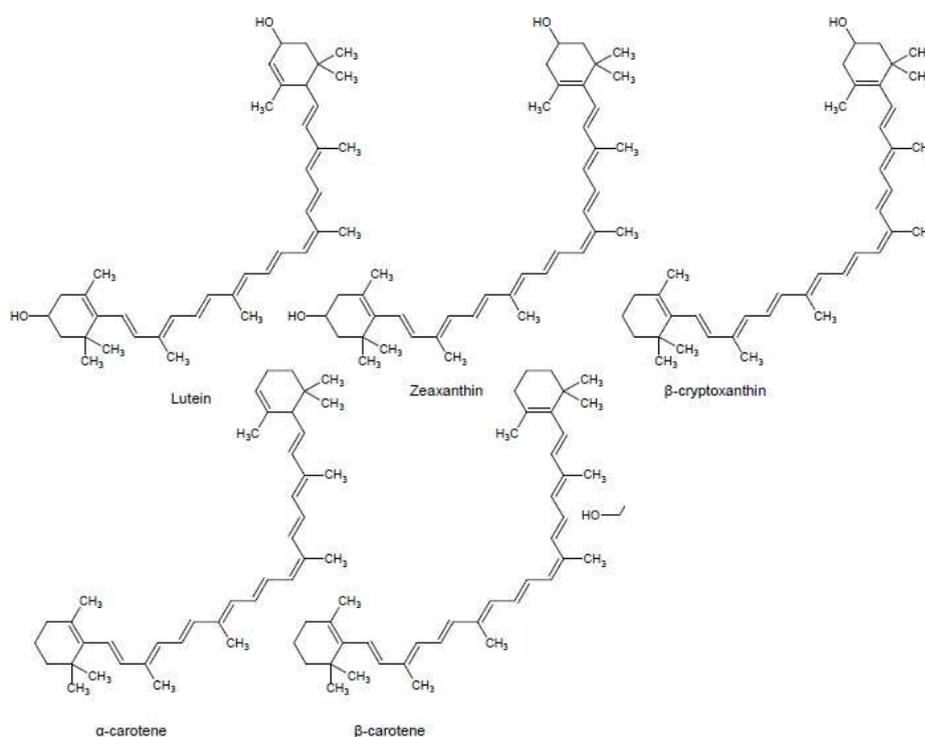


Figura 3.3 *Struttura dei carotenoidi contenuti nell'olio di avocado*

Nell'olio di avocado vergine estratto a freddo, mediante determinazione spettrofotometrica, sono stati rilevati diversi composti carotenoidi, tra cui: luteina (1,6 µg/g), neoxantina (0,2 µg/g), violaxantina (< 0,5 µg/g) e anteraxantina (< 0,5 mg/g) (Tan, 2019), mentre gli oli che hanno subito trattamenti termici a temperature superiori ai 50 °C risultano spesso privi di questi composti.

Riconosciuti principalmente per il loro effetto anticancerogeno e per le loro proprietà antiossidanti, i carotenoidi fungono anche da pigmenti accessori nel processo di fotosintesi. Consentono infatti di assorbire lunghezze d'onda differenti rispetto alla clorofilla e proteggono questa molecola dalla fotoossidazione. Infine sono responsabili della colorazione dell'olio e ne influenzano quindi l'aspetto qualitativo.

Altri pigmenti presenti nell'olio e che vanno a determinarne il colore sono le clorofille. Queste molecole sono formate da due parti principali: una "testa" costituita da un anello porfirinico, al cui centro è situato un atomo di magnesio, e una "coda" costituita da un composto idrofobo detto fitolo. Le clorofille hanno come funzione principale quella fotosintetica; sono infatti sostanze in grado di catturare l'energia dello spettro della luce visibile, e di utilizzarla per sintetizzare carboidrati a partire da sostanze inorganiche. In particolare assorbono la radiazione blu e quella rossa ma non assorbono e quindi riflettono le radiazioni con lunghezza d'onda compresa tra 500 e 600 nm: esse corrispondono al colore verde. Anche questi composti, come i carotenoidi, sono termolabili e quindi troviamo una loro maggior concentrazione negli oli che non hanno subito trattamenti ad alta intensità energetica. Di fatto l'olio estratto a freddo risulta caratterizzato da un colore verde smeraldo, a differenza dell'olio raffinato che vira maggiormente sul giallo. Tuttavia, per mantenere vivido il colore verde nel corso della shelf life, l'olio deve essere conservato al riparo dalla luce. Le clorofille infatti sono composti fotosensibili, che in presenza di ossigeno e a diretto contatto con la luce vengono facilmente degradati. Uno studio, mediante il metodo spettrofotometrico, ha rilevato nell'olio vergine di avocado un quantitativo di clorofilla compreso tra 1,23 e 69,8 mg/kg. È

stato inoltre dimostrato che, a seguito dell'esposizione alla luce fluorescente per 27 giorni, il contenuto totale di clorofilla nell'olio di avocado è diminuito del 18%, rispetto al valore originale (Tan, 2019).

I composti fenolici invece sono tutti quei composti aromatici caratterizzati da un anello benzenico a cui è legato un gruppo ossidrilico OH. Essi, come i carotenoidi, sono dei potenti agenti antiossidanti. Sono infatti in grado di proteggere le molecole organiche dall'attacco dei radicali liberi: in particolare donando un atomo di idrogeno ai perossiradicali, evitano che questi vadano a reagire con altri substrati e bloccano così il processo di ossidazione.

È stato appurato che la concentrazione dei composti fenolici nell'olio di avocado viene influenzata dal processo di raffinazione (Tan, 2019). Per questo la loro presenza può essere usata come indice di qualità per gli oli classificati come vergini ed extravergini.

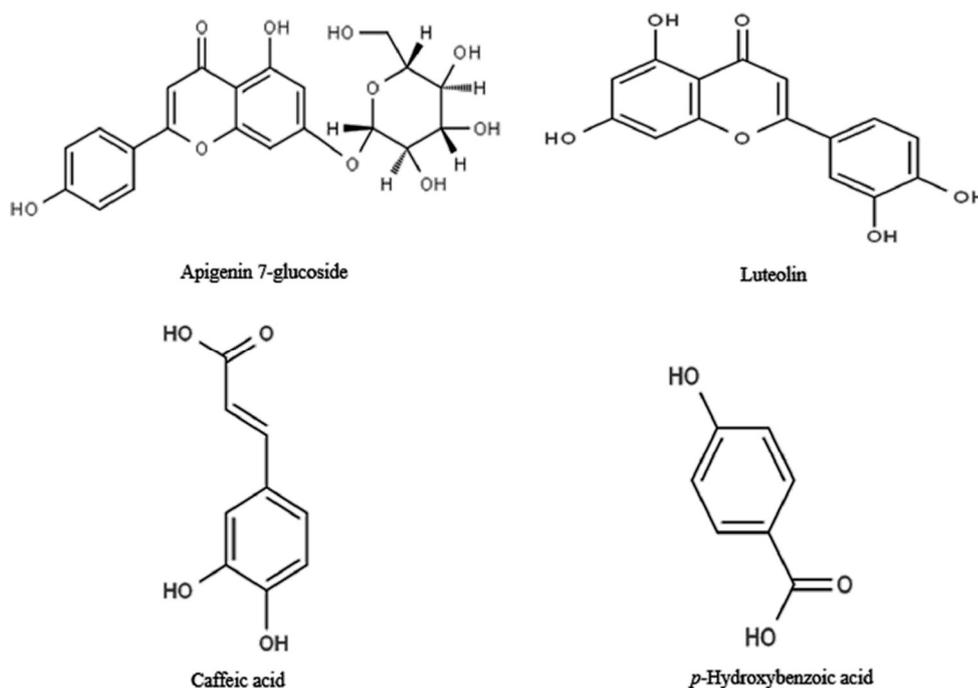


Figura 3.4 *Struttura dei composti fenolici contenuti nell'olio vergine di avocado*

Uno studio, che ha analizzato il profilo fenolico di diversi oli di avocado estratti a freddo, ha determinato la presenza di quattro composti fenolici differenti: apigenina 7-glucoside (0,25

µg/g), acido p-idrossibenzoico (0,21 µg/g), acido caffeico (0,06 µg/g) e luteolina (0,03 µg/g). Tuttavia, rispetto ad altre piante (cocco, oliva, colza e macadamia), il quantitativo di composti fenolici totali rilevato nell'avocado è risultato più basso (Tan, 2019).

Anche i tocoferoli, naturalmente presenti nell'avocado, contribuiscono alla stabilità ossidativa durante la conservazione e sono anche responsabili dell'attività antiossidante dell'olio (Krumreich, 2018). Essi sono dei composti costituiti da un anello funzionale fenolico con una catena laterale isoprenica che li rende liposolubili. Conosciuti anche come vitamina E, esistono in quattro forme differenti; nell'olio di avocado quella più abbondante è l'alfa-tocoferolo con una concentrazione di circa 86,7 mg/kg (Flores, 2019). Definiti antiossidanti naturali, i tocoferoli inibiscono il processo di perossidazione dei lipidi e la produzione di radicali liberi (Tan, 2019). In particolare reagiscono con i perossiradicali, donando un atomo di idrogeno, e convertendoli in composti stabili. In questo modo impediscono la formazione di nuovi radicali liberi e interrompono la reazione a catena.

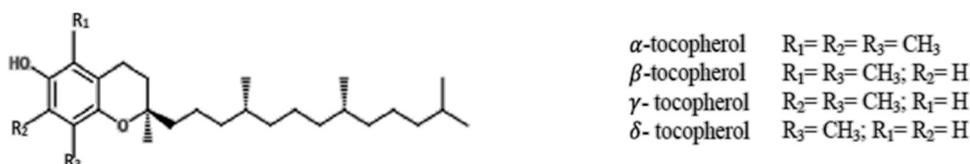


Figura 3.5 Tocoferoli

I fitosteroli invece sono un gruppo di steroli di origine vegetale. I principali steroli vegetali presenti nell'olio di avocado sono il beta-sitosterolo, il delta-5-avenasterolo, il campesterolo e il sitostanolo: tra questi il più abbondante è il beta-sitosterolo, che può raggiungere una concentrazione di 94,7 mg/kg nell'olio estratto dalla varietà Hass (Flores, 2019). Oltre ad agire come antiossidanti, sono noti per la loro capacità di entrare in competizione con il colesterolo e inibire il suo assorbimento nel sangue. Nella legislazione europea è di fatto citato: "È stato dimostrato che gli steroli vegetali e gli esteri di stanoli vegetali riducono il colesterolo nel

sangue. L'ipercolesterolemia costituisce un fattore di rischio per lo sviluppo di malattie cardiache coronariche.” (Allegato I, Reg UE N. 384, 2010)

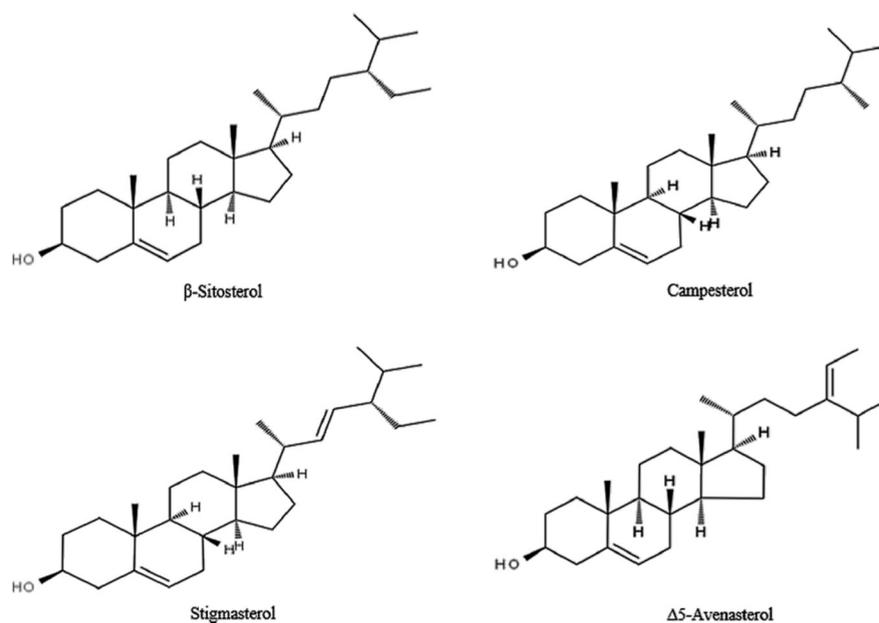


Figura 3.6 *Struttura dei fitosteroli contenuti nell'olio vergine di avocado*

Tra i componenti minori presenti nell'olio di avocado, troviamo i sali minerali. Essi sono sostanze indispensabili per il corretto sviluppo di organi e tessuti e per il mantenimento dell'equilibrio idrosalino. Quelli presenti in maggior quantità sono il ferro, il calcio, il magnesio e il selenio. Il livello di certi minerali può essere associato alla qualità dell'olio; ad esempio il selenio è un oligoelemento essenziale con proprietà antiossidanti, che può fornire benefici alla salute umana (Tan, 2019).

L'olio di avocado, infine, contiene anche una piccola percentuale di sostanze volatili.

Per volatili si intendono quei composti caratterizzati da un'elevata tensione di vapore, che possiedono attrazioni intermolecolari molto deboli e tendono quindi a passare più facilmente dalla fase liquida a quella aeriforme, anche a temperatura ambiente. Queste sostanze, solitamente caratterizzate da un basso peso molecolare, appartengono a diverse classi chimiche quali aldeidi, alcoli, esteri, eteri, idrocarburi e terpeni. L'analisi dei composti volatili negli oli

vegetali risulta fondamentale per la determinazione della loro qualità organolettica e per una conseguente classificazione del prodotto. Anche presenti in tracce, questi composti contribuiscono significativamente all'aroma dell'olio, in quanto possono stimolare i recettori sensoriali dell'epitelio olfattivo, e sono responsabili della maggior parte delle sensazioni organolettiche percepite.

Dall'analisi, eseguita attraverso gascromatografia accoppiata alla spettrometria di massa (GC-MS), di un olio vergine di avocado estratto mediante pressatura a freddo, effettuata mediante microestrazione in fase solida (SPME), sono stati identificati diversi componenti volatili, tra i quali l'esanale che conferisce all'olio un aroma erbaceo e il pentanale che rilascia un caratteristico sapore fruttato, simile alla noce. È stato inoltre determinato come i componenti volatili possano differire a seconda di una serie di variabili, tra cui la specie varietale e la qualità dei frutti utilizzati, i metodi di estrazione e le condizioni di immagazzinamento e conservazione dell'olio prodotto. Confrontando due oli vergini di avocado, uno ottenuto mediante estrazione con fluido supercritico (SCO₂) e l'altro mediante estrazione acquosa assistita da ultrasuoni (UAAE) sono stati identificati infatti composti volatili differenti. In particolare in entrambi sono stati rilevati l' α -cubebene, l'eptanale, l'E-cariofillene e l'ottanale che conferiscono aromi differenti e non erano stati identificati nell'analisi dell'olio estratto a freddo, precedentemente citata (Tan, 2019). È possibile quindi che anche l'utilizzo di tecniche di analisi diverse vadano a influenzare la quantificazione e l'identificazione della componente volatile dell'olio. In generale si può affermare che all'olio di avocado sono associati gli aromi di grasso, nocciola ed erba.

3.1 Dipendenza dalla varietà e dall'origine geografica (tipo di frutto)

È importante specificare che la composizione chimica dell'olio di avocado non è definita, ma varia a seconda di diversi fattori, primo fra tutti la varietà del frutto, che influenza fortemente la concentrazione relativa degli acidi grassi.

In una review Flores (Flores, 2019) ha messo a confronto analisi chimiche effettuate su oli di diverse specie varietali. In particolare la varietà Fuerte è risultata quella con una percentuale di acido oleico maggiore, con valori intorno al 65 %. Considerando che la presenza di questo acido è determinante per la stabilità ossidativa del prodotto durante la sua shelf-life, questa varietà risulta molto adatta per la produzione di olio commestibile. La più utilizzata per l'estrazione dell'olio tuttavia è la varietà Hass, in quanto presenta un contenuto lipidico maggiore. Secondo le analisi presenta una concentrazione di acido palmitico pari al 17 %, di acido oleico pari al 60 % e di acido linoleico al 10%. Queste concentrazioni possono variare a seconda di altri fattori ambientali, ma comunque la percentuale di acido oleico rilevata risulta molto alta in confronto alle altre specie varietali. Inoltre ha una buona quantità di acido linoleico, che come abbiamo già visto è una molecola essenziale per l'organismo e apporta molteplici benefici.

Altri fattori che vanno a influenzare la caratterizzazione chimica dell'olio di Avocado sono le condizioni ambientali di crescita del frutto, come il clima e il paese di origine. In particolare, sono stati messi a confronto oli estratti da varietà Hass provenienti da colture di paesi differenti. È stato appurato che l'olio proveniente dalla Nuova Zelanda conteneva una quantità significativa di pigmenti naturali e composti insaturi, rispetto agli oli provenienti dal Messico, dall'Australia e dagli Stati Uniti. Inoltre è stato appurato che la maturazione climaterica è preferibile rispetto a quella commerciale in quanto non solo consente di estrarre un maggior quantitativo d'olio, ma influenza anche il profilo degli acidi grassi, andando ad aumentare la quantità di acidi grassi insaturi, come l'oleico, e a diminuire la quantità di acidi grassi saturi, come gli acidi palmitici (Flores, 2019).

Altri studi invece hanno dimostrato che durante la maturazione dei frutti, avviene una riduzione del 50% della concentrazione di carotenoidi nel mesocarpo dell'avocado. Per ottenere un olio di qualità è quindi importante anche la scelta dei frutti, che devono aver raggiunto il giusto livello di maturazione nella pianta.

3.2 Dipendenza dei metodi di estrazione

La scelta del metodo di estrazione è strettamente correlata al profilo chimico dell'olio che si desidera produrre. Come abbiamo visto in precedenza, l'estrazione mediante Soxhlet permette di ottenere una resa d'olio maggiore rispetto ai metodi di estrazione a freddo. Inoltre, la maggior percentuale di olio che si può ottenere mediante estrazione con solvente è in parte correlata al potere estrattore dell'idrocarburo utilizzato, che può anche solubilizzare fosfolipidi, cere, pigmenti ed altri composti (Krumreich, 2018).

Tuttavia l'utilizzo delle alte temperature nel corso del processo di estrazione con Soxhlet comporta una diminuzione della qualità nutrizionale e della stabilità ossidativa dell'olio. Alcuni dei composti bioattivi come i carotenoidi, i composti fenolici e i tocoferoli sono di fatto termolabili, e vengono facilmente degradati dal calore applicato. Degli studi hanno messo a confronto oli derivanti dalla stessa varietà di avocado, ma estratti mediante metodi differenti. In particolar modo, indipendentemente dal processo di essiccazione applicato, è stata rilevata una maggior quantità di composti bioattivi nell'olio prodotto mediante estrazione a freddo, rispetto al metodo di estrazione con solvente. Ad esempio il contenuto di composti fenolici trovato nell'olio prodotto mediante estrazione a freddo è risultato pari a quasi il doppio rispetto a quello trovato nell'olio estratto mediante solvente (Krumreich, 2018). Ciò comporta una differenza sostanziale sia nella stabilità ossidativa che nell'attività antiossidante dei due oli.

L'aspetto qualitativo dell'olio di avocado viene influenzato negativamente anche dal processo di raffinazione. Anche in questo caso le temperature elevate utilizzate sono responsabili della degradazione di alcuni composti: è stato infatti dimostrato che la maggior parte dei fitosteroli presenti nell'olio, vengono degradati durante il processo di raffinazione. Inoltre, in uno studio di Wong et al. è stato riportato come non sia stato possibile rivelare la presenza di alcun carotenoide in un olio di avocado raffinato (Tan, 2019). Tuttavia, la concentrazione relativa di acidi grassi non viene particolarmente alterata dalla raffinazione: da un confronto di oli vergini commerciali e oli di avocado raffinati non è stata rilevata una

particolare differenza nel profilo degli acidi grassi (Tan, 2019).

3.3 Stress ossidativo

Lo stress ossidativo consiste in una serie di alterazioni chimiche che danneggiano l'organismo, dovute alla rottura dell'equilibrio fisiologico tra la produzione e l'eliminazione di sostanze ossidanti. In particolare queste sostanze sono in parte rappresentate da derivati dell'ossigeno altamente reattivi (ROS) ed alcuni di essi sono dei radicali liberi. La loro produzione avviene a livello endogeno, come prodotti di scarto dei processi metabolici in cui viene utilizzato l'ossigeno per produrre energia (ossidazione), o che agiscono in difesa del sistema immunitario per distruggere batteri e sostanze estranee. Tuttavia fattori esogeni, come radiazioni, contaminanti ambientali, sostanze cancerogene e alcuni farmaci, possono incrementare la loro produzione.

I radicali liberi vengono generalmente distrutti dai naturali sistemi di difesa, ma se si producono in eccesso, l'organismo va in stress ossidativo e subisce danni irreversibili a cellule e tessuti. Questo stress è inoltre causa principale dell'insorgenza di particolari malattie, quali arteriosclerosi, cataratta, morbo di Alzheimer, morbo di Parkinson e cancro. L'aggressività di queste sostanze è dovuta alla loro instabilità. I radicali liberi possiedono infatti uno o più elettroni spaiati nell'orbitale esterno e per trovare l'equilibrio chimico tendono strappare un elettrone ossidando importanti macromolecole, quali proteine, lipidi e acidi nucleici. In particolare sono responsabili dell'ossidazione lipidica, processo alla base dell'alterazione qualitativa ed organolettica degli oli vegetali.

L'ossidazione lipidica, definita anche irrancidimento ossidativo, consiste in una serie di reazioni a catena che comportano la degradazione degli acidi grassi e la conseguente formazione di composti indesiderati che apportano odore e sapore sgradevole agli alimenti. In particolare può essere divisa in tre fasi principali: iniziazione, propagazione e terminazione.

- fase di iniziazione



- fase di propagazione



- fase di terminazione



Figura 3.7 Fasi principali dell'ossidazione lipidica

Nella fase di iniziazione l'acido grasso (RH) perde un atomo di idrogeno ad opera di un radicale iniziatore ossidante come ad esempio l'idrossiradicale HO•, per scissione omolitica. Di conseguenza si trasforma in un radicale libero, ovvero una molecola fortemente reattiva in quanto dotata di un elettrone spaiato (R•). Così inizia la fase di propagazione, dove il radicale formatosi, reagendo con l'ossigeno atmosferico, dà origine ad un perossiradicale (ROO•) anche esso molto instabile. Questo, se non bloccato tempestivamente, può reagire con un'altra molecola di acido grasso strappando un atomo di idrogeno e formando un idroperossido (ROOH) e un nuovo radicale reattivo (R•) che nuovamente ripete le reazioni appena descritte. Si avrà quindi l'avanzamento di una serie di reazioni cicliche radicaliche che portano alla degradazione di molte molecole. Il processo ossidativo si fermerà solamente poi con la fase di terminazione, in cui avviene il blocco dei radicali che propagano la catena radicalica o per accoppiamento o per azione di composti antiossidanti idrogeno donatori. Durante tutta questa serie di reazioni si ha inoltre la trasformazione degli idroperossidi in prodotti secondari indesiderati quali aldeidi, alcoli e chetoni.

L'irrancidimento ossidativo e le altre reazioni degenerative dovute all'azione dei radicali liberi, possono essere bloccate o inibite mediante molecole antiossidanti. Queste sostanze sono in grado di contrastare il processo di ossidazione mediante differenti meccanismi d'azione. Gli

antiossidanti preventivi, come gli enzimi, impediscono la formazione degli iniziatori radicalici cioè delle specie reattive all'ossigeno (ROS). Gli antiossidanti “chain-breaking”, donano invece un atomo di idrogeno ai radicali che propagano la catena di perossidazione e quindi la interrompono. Durante questo processo, gli antiossidanti si ossidano a loro volta formando però dei radicali stabili che non propagano la catena perossidativa.

I composti fenolici e i tocoferoli, naturalmente presenti nell'olio di avocado, fanno parte di questa seconda categoria di antiossidanti. Sono infatti molecole facilmente ossidabili che, mediante la donazione di atomi di idrogeno, convertono i radicali liberi in composti stabili.

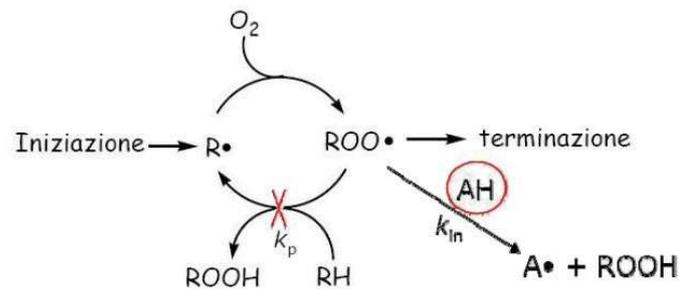


Figura 3.8 Meccanismo di azione degli antiossidanti chain-breaking

Capitolo 4

UTILIZZI E DENOMINAZIONE OLIO DI AVOCADO

L'olio di avocado, grazie alle sue molteplici qualità, ha differenti possibili applicazioni. Uno dei maggiori utilizzi riguarda l'industria cosmetica. Di fatto esso vanta infatti di numerose proprietà antinfiammatorie e rigeneranti e risulta un prodotto ideale per la cura e la bellezza di cute e capelli. In particolare è ricco di acido oleico, un composto dalle proprietà nutritive che rende la pelle morbida, elastica e radiosa. Inoltre, a differenza di altri oli, penetra facilmente la cute e viene assorbito rapidamente. Grazie alle sostanze antiossidanti in esso presenti, ritarda l'invecchiamento cutaneo e svolge un'azione protettiva e riparatrice dei tessuti, mentre, se applicato sui capelli, li rinforza e ne stimola la crescita. Per questi motivi l'olio di avocado viene inserito in numerose formulazioni cosmetiche. Può essere utilizzato puro o aggiunto come ingrediente funzionale in creme e saponi.



Figura 4.1 Olio di avocado

Negli ultimi anni sta emergendo anche il consumo culinario dell'olio di avocado, come alternativa all'olio di oliva. Di fatto, dal punto di vista chimico, questi oli sono infatti molto simili e hanno una concentrazione percentuale di acidi grassi analoga. Anche dal punto di vista organolettico questo olio ha molte analogie con l'olio estratto dalle olive, come il caratteristico colore verde brillante, il gusto fruttato e la consistenza delicata e leggera anche se in parte si differenzia da quello di oliva, che ha spesso caratteristiche amare e piccanti, per avere un gusto più morbido e più simile al burro.

Considerando la sua composizione chimica, può anche essere messo in evidenza come l'elevata quantità di acido oleico e di composti antiossidanti contribuiscono alla sua buona stabilità all'ossidazione e a una lunga shelf life.

L'olio di avocado spremuto a freddo si rivolge al consumatore come un olio delicato da aggiungere in preparazioni culinarie, da insalate e cibi freschi a cibi cotti, ed è quindi un olio versatile che può essere utilizzato sia crudo che in cottura, e a differenza dei tradizionali oli di girasole e colza, risulta ottimale per la frittura dei cibi, grazie al suo punto di fumo superiore ai 250 °C (Wang, 2016). L'olio di avocado grezzo è però molto sensibile all'ossidazione se esposto alla luce solare o fluorescente e questo probabilmente a causa dell'elevata concentrazione di clorofille in esso contenute che possono agire come sensitizzatori e promuovere la foto-ossidazione (Satriana, 2019).

L'olio di avocado è comunque un olio che può essere utilizzato in cucina in sostituzione di altri grassi vegetali e soprattutto di grassi animali, in quanto apporta diversi benefici alla salute umana.

Secondo un'analisi di mercato, l'olio destinato all'uso cosmetico viene venduto a un prezzo di gran lunga superiore rispetto all'olio ad uso culinario. Ad esempio nei mercati di Arusha, in Tanzania, l'olio da cucina viene venduto a circa 3,000 Tsh/litro (~1,50\$) mentre l'olio cosmetico viene venduto a 60,000 Tsh/litro (~30\$) (Wang, 2016). Di conseguenza, a causa del

significativo margine di profitto, la produzione è spesso maggiormente indirizzata all'olio di avocado destinato all'industria cosmetica, rispetto a quello di uso culinario.

L'avocado, e in particolare l'olio da esso ricavato, è stato proposto anche come potenziale fonte di biocarburante, (Satriana, 2019) ma l'elevato costo di produzione e gli effetti benefici ad esso riconosciuti, limitano questo tipo di utilizzo.

Una review (Flores, 2019) ha posto invece l'attenzione sugli utilizzi tecnologici dell'olio di avocado nell'industria alimentare. In particolare, l'olio di avocado è stato utilizzato da Flores-Sanchez et al. come substrato per la produzione di poliidrossialcanoati (PHA). Questi composti sono polimeri biodegradabili, dei poliesteri lineari sintetizzati da particolari batteri, mediante la fermentazione di zuccheri e lipidi, usati per la produzione di bioplastiche. Per la sintesi di tali composti, l'olio di avocado viene utilizzato come fonte di carbonio rinnovabile.

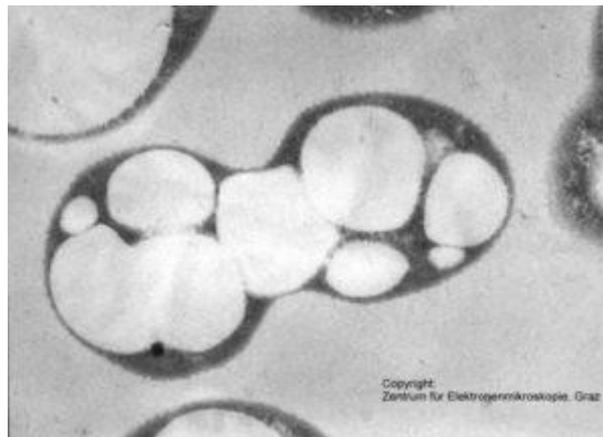


Figura 4.2 Fotografia al microscopio elettronico di una cellula del batterio *Alcaligenes latus* con in evidenza i granuli intracellulari di poliidrossialcanoati

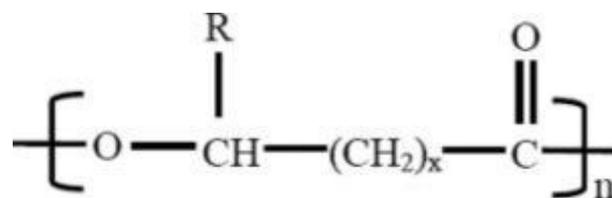


Figura 4.3 Struttura chimica dei poliidrossialcanoati

Un'altra interessante applicazione tecnologica, descritta da Flores, consiste nella produzione di lipidi strutturati. In particolare, uno studio ha proposto, a partire dalla frazione lipidica dell'avocado, la formulazione di trigliceridi di tipo MLM, ovvero lipidi sintetici contenenti acidi grassi a catena media (M) in posizione 1,3 e un acido grasso a catena lunga (L) in posizione 2, caratterizzati da un basso apporto calorico.

4.1 Proprietà benefiche

Una dieta caratterizzata da cibi poveri di grassi saturi e ricchi di grassi monoinsaturi, bilanciati da grassi polinsaturi come gli omega-6 e gli omega-3, povera di proteine animali, ricca di carboidrati complessi e ricca di fibre è oggi presa a modello per un'alimentazione sana. La ricerca scientifica ha mostrato come la bontà di una dieta di questo tipo sia dovuta alle sue componenti antiossidanti, che possono essere fornite da frutta fresca, verdura, vino e olio d'oliva, e all'assunzione di acidi grassi come quelli presenti nel pesce e verdure. Questi componenti aiutano a prevenire le malattie croniche come le malattie cardiovascolari, il cancro, il morbo di Alzheimer, l'obesità, il diabete ed ha effetti favorevoli sui livelli di lipoproteine, sulla vasodilatazione dell'endotelio, sull'insulino-resistenza, sulla sindrome metabolica.

L'olio extra vergine di avocado, estratto attraverso una spremitura effettuata a freddo o mediante centrifugazione dalla polpa di avocado maturi, ha una composizione chimica ricca di acidi grassi monoinsaturi e polinsaturi, povera di grassi saturi e ricca di antiossidanti, come l'olio di oliva, anche se i suoi livelli di vitamina C, β -sitosterolo e clorofilla sono molto più alti; inoltre è privo di colesterolo.

Poiché l'olio di avocado è un prodotto relativamente nuovo, non sono stati ancora approfonditamente studiati i suoi effetti sulla salute. Tuttavia, la sua caratteristica composizione mostra la possibilità che esso abbia numerosi effetti salutari.

La sua composizione in acidi grassi, dovrebbe infatti aiutare ad abbassare il colesterolo-LDL (colesterolo cattivo) e ad aumentare il colesterolo-HDL (colesterolo buono). L'acido oleico, che è il principale acido grasso monoinsaturo presente nell'avocado, aumenta l'assorbimento degli acidi grassi polinsaturi omega-3 nelle membrane cellulari e riduce la possibilità che l'LDL si ossidi, contribuendo a ridurre il rischio di malattie cardiovascolari.

Il frutto dell'avocado contiene i più alti livelli di steroli vegetali di qualsiasi altro frutto e poiché gli steroli vegetali sono solubili nei grassi, essi vengono estratti durante la produzione di olio di avocado dove è possibile ritrovare fitosteroli e fitostanoli come il β -sitosterolo, l'avenasterolo, il campesterolo, lo stigmasterolo e lo stigmastenolo.

Diversi studi scientifici attribuiscono attualmente molteplici effetti benefici fisiologici per la salute a tali composti: è stato infatti trovato come essi abbiano proprietà antinfiammatorie, antitumorali, battericide e fungicide. Tuttavia, l'attività più interessante che viene loro attribuita è l'effetto ipocolesterolemizzante sulle persone con ipercolesterolemia moderata, sia a livello di colesterolo totale che di colesterolo LDL e gli alti livelli di colesterolo plasmatico rappresentano un importante fattore di rischio per le malattie cardiovascolari, che è la principale causa di morte nel mondo industrializzato.

L'olio extra vergine di avocado può avere un contenuto di vitamina E superiore a 200 ppm, raggiungendo talvolta livelli di 300 ppm, che sono concentrazioni più elevate di quelle che si trovano nell'olio extra vergine di oliva e tra i diversi componenti di tale vitamina, quello che si trova in maggior quantità nell'olio extra vergine di avocado è l' α -tocoferolo. Tali livelli risultano essere equivalenti (in una porzione di 15 ml) al 30%-40% del fabbisogno giornaliero di una persona.

La funzione principale della vitamina E è quella di antiossidante naturale che reagisce con i radicali liberi solubili nei lipidi della membrana cellulare, proteggendo le lipoproteine e gli acidi grassi insaturi. Essa è quindi in grado di proteggere le cellule contro i danni dei radicali

liberi, diminuire i fattori di rischio legati ad alcuni tumori, proteggere il colesterolo LDL dall'ossidazione e migliorare la risposta immunitaria.

Le condizioni di lavorazione più blande utilizzate nell'estrazione con spremitura a freddo aiutano a mantenere livelli più elevati di α -tocoferolo, che è un composto relativamente labile, rispetto all'estrazione e ai metodi di raffinazione che utilizzano solventi e/o calore.

L'olio extra vergine di avocado contiene anche alti livelli di clorofilla che impartiscono a tale olio una colorazione verde smeraldo; il contenuto di clorofilla dell'olio extra vergine di oliva, invece, è dieci volte inferiore. Sebbene la clorofilla possa avere un effetto negativo sulla stabilità ossidativa dell'olio, poiché può provocare la sua fotoossidazione se esposto alla luce, i consumatori considerano il suo colore verde brillante come un attributo benefico: per aumentare la stabilità ossidativa dell'olio extra vergine di avocado è quindi opportuno evitare l'esposizione alla luce, utilizzando bottiglie scure, nonché l'esposizione all'ossigeno nell'aria, attraverso l'utilizzo di atmosfera inerte (azoto) nei serbatoi di stoccaggio e durante la fase di imbottigliamento.

L'olio di avocado spremuto a freddo contiene infine livelli significativi di altri pigmenti come caroteni e xantofille. Poiché questi pigmenti agiscono come antiossidanti, si ritiene che contribuiscano alla protezione da diverse malattie. Tra tutti, il carotenoide luteina è probabilmente il più importante, ed ha una notevole rilevanza nei riguardi della salute degli occhi, agendo nella regione maculare della retina e proteggendone le cellule dai danni indotti dalla luce. L'olio di avocado contiene circa il doppio di luteina rispetto all'olio d'oliva.

Rispetto agli oli di mandorle, mais, oliva e soia, l'olio di avocado mostra inoltre il più alto tasso di penetrazione cutanea e grazie ai suoi effetti lenitivi e idratanti, viene spesso aggiunto alle creme farmaceutiche per il trattamento della pelle in condizioni patologiche come psoriasi e forfora con risultati a volte superiori ai tradizionali medicamenti.

Studi in vivo effettuati su adulti umani ai quali è stata fatta seguire una dieta ipercalorica, dove il burro era stato sostituito con l'olio di avocado estratto a 35 °C, hanno mostrato un

miglioramento nel profilo insulinico, nella glicemia, nel colesterolo totale e nei parametri infiammatori, come la proteina C-reattiva.

Inoltre l'olio di polpa di avocado estratto da genotipi creoli-messicani ha mostrato attività antinfiammatoria inibendo gli enzimi COX1 e COX2 in modo simile a farmaci antiinfiammatori come l'ibuprofene.

Studi effettuati su ratti diabetici hanno inoltre mostrato come la somministrazione di olio di avocado ha promosso un miglioramento della funzionalità della catena di trasporto degli elettroni a livello renale, ha diminuito la generazione di radicali liberi nel fegato, e attenuato gli effetti nocivi dello stress ossidativo nel cervello. (Birkbeck, 2002), (Flores, 2019), (Woolf, 2009)

4.2 Denominazione e standard commerciali

Al giorno d'oggi i consumatori hanno maggior interesse e consapevolezza riguardo la composizione e le caratteristiche nutrizionali dei prodotti acquistati, e prediligono alimenti naturali o poco lavorati. Ciò ricade in particolar modo negli oli vegetali, tra cui appunto quello di avocado. Di fatto è sempre più richiesto nel mercato un olio con qualità superiore, ricco di composti bioattivi come fitosteroli e vitamine antiossidanti.

Nel mercato mondiale ed europeo la richiesta dell'olio di avocado ad uso culinario è in continua crescita. Tuttavia, a differenza dell'olio d'oliva, non esistono parametri qualitativi definiti a livello internazionale e non vi è alcuna norma di commercializzazione per questo prodotto. Di conseguenza i consumatori non vengono in alcun modo protetti da possibili frodi e adulterazioni. Senza alcuno standard qualitativo è infatti difficile distinguere prodotti autentici e sicuri, da prodotti di scarsa qualità non adatti all'uso preposto. In particolare le caratteristiche dell'olio di avocado vengono fortemente influenzate dal grado di maturazione e dalle condizioni di stoccaggio dei frutti, nonché dai processi di pretrattamento e di estrazione

utilizzati; quindi senza controlli o norme specifiche è facile che si venda un prodotto con qualità e proprietà differenti da quelle dichiarate.

Negli ultimi dieci anni, diversi gruppi di ricerca in Nuova Zelanda, Australia e California hanno studiato gli impatti delle procedure post raccolta, dei pretrattamenti e dei metodi di estrazione sulle caratteristiche qualitative dell'olio di avocado al fine di definire degli standard commerciali per questo prodotto. La citazione: "These standards have been recommended to ensure that avocado oil sold is of good quality in terms of standard quality indices, composition, and sensory properties" (Wong, 2010) definisce in maniera chiara l'obiettivo di questi studi.

In base ai requisiti posseduti, è stata proposta una classificazione dell'olio di avocado in Extra vergine, Vergine, e Puro. Sono stati denominati Extra vergine e Vergine gli oli di avocado estratti mediante tecniche meccaniche o naturali utilizzando temperature al di sotto dei 50° C e senza effettuare il processo di raffinazione. Non è consentito l'uso di solventi organici, ma possono essere usati in ausilio al processo di estrazione acqua ed enzimi. La differenza sostanziale tra le due classi sta nell'uso di frutti di alta qualità, raccolti al giusto grado di maturazione per la produzione di olio di avocado Extra vergine.

Per l'olio classificato come Puro invece non è data importanza alla qualità dei frutti utilizzati. Si tratta di un olio raffinato dalle basse qualità organolettiche e quindi meno adatto all'uso alimentare.

L'olio di avocado è spesso utilizzato anche nelle miscele di oli vegetali. Risulta particolarmente adatto ad arricchire miscele di olio di oliva, olio di semi di lino o di semi di zucca. Tuttavia è importante che venga correttamente definita la concentrazione relativa degli oli utilizzati e la loro corretta classificazione nelle etichette dei flaconi di tali prodotti.

Con l'obiettivo di avviare un database per lo sviluppo di standard definiti, è stato effettuato anche uno studio sui livelli di qualità e purezza dell'olio di avocado ad uso culinario venduto negli Stati Uniti. In particolare sono stati analizzati 22 campioni prelevati da oli di

marche e categorie differenti venduti sia in negozi fisici che in canali E-commerce. La qualità è stata determinata controllando il livello di idrolisi dei trigliceridi e di ossidazione lipidica dell'olio: sono stati quindi analizzati il contenuto di acidi grassi liberi, l'indice di perossidi e la concentrazione di clorofilla e tocoferoli, mentre per determinare il livello di purezza è stata controllata l'eventuale aggiunta di additivi o oli diversi da quelli indicati in etichetta. È stata inoltre posta l'attenzione sugli steroli, gli acidi grassi e i trigliceridi presenti.

Questo studio ha rilevato una bassa qualità e un elevato grado di ossidazione nella maggior parte dei campioni analizzati prima del raggiungimento della data di scadenza indicata. Inoltre in tre campioni è stata determinata un'adulterazione con olio di soia. Ciò dimostra l'urgente necessità di definire dei parametri qualitativi per l'olio di avocado, sia per tutelare i consumatori nell'acquisto di prodotti autentici, ma anche per garantire una leale concorrenza nel mercato (Green, 2020).



Figura 4.4 Olio di avocado ad uso culinario

CONCLUSIONE

Questo lavoro descrive l'identificazione e l'analisi dei principali fattori necessari a una corretta pianificazione e conseguente implementazione del processo tecnologico attuo alla produzione e alla trasformazione di olio di avocado.

Nel dettaglio, mediante l'analisi delle caratteristiche generali della pianta e del frutto di avocado, viene descritta la varietà Hass come la migliore per l'estrazione di olio. Inoltre, riguardo la coltivazione, la maturazione e lo stoccaggio dei frutti, vengono messe in evidenza le criticità da tenere sotto controllo, che possono influenzare negativamente la tecnologia di produzione. Lo studio approfondito dei differenti metodi di pretrattamento e di estrazione mostra che la tecnologia di estrazione influisce fortemente sulla composizione chimica e sulle caratteristiche nutrizionali ed organolettiche dell'olio prodotto. Questo studio mette quindi a confronto differenti metodi di estrazione e ne definisce i vantaggi e gli svantaggi. Tuttavia viene anche appurata l'impossibilità di definire il metodo migliore in assoluto, in quanto ognuno risulta più o meno adatto, a seconda delle caratteristiche dell'olio che si vuole ottenere. Mediante la descrizione chimica, vengono mostrate le numerose qualità che caratterizzano questo prodotto, tra cui l'attività antiossidante esplicata da particolari composti in esso presenti come il tocoferolo e i composti fenolici. Infine vengono descritte le sue molteplici proprietà benefiche e vengono messe in evidenza le sue possibili applicazioni in ambito cosmetico e alimentare.

BIBLIOGRAFIA

- Birkbeck, J. Health benefits of avocado oil. 2002. *Food New Zealand*, 2, 40–42. <http://www.foodnz.co.nz/>
- Costagli G., Betti M., 2015. Avocado oil extraction processes: method for cold-pressed high-quality edible oil production versus traditional production. *Journal of Agricultural Engineering*, 46(3), 115-122. <https://doi.org/10.4081/jae.2015.467>
- Cowan A.K., Wolstenholme B.N., 2016. Avocado. pp. 294-300. In *Encyclopedia of Food and Health*, Caballero B., Finglas P.M., Toldrá F. Eds, Academic Press, ISBN 9780123849533, 294-300. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00049-0>
- Flores M., Saravia C., Vergara C.E., Avila F., Valdés H., Ortiz-Viedma, J., 2019. Avocado oil: characteristics, properties and applications. *Molecules* 24(11), 2172. <https://doi.org/10.3390/molecules24112172>
- Green H.S., Wang S.C., 2020. First report on quality and purity evaluations of avocado oil sold in the US. *Food Control* 116, 107328. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107328>
- Krumreich F.D., Borges C.D., Mendonça C.R.B., Jansen-Alves C., Zambiasi R.C., 2018. Bioactive compounds and quality parameters of avocado oil obtained by different processes. *Food Chemistry* 257, 376-381. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.048>
- Kumar C., Singh D., 2020. Avocado (*Persea Americana* L.). pp. 45-63. In *Underutilized fruit crops: importance and cultivation*, Ghosh S.N., Singh A., Thakur A., Eds. JAYA

Publishing House, Delhi. ISBN 978-93-86110-09-1.

<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20173139128>

- Moreno A.O., Dorantes L., Galíndez J., Guzmán R.I., 2003. Effect of different extraction methods on fatty acids, volatile compounds, and physical and chemical properties of avocado (*Persea americana* Mill.) oil. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(8) 2216-2221. <https://doi.org/10.1021/jf0207934>
- da Silva Santos V., Fernandes G. D., 2020. Cold pressed avocado (*Persea americana* Mill) oil. Cap. 37, pp. 405-428. In *Cold Pressed Oils: Green Technology, Bioactive Compounds, Functionality, and Applications*. Ramadan M.F. Ed., Academic Press, ISBN 978-0-12-818188-1. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818188-1.00037-2>
- Satriana S., Supardan M.D., Arpi N., Wan Mustapha W.A., 2019. Development of Methods Used in the Extraction of Avocado Oil. *European journal of lipid science and technology*. 121, 1800210. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201800210>
- Tan C. X., 2019. Virgin avocado oil: an emerging source of functional fruit oil. *Journal of Functional Foods*, 54, 381-392. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.12.031>
- Wang L., 2016. Documentation and analysis of avocado oil extraction technologies in Leguruki, Tanzania, Thesis: S.B., Massachusetts Institute of Technology, Department of Mechanical Engineering. USA. <http://hdl.handle.net/1721.1/105662>
- Wong M., Requejo-Jackman C., Woolf A., 2010. What is unrefined extra virgin cold-pressed avocado oil ? *Inform – International News on Fats, Oils, and Related Materials*. 21(4): 198-201.
https://www.aocs.org/documents/InformPDF/Volume_21_4_April2010.pdf
- Woolf A., Wong M., Eyres L., McGhie T., Lund C., Olsson S., Wang Y., Bulley C., Wang M., Friel E., Requejo-Jackman C., 2009. Avocado Oil. Cap. 2, pp.73-125, In *Gourmet and Health-Promoting Specialty Oils*. Moreau R. A. and Kamal-Eldin A.

Eds., AOCS Press, ISBN 9781893997974. <https://doi.org/10.1016/B978-1-893997-97-4.50008-5>.

- REGOLAMENTO (UE) N. 384/2010 DELLA COMMISSIONE EUROPEA del 5 maggio 2010 relativo all'autorizzazione e al rifiuto dell'autorizzazione di determinate indicazioni sulla salute fornite sui prodotti alimentari e facenti riferimento alla riduzione del rischio di malattia e allo sviluppo e alla salute dei bambini. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:113:0006:0010:IT:PDF>
- EFSA – European Food Safety Authority www.efsa.europa.eu