DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE ALIMENTARI

PROFILO IN ACIDI GRASSI DI FRUTTI COLOMBIANI E LORO SOTTOPRODOTTI

Fatty acid profile of native colombian fruits and their by-products

TIPO TESI: sperimentale

Studente:
ELVIS CASTAGNA

Relatore:
DOTT. DEBORAH PACETTI

Correlatore:
PROF. GIUSEPPE NATALE FREGA

ANNO ACCADEMICO 2019-2020

Dedico questo traguardo
alla mia terra
che ha fatto nascere in me questa passione e dove ho avuto l'opportunità di studiare,
alla mia famiglia,
che non mia ha fatto mai mancare il sostegno
e a me stesso per averci creduto, sempre.

Una dedica speciale ci tengo a farla ad un adolescente, morto in mare nel 2019
aveva con se una pagella,
se non tutti possono scegliere di studiare noi abbiamo il dovere di renderlo possibile
perché l'unica arma per un mondo davvero migliore è il sapere.

SOMMARIO

ELENCO DELLE TABELLE 5

ELENCO DELLE FIGURE 7

ACRONIMI E ABBREVIAZIONI 8

CAPITOLO 1 LIPIDI ALIMENTARI 9

1.1 Cenni storici e definizione 9

1.2 Acidi grassi: caratteristiche, nomenclatura e classificazione 11

1.3 Acidi grassi saturi: caratteristiche, fonti alimentari e consumo. 13

1.4 Acidi grassi insaturi: caratteristiche. 18

1.4.1 Acidi grassi monoinsaturi: caratteristiche, fonti alimentari e consumo. 19

1.4.2 Acidi grassi polinsaturi: caratteristiche, fonti alimentari e consumo. 23

CAPITOLO 2 I FRUTTI TROPICALI 28

2.1 Introduzione 28

2.2 Borojo 28

2.3 Carambolo 29

2.4 Cherimoya 29

2.5 Chontaduro 30

2.6 Curuba 30

2.7 Feijoa 31

2.8 Granadilla 32

2.9 Guajava 32

2.10 Guanabana 32

2.11 Gulupa 33

2.12 Lulo 33

2.13 Mangostano 34

2.14 Momoncillo 34

2.15 Noni 34

2.16 Pitaya 35
2.17 Sapodilla 36
2.18 Tomate de arbol 36
2.19 Uchuva 37
2.20 Scopo della tesi 37

CAPITOLO 3 ANALISI DEL PROFILO IN ACIDI GRASSI DEI FRUTTI E DEI RELATIVI SOTTOPRODOTTI 39
3.1 Materiali e metodi 39
3.2 Risultati 40
3.3 Conclusioni 47

BIBLIOGRAFIA 48

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1-1: Categorie di lipidi e relativi esempi 10
Tabella 1-2: Principali grassi saturi con relativi: numeri di atomi di carbonio, denominazione IUPAC, denominazione comune, notazione abbreviata e fonti alimentari ... 14
Tabella 1-3: Fonti alimentari in ordine decrescente in base al contenuto assoluto di acidi grassi saturi 16
Tabella 1-4: Fonti alimentari in ordine decrescente in base al contenuto percentuale di acidi grassi saturi in rapporto al contenuto lipidico totale 17
Tabella 1-5: Principali grassi monoinsaturi con relativi: numeri di atomi di carbonio, denominazione IUPAC, denominazione comune, notazione abbreviata e fonti alimentari... 20
Tabella 1-6: Fonti alimentari in ordine decrescente in base al contenuto di acidi grassi monoinsaturi 21
Tabella 1-7: Fonti alimentari in ordine decrescente in base al contenuto percentuale di grassi monoinsaturi in rapporto al contenuto lipidico totale 22
Tabella 1-8: Principali grassi polinsaturi con relativi: numeri di atomi di carbonio, denominazione IUPAC, denominazione comune, notazione abbreviata e fonti in natura 24
Tabella 1-9: Principali grassi polinsaturi con doppi legami coniugati e relativi: numeri di atomi di carbonio, denominazione IUPAC, denominazione comune, notazione abbreviata e fonti in natura 25
Tabella 1-10: Fonti alimentari in ordine decrescente in base al contenuto assoluto di acidi grassi polinsaturi 25
Tabella 1-11: Fonti alimentari in ordine decrescente in base al contenuto percentuale di acidi grassi polinsaturi in rapporto al contenuto lipidico totale 26
Tabella 5-1: Annonaceae, composizione percentuale degli acidi grassi 40
Tabella 5-2: Arcaceae, composizione percentuale degli acidi grassi 41
Tabella 5-3: Cactaceae, composizione percentuale degli acidi grassi 41
Tabella 5-4: Clusiaceae, composizione percentuale degli acidi grassi 42
Tabella 5-5: Myrtaceae, composizione percentuale degli acidi grassi 42
Tabella 5-6: Oxalidaceae, composizione percentuale degli acidi grassi 43

Tabella 5-7: Passifloraceae, composizione percentuale degli acidi grassi..... 43
Tabella 5-8: Rubiaceae, composizione percentuale degli acidi grassi..... 44
Tabella 5-9: Sapindaceae, composizione percentuale degli acidi grassi..... 44
Tabella 5-10: Sapotaceae, composizione percentuale degli acidi grassi..... 45
Tabella 5-11: Solanaceae, composizione percentuale degli acidi grassi..... 45

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1-1: esempio grafico di acidi grassi: saturo, mono e polinsaturo 13
Figura 1-2: esempi di configurazione cis e trans 18
Figura 1-3: esempi di acidi grassi cis, trans e saturo e loro configurazione 19
Figura 1-4: Vie metaboliche di conversione degli acidi linoleico e α-linoleico nei rispettivi acidi grassi n-6 ed n-3 aventi una catena più lunga 23

ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

CREA	Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria
DHA	docosaesaenoico, acido
EFA/AGE	essential fatty acid
EFSA	European Food Safety Authority
EPA	eicosapentaenoico, acido
FAME	fatty acid methyl ester
FAO	Food and Agriculture Organization
HDL	high density lipoproteins
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
LDL	low density lipoproteins
MUFA	monounsaturated fatty acid
ONU	Organizzazione delle Nazioni Unite
PUFA	polyunsaturated fatty acid
SFA	saturated fatty acid

Capitolo 1
LIPIDI ALIMENTARI

1.1 **Cenni storici e definizione**

Con il termine "lipide"(dal greco *lipos* = "grasso")facciamo riferimento ad un gruppo di sostanze organiche che sono solubili in solventi organici apolari e insolubili in acqua. In letteratura non vi è una classificazione univoca, pertanto rappresenta un gruppo di sostanze molto eterogeneo. Alcuni autori, ad esempio, considerano come lipidi tutte le sostanze che hanno la proprietà di essere solubili nei solventi organici, includendo quindi in questa categoria molti composti; altri autori propongono una classificazione più semplice, considerando come lipidi solo gli acidi grassi e i relativi derivati oppure dividendoli in due categorie: semplici e complessi, essi sono rispettivamente rappresentati dai lipidi non saponificabili e dai lipidi saponificabili. (Conte, 2004)

Nel periodo medievale i grassi erano molto importanti nella vita delle persone, oltre alla funzione nutrizionale venivano utilizzati come fonte di luce per illuminare le abitazioni e per alcuni popoli rappresentavano anche un simbolo spirituale. Nel 17° e nel 18° secolo grazie ad un utilizzo sempre più diffuso di solventi e metodi di distillazione vennero scoperte ed analizzate diverse sostanze grasse. Nel 1673 Achenius Otto intuì la presenza di un acido nei grassi osservando che al termine del processo di produzione dei saponi non erano più presenti gli alcali. Circa un secolo dopo Poulletier de la Salle riuscì ad isolare i cristalli di colesterolo dai calcoli biliari e Car Scheele sintetizzò il glicerolo. Alcune scoperte che avvennero alla fine del 18° secolo permisero di descrivere in maniera più precisa la composizione delle sostanze organiche e di comprendere meglio le reazioni biologiche e chimiche che avvengono a carico dei grassi. Agli inizi dell'800 un grande contributo alla conoscenza degli acidi grassi lo diede il francese Chevreul, il quale pubblicò i suoi studi effettuati su alcuni acidi grassi in un opera intitolata *Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale,* inoltre introdusse alcune novità come la valutazione della purezza di

un composto organico utilizzando come indice il punto di fusione e la separazione degli acidi grassi sfruttando la diversa solubilità rispetto ai vari solventi utilizzati. Nel 1834 a Couerbe si deve la scoperta relativa all'utilizzo di etere etilico come solvente per il processo estrattivo dei grassi, inoltre furono numerosi gli studi incentrati sul processo di saponificazione che lo portarono alla conclusione che i lipidi potevano essere classificati in due categorie: saponificabili e insaponificabili. Nel periodo compreso tra la fine dell'800 e l'inizio del '900 vennero approfondite le conoscenze riguardo ad alcuni singoli acidi grassi: laurico, linoleico, ricinoleico, oleico e linoleico sono stati isolati ed identificati, successivamente gli studi si sono concentrati sulla relativa biosintesi (Conte, 2004) (Gidez, 1984). Con la scoperta di nuove sostanze e il progredire della scienza si è reso necessario individuare una classificazione dei lipidi che fosse la più univoca possibile, in questo senso quella proposta da (Fahy, et al., 2009) viene incontro alle esigenze degli studiosi, in quanto risulta essere molto completa, innovativa e soprattutto funzionale poiché si adatta ai principali database utilizzati, per tali motivi è largamente utilizzata nel mondo scientifico. I lipidi vengono definiti come piccole molecole idrofobiche o anfipatiche che possono originarsi interamente o parzialmente tramite una reazione di condensazione di acidi grassi, glicerolipidi, glicerofosfolipidi, sfingolipidi, lipidi sterolici, lipidi prenolici, saccarolipidi o polichetidi. Tale sistema di classificazione, prevede la suddivisone dei lipidi, che hanno origine biologica, in otto categorie che a loro volta sono suddivise in diverse classi e sottoclassi di molecole. (Ratnayake & Galli, 2009)

Tabella 1-1: Categorie di lipidi e relativi esempi

Categoria	**Esempio**
Acidi grassi	Acido oleico
Glicerolipidi	Triacilglicerolo
Glicerofosolipidi	Fosfatidilcolina
Sfingolipidi	Sfingosina
Lipidi sterolici	Colesterolo
Lipidi prenolici	Farnesolo
Saccarolipidi	UDP-3-0-N-acetilglucosamina
Polichetidi	Aflatossina

Fonte: (Ratnayake & Galli, 2009)

Ai fini del presente elaborato è opportuno introdurre il termine "lipide alimentare" con il quale facciamo riferimento alle varie categorie di sostanze grasse che vengono ingeriti tramite la dieta, in genere sono presenti nelle matrici alimentari di origine vegetale e animale. I grassi, che si trovano allo stato solido, e gli oli, che si trovano allo stato liquido, sono costituiti principalmente da triacilgliceroli, in percentuali che variano dal'80% al 95% (Hamam, 2013), ed in quantità minore da monoacilgliceroli, diacilgliceroli e fosfolipidi (FAO, 2010). Gli acidi grassi costituiscono la maggior parte di tali entità lipidiche e sono richiesti nell'alimentazione umana in quanto sono una fonte di energia (apporto medio di 9 calorie/gr), svolgono attività strutturali, come ad esempio il tessuto adiposo sottocutaneo che contribuisce a tenere sotto controllo la temperatura corporea, e funzionali, ad esempio il colesterolo risulta essere fondamentale per la sintesi di alcuni ormoni (CREA, 2019). Ai fini della stesura del presente elaborato verranno presi in considerazione esclusivamente gli acidi grassi. La definizione tradizionale di acidi grassi totali negli alimenti viene proposta dalla U.S. Food and Drug Administration come: "la somma delle componenti con caratteristiche lipidiche che vengono estratte con metodi o con procedure affidabili ed appropriati appartenenti all' Associazione dei Chimici Analisti" (Casimir C. Akoh, 2008). Salvo poi cambiare successivamente definizione, "esprimendo i lipidi totali e gli acidi grassi come trigliceridi". (Casimir C. Akoh, 2008)

1.2 **Acidi grassi: caratteristiche, nomenclatura e classificazione**

Chimicamente l'acido grasso è un acido carbossilico, formato da una catena alifatica dove alle due estremità troviamo un gruppo funzionale carbossile (-COOH) e un gruppo funzionale metilico (-CH3) mentre la catena alifatica è costituita da atomi di carbonio uniti tra di loro tramite legami semplici, mentre gli altri due legami disponibili di ogni atomo di carbonio sono occupati, rispettivamente, da una molecola di idrogeno. Le proprietà e le caratteristiche fisiche di ogni acido grasso dipendono principalmente dalla lunghezza della catena alifatica e dalla presenza o meno di doppi legami tra due atomi di carbonio, i grassi maggiormente presenti negli alimenti hanno una lunghezza compresa tra i quattro e i venti atomi di carbonio.

Per gli acidi grassi esistono vari sistemi di nomenclatura ed essendo molto diversi tutti presentano dei pro e dei contro, pertanto i diversi autori utilizzano quello che ritengono più opportuno. Nel 1978 L'Unione Internazionale di Chimica Pura e Applicata propone una tipologia di nomenclatura sistematica altresì conosciuta come sistema IUPAC. Utilizzando tale sistema si inizia a numerare la catena alifatica a partire dall'atomo di carbonio del

gruppo carbossilico e gli altri di conseguenza, nel caso sia presente un doppio legame esso viene indicato con il numero più basso dei due atomi di carbonio coinvolti. Il doppio legame viene indicato con le lettere "Z" o "E" oppure con i termini "cis o "trans". Utilizzando la nomenclatura IUPAC l'acido oleico viene indicato come *acido cis-9-ottadecenoico* (FAO, 2010). Questa tipologia di nomenclatura risulta essere di gran lunga quella più precisa in quanto descrive chimicamente l'acido grasso in maniera inequivocabile ma, essendo lunga viene preferito l'uso di altri sistemi. La nomenclatura più semplice è senza dubbio la cosiddetta notazione abbreviata che utilizza il sistema C:D ove rispettivamente sono indicati il numero di atomi di carbonio e il numero di doppi legami. L'acido oleico viene indicato come 18:1. Altro sistema semplice è la notazione (n-) o omega (ω), la numerazione inizia dal gruppo metilico e il doppio legame viene indicato con il numero dell'atomo di carbonio più vicino ad esso. Ad esempio l'acido oleico viene indicato come *C18:1 Ω9* oppure *C18.1 n9*. Il sistema delta (Δ) attualmente risulta uno dei più utilizzati, oltre a riportare il numero di atomi di carbonio indica la posizione dei doppi legami partendo da quello più vicino al gruppo carbossilico, viene inoltre specificata anche la configurazione cis/trans. L'acido oleico viene indicato come *cis-Δ9-18:1*. Il sistema di nomenclatura utilizzato da più tempo è quello tradizionale ed è sicuramente quello meno preciso dal punto di vista tecnico oltre a creare alcune ambiguità. Il nome dell'acido deriva dalla fonte animale o vegetale da cui è stato isolato la prima volta o nelle quali si trova in grandi quantità. Ad esempio l'acido miristico deriva il suo nome dal fatto che si trova i grandi quantità nei frutti delle piante appartenenti alla famiglia delle Myristiacecae. (Casimir C. Akoh, 2008)

La comunità scientifica risulta essere d'accordo nel classificare in maniera inequivocabile gli acidi grassi in base alla presenza o meno di doppi legami nella catena alifatica: gli acidi grassi saturi (SFA) sono quelli che non contengono doppi legami, gli acidi grassi monoinsaturi (MUFA) contengono un solo doppio legame e gli acidi grassi polinsaturi (PUFA) che contengono due o più doppi legami (figura1.1).

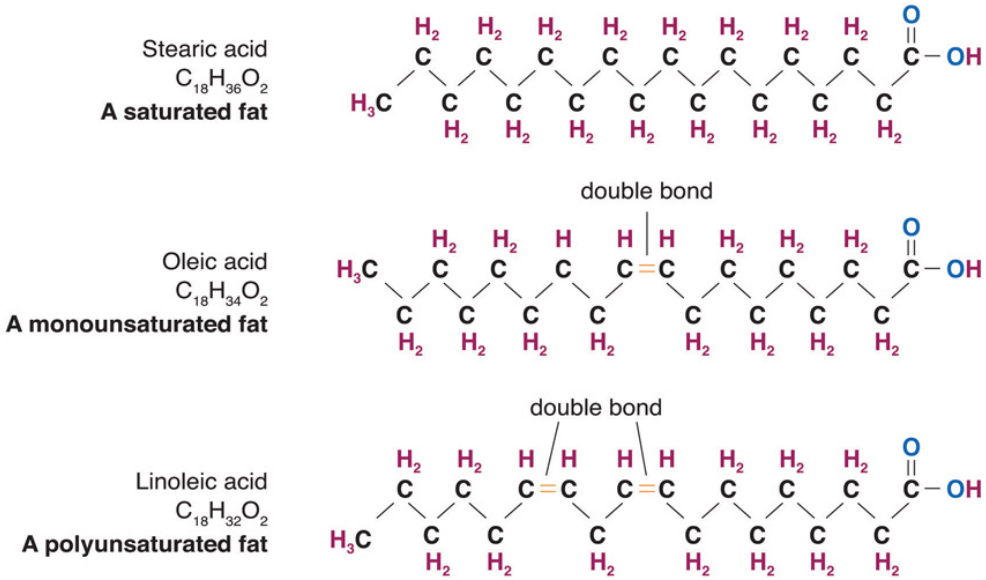

Figura 1-1: esempio grafico di acidi grassi: saturo, mono e polinsaturo

Fonte: (Zimmerman & B, 2012)

1.3 **Acidi grassi saturi: caratteristiche, fonti alimentari e consumo.**

Gli acidi grassi che contengono solo singoli legami carbonio-carbonio vengono definiti saturi. La maggior parte degli acidi grassi saturi presenti in natura hanno una struttura non ramificata con un numero pari di atomi di carbonio. Gli acidi grassi saturi (SFA) hanno la seguente formula generale: R-COOH, in cui R rappresenta la catena idrocarburica lineare della formula CH_3 $(CH_2)_x$ oppure C_n H_{2n+1}. Gli acidi grassi saturi sono i meno reattivi chimicamente e perciò sono più stabili rispetto ai grassi insaturi. Il numero di atomi di carbonio che compongono la catena alifatica determina anche il punto di fusione e quindi la fluidità degli acidi grassi: esso aumenta all'aumentare della lunghezza della catena. (Berg, et al., 2002)

In natura gli acidi grassi saturi contengono 2-30 o più atomi di carbonio, tuttavia nella maggior parte dei lipidi alimentari troviamo catene costituite da 2-24 atomi di carbonio, essi sono elencati in tabella 1.2 con la relativa nomenclatura comune, la nomenclatura IUPAC e la forma abbreviata.

Non esiste una classificazione univoca, tuttavia alcuni autori, come ad esempio (FAO, 2010), dividono gli acidi grassi saturi in 4 sub-classi, in base alla lunghezza della catena: acidi grassi a corta catena: costituiti da 3 – 7 atomi di carbonio, acidi grassi a media catena: costituiti da 8 – 13 atomi di carbonio, acidi grassi a lunga

catena: costituiti da 14 – 20 atomi di carbonio e acidi grassi a catena molto lunga: costituiti da 21 – o più atomi di carbonio. In natura i principali grassi saturi che troviamo nei cibi sono il butirrico e il caproico che sono presenti nel latte, il caprilico, il caprico e il laurico presenti in grassi animali e negli oli vegetali e lo stearico componente importante del burro di karitè e del burro di cacao (Ratnayake & Galli, 2009).

Tabella 1-2: Principali grassi saturi con relativi: numeri di atomi di carbonio, denominazione IUPAC, denominazione comune, notazione abbreviata e fonti alimentari

Numero atomi di carbonio	Denominazione IUPAC	Denominazione comune	Notazione abbreviata	Fonti in natura
4	Butanoico	Butirrico	C4:0	Grasso del latte
5	Valerico	Pentanoico	C5:0	
6	Caprinico	Esanoico	C6:0	Grasso del latte, olio di cocco, di palmisti
7	Enantico	Eptanoico	C7:0	
8	Caprilico	Ottanoico	C8:0	Grasso del latte, olio di cocco, di palmisti
9	Pelargonico	Nonanoico	C9:0	
10	Caprico	Decanoico	C10:0	Grasso del latte, olio di cocco, di palmisti, semi di olmo
11	-	Undecanoico	C11:0	
12	Laurico	Dodecanoico	C12:0	Semi di *Lauraceae*, oli di cocco e di palmisti
13	-	Tridecanoico	C13:0	
14	Miristico	Tetradecanoico	C14:0	Tutti gli oli e grassi animali e vegetali

				(principalmente cocco, palmisti e *Miristicaceae*)
15	-	Pentadecanoico	C15:0	
16	Palmitico	Esadecanoico	C16:0	Tutti gli oli e grassi animali e vegetali (principalmente sego, strutto, palma e cacao)
17	Margarico	Eptadecanoico	C17:0	
18	Stearico	Ottadecanoico	C18:0	Tutti gli oli e grassi animali e vegetali (principalmente sego, strutto e cacao)
19	-	Nonadecanoico	C19:0	
20	Arachico	Eicosanoico	C20:0	Tutti gli oli e grassi animali e vegetali
22	Beenico	Docosanoico	C22:0	Tutti gli oli e grassi animali e vegetali
24	Lignocerico	Tetracosanoico	C24:0	Tutti gli oli e grassi animali e vegetali
26	Cerotico	Esacosanoico	C26:0	
28	Montanico	Ottacosanoico	C28:0	
30	Melissico	Tricontanoico	C30:0	
32	Laccerico	Dotricosanoico	C32:0	
33	Ceromelissico	Titricosanoico	C33:0	
34	Geddico	Tetratricosanoi	C34:0	

		co	
35	Ceroplastico	Pentatricosanoi	C35:0
		co	

Fonti: (Conte, 2004), (Casimir C. Akoh, 2008), (FAO, 2010)

Tabella 1-3: Fonti alimentari in ordine decrescente in base al contenuto assoluto di acidi grassi saturi

Alimento	Acidi grassi saturi (g/100gr)
Olio di cocco	85,9
Burro di cacao	61,1
Burro per arrostire	58,9
Noce di cocco, secca	54,8
Burro del caseificio	49,5
Burro speciale	49,4
Burro da cucina	49,3
Strutto	42,4
Grasso-olio di palma	41,3
Noce di cocco	37
Biscotti al cocco	34,8
Doppia panna, pastorizzata	30
Mascarpone	29,2
Burro semigrasso	24,1
Margarina	22,3
Ciccolato, bianco	21,9
Formaggio Tete de Moine	21,3
Formaggio morbido, doppia panna	21
Panna acida	21
Panna intera, pastorizzata	20,9

Fonte: (Banca dati svizzera dei valori nutritivi, s.d.)

Tabella 1-4: Fonti alimentari in ordine decrescente in base al contenuto percentuale di acidi grassi saturi in rapporto al contenuto lipidico totale

Alimento	Acidi grassi saturi (%/contenuto lipidico totale)
Cocco, essiccato	92,46
Cocco, fresco	92,44
Olio di cocco	91,94
Latte di pecora	73,92
Latte di vacca, pastorizzato, scremato	70,00
Ricotta di pecora	69,75
Latte di capra	69,17
Yogurt da latte, parzialmente scremato	68,99
Grana Padano DOP	68,34
Yogurt da latte intero	68,05
Provolone	68,03
Ricotta di vacca	68,01
Besciamella	66,64
Parmigiano Reggiano DOP	65,98
Caciotta mista	65,92
Torta di mele	65,48
Burro	64,99
Yogurt da latte intero, alla frutta	64,94
Fontina	64,42
Gorgonzola	64,23

Fonte: (CREA, s.d.).

Gli acidi grassi saturi non sono considerati come essenziali nella dieta in quanto sono sintetizzati dall'organismo umano. La riduzione dell'apporto dei grassi saturi comporta un minor rischio di insorgenza del diabete mellito di tipo 2 grazie ad un decremento dell'insulino-resistenza. La loro sostituzione, nella dieta, con acidi grassi mono e polinsaturi comporta una riduzione del rischio cardiovascolare grazie ad un miglioramento del profilo lipidemico e lipoproteico, inoltre si abbassa la colesterolemia e di conseguenza una diminuzione del rischio di insorgenza di alcune malattie ad essa correlate. Un minor consumo di grassi saturi incide positivamente sull'incidenza dei tumori (CREA, 2019). Per

questi motivi si consiglia una bassa assunzione di grassi saturi all'interno di un'alimentazione sana ed equilibrata, come indica il Panel scientifico dell'EFSA (EFSA, Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA), 2010), e laddove possibile sostituirli con grassi insaturi. Il CREA invece consiglia un'assunzione non superiore al 10% delle calorie giornaliere totali (CREA, 2019).

1.4 **Acidi grassi insaturi: caratteristiche.**

Vengono definiti "insaturi" gli acidi grassi che contengono uno o più solo doppi legami carbonio-carbonio nella catena alifatica, la cui presenza influenza fortemente alcune caratteristiche chimico-fisiche. Oltre al punto di fusione di cui abbiamo parlato in precedenza i doppi legami rendono il relativo acido grasso molto suscettibile alle reazioni ossidative: ciò determina la stabilità degli alimenti ed importanti funzioni benefiche nell'organismo umano che verranno trattate in seguito. (Hamam, 2013)

Il doppio legame, presente negli acidi grassi insaturi, può avere una configurazione *cis* oppure una configurazione *trans*: nel primo caso gli idrogeni legati agli atomi di carbonio coinvolti nel doppio legame sono situati nello stesso lato mentre nel secondo caso sono disposti in maniera opposta l'uno dall'altro, come è illustrato in figura 1.2. Le due differenti configurazioni geometriche contribuiscono a determinare alcune caratteristiche fisiche che influenzano l'aspetto salutistico e nutrizionale. (FAO, 2010)

Figura 1-2: esempi di configurazione cis e trans

Fonte: (FAO, 1994)

Nella configurazione *trans* l'angolo del doppio legame è piccolo e quindi la catena risulta essere quasi lineare consentendo la formazione di forze attrattive intermolecolari e rendendo la catena più rigida, nella configurazione *cis* il doppio legame forma un angolo di circa 30°

(figura1.3) provocando un ripiegamento della catena rendendola più flessibile, per questi motivi la formazione di legami intermolecolari risulta essere difficile perciò il punto di fusione dei grassi *cis* risulta essere più basso rispetto ai *trans*. Ad esempio l'acido oleico fonde a 13C° mentre notiamo come il suo isomero *trans,* cioè l'acido elaidinico, fonda a 44 C°. A parità di lunghezza della catena il punto di fusione dell'acido grasso saturo Sterico C18:0 risulta essere più elevato: 72C°. (Rustan & Drevon, 2005) (Valenzuela & Morgado, 1999) (Cappelli & Vannucchi, 2005)

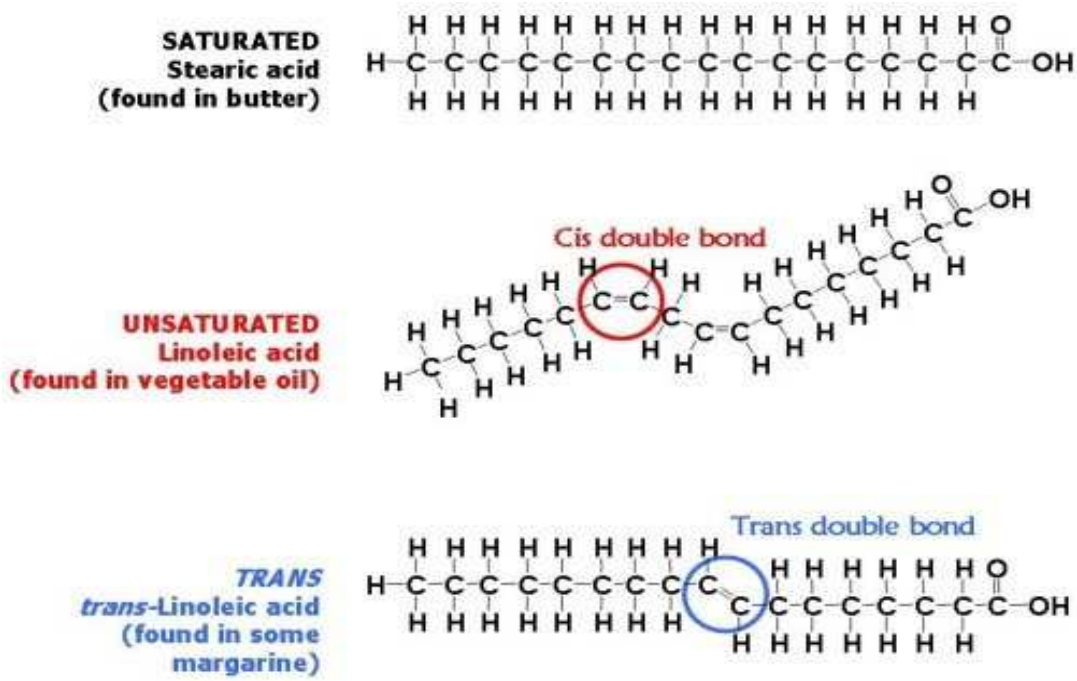

Figura 1-3: esempi di acidi grassi cis, trans e saturo e loro configurazione

Fonte: (A Level Biology, s.d.)

1.4.1 *Acidi grassi monoinsaturi: caratteristiche, fonti alimentari e consumo.*

Con il termine "monoinsaturo" ci riferiamo agli acidi grassi che contengono esclusivamente un doppio legame. In natura esistono molti acidi grassi appartenenti a questa categoria ma quelli più conosciuti e diffusi sono l'acido palmitoleico (C16:1 n-9) e l'acido oleico (C18:1 n -9) quest'ultimo presente soprattutto negli oli di oliva, di girasole ed altri oli di origine vegetale, questi acidi grassi non sono considerati essenziali poiché l'organismo umano è in grado di sintetizzarli.

Tabella 1-5: Principali grassi monoinsaturi con relativi: numeri di atomi di carbonio, denominazione IUPAC, denominazione comune, notazione abbreviata e fonti alimentari.

Numero atomi di carbonio	Denominazione IUPAC	Denominazione comune	Notazione abbreviata	Fonti in natura
10	Cis-9-decanoico	Caproleico	C10:1	Latte
14	Cis-9-tetradecenoico	Miristoleico	C14:1	Latte
16	Cis-6-esadecenoico	Palmitoleico	C16:1	Grassi animali e vegetali
18	Cis-6-ottadecenoico	Petroselinico	C18.1 n-6	Latte
18	Cis-9ottadecenoico	Oleico	C18:1 n -9	Oli e grassi (soprattutto di oliva e di semi)
18	Trans-9-ottadecenoico	Elaidinico	C18:1 n-9	Latte e margarine
18	Trans-11-ottadecenoico	Vaccenico	C18:1 n-11	Latte
18	Cis-11-ottadecenoico	Vaccenico	C18:1 n-11	Olio di pesce
20	Cis-9-eicosenoico	Gadoleico	C20:1 n-9	Olio di pesce
20	Cis-11-eicosenoico	Gondoico	C20:1 n -11	Olio di pesce
22	Cis-11-docosenoico	Cetoleico	C22:1 n -11	Olio di pesce
22	Cis-13-docosenoico	Erucico	C22:1 n-13	Olio di *Cruciferae*
24	Cis-13-tetracosenoico	Selacoleico	C24:1 n-13	Cerebrosidi
26	Cis-17-esacosenoico	Ximenico	C26:1 n-17	*Ximenia americana*
26	Cis-21—esacosenoico	Lumechico	C26:1 n-21	

Fonti: (Conte, 2004), (Casimir C. Akoh, 2008), (FAO, 2010)

Tabella 1-6: Fonti alimentari in ordine decrescente in base al contenuto di acidi grassi monoinsaturi

Alimento	Acidi grassi saturi (g/100gr)
Olio di colza, alto oleico	68,4
Olio di oliva	67,7
Olio di girasole, raffinato	67,5
Olio di colza	53,7
Maionese fatta in casa con olio di colza	50,9
Nocciole	46,6
Olio di arachidi	44,6
Salsa cocktail fatta in casa con maionese di colza	43,6
Strutto	41,4
Salsa per insalata italiana con olio di oliva	38,1
Margarina	37,3
Grasso e oliodi palma	34,9
Mandorle tostate e salate	34,8
Mandorle tostate senza grasso e salate	32,4
Mandorle	31,6
Burro di cacao	31,4
Biscotti alle nocciole	29
Olio di semi di zucca	28,5
Olio di semi di girasole	27,7
Burro di arachidi	27,3

Fonte: (Banca dati svizzera dei valori nutritivi, s.d.)

Tabella 1-7: Fonti alimentari in ordine decrescente in base al contenuto percentuale di grassi monoinsaturi in rapporto al contenuto lipidico totale

Alimento	Acidi grassi monoinsaturi (%/contenuto lipidico totale)
Avocado fresco	83,36
Macadamia	81,20
Oliva giarraffa	78,2
Olio di oliva extra vergine	77,27
Patatine fritte, fast food	76,71
Nocciole secche	75,85
Olio di oliva	75,28
Stoccafisso alla vicentina	73,05
Oliva Nocellara del Belice	72,9
Mandorle dolci, secche	72,04
Olive, verdi, in salamoia	71,56
Pistacchi	69,16
Pistacchio di bronte DOP	68,97
Brasato al Barolo	66,30
Olio di colza	63,49
Castagnaccio	63,47
Carciofi alla romana	62,59
Anacardi	61,40
Pasta alle vongole	60,9
Aringa	59,74

Fonte: (CREA, s.d.).

Il consumo di acidi grassi monoinsaturi contribuisce, in piccola parte, alla riduzione dei livelli di colesterolemia. Il CREA consiglia un'assunzione di grassi monoinsaturi in una percentuale compresa tra il 10 e il 15% delle calorie totali giornaliere (CREA, 2019).

1.4.2 *Acidi grassi polinsaturi: caratteristiche, fonti alimentari e consumo.*

Vengono definiti "polinsaturi" tutti quei acidi grassi che contegono più di due doppi legami nella catena alifatica. Tali acidi grassi vengono prodotti esclusivamente da piante e fitoplancton e vengono definiti "essenziali" (EFA o AGE) per gli esseri umani in quanto il nostro organismo non è in grado di sintetizzarli pertanto devono essere assunti esclusivamente attraverso la dieta, tanto che in commercio si trovano sempre più alimenti arricchiti con acidi grassi polinsaturi. (Rustan & Drevon, 2005) (Conte, 2004). Gli acidi grassi essenziali sono due: l'acido linoleico (ω3) e l'acido α-linolenico (ω6), i quali, tramite reazioni di desaturazione, elongazione ed ossidazione, sono i precursori dei relativi gruppi di acidi gassi n-3 ed n-6. (Casimir C. Akoh, 2008). I doppi legami della catena alifatica generalmente si trovano in forma isolata, tuttavia ci sono alcuni casi in cui essi sono presenti in forma coniugata (tabella 1.9). La principale fonte di acidi grassi polinsaturi in forma coniugata è il latte: la sintesi di tale tipologia di acidi grassi avviene nei bovini, più precisamente nel loro rumine grazie ad una reazione di isomerizzazione biologica che ha come substrato l'acido linoleico e l'acido α-linolenico, i quali presentano i doppi legami tra gli atomi di carbonio 9,10 e 11,12. In commercio possono trovarsi acidi grassi aventi legami coniugati in seguito a trattamenti tecnologici. (Conte, 2004)

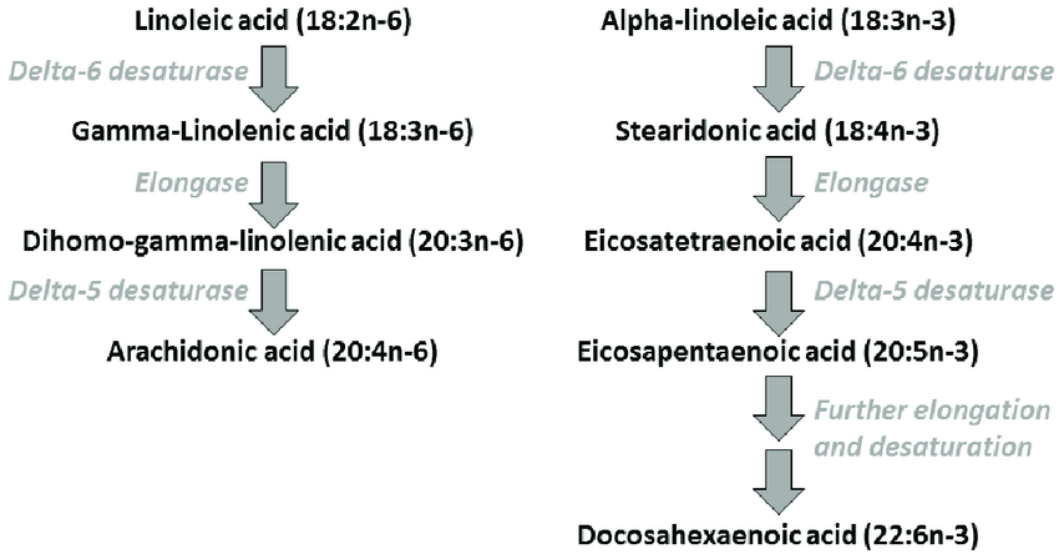

Figura 1-4: Vie metaboliche di conversione degli acidi linoleico e α-linoleico nei rispettivi acidi grassi n-6 ed n-3 aventi una catena più lunga

Fonte: (Miles & Calder, 2017)

Tabella 1-8: Principali grassi polinsaturi con relativi: numeri di atomi di carbonio, denominazione IUPAC, denominazione comune, notazione abbreviata e fonti in natura

Numero atomi di carbonio	Denominazione IUPAC	Denominazione comune	Notazione abbreviata	Fonti in natura
18	9,12-ottadecadienoico	Linoleico	C18:2 n-6	Olio di girasole
18	Cis9,trans11-ottadecadienoico	Rumenico	C18:2	Latte, grassi di ruminanti
18	9,12,15-ottadecatrienoico	α-linolenico	C18:3 n-3	Pesce ricco di grassi, oli vegetali
18	6,9,12-ottadecatrienoico	γ-linolenico	C18:3 n-6	Olio di borragine
18	6,9,12,15-ottadecatetraenoico	Stearidonico	C18:4 n-3	Oli di semi di canapa e di ribes nero, olio di pesce
20	5,8,11,14-eicosatetraenoico	Arachidonico	C20:4 n-6	Grassi animali, olio di pesce
20	5,8,11,14,17-eicosapentaenoico	Timnodonico (EPA)	C20:5 n-5	Olio di pesce
22	7,10,13,16,19-docosapentaenoico	Clupanodonico (DPA)	C22:5 n-3	Olio di pesce
22	4,7,10,13,16,19-docosaesaenoico	Cervonico (DHA)	C22:6 n-3	Olio di pesce
24	6,9,12,15,18,21-tetracosaesaenoico	Nisinico	C24:6	Olio di pesce

Fonti: (Conte, 2004), (Casimir C. Akoh, 2008), (FAO, 2010)

Tabella 1-9: Principali grassi polinsaturi con doppi legami coniugati e relativi: numeri di atomi di carbonio, denominazione IUPAC, denominazione comune, notazione abbreviata e fonti in natura

Numero atomi di carbonio	**Denominazione IUPAC**	**Denominazione comune**	**Notazione abbreviata**	**Fonti in natura**
18	Cis,trans,trans-9,11,13-octadecatrienoico	α-eleostearico	C18:3	Olio di Tung
18	Cis,trans,cis-9,11,13-octadecatrienoico	α-punico	C18:3	Olio di *Rosaceae*
18	9,11,13,15-octadecatetraenoico	α-pumarico	C18:4	

Fonte: (Conte, 2004)

Tabella 1-10: Fonti alimentari in ordine decrescente in base al contenuto assoluto di acidi grassi polinsaturi

Alimento	Acidi grassi polinsaturi (g/100gr)
Olio di noce	69,6
Olio di cardo	68
Olio di semi di lino, spremuto a freddo	67
Olio di vinaccioli	58,8
Olio di germe di grano	55,5
Olio di soia	53,2
Olio di semi di mais	49,9
Olio di semi di zucca	49,5
Noci	49,4
Olio di semi di girasole	49,1
Maionese	42,5
Pinoli	34,1

Noce del Brasile	27,3
Semi di girasole	25,4
Olio di colza	24,2
Olio di arachidi	23,3
Semi di lino	23,1
Maionese, fatta in casa con olio di colza	22,7
Semi di zucca	21
Maionese a valore energetico ridotto	19,6

Fonte: (Banca dati svizzera dei valori nutritivi, s.d.)

Tabella 1-11: Fonti alimentari in ordine decrescente in base al contenuto percentuale di acidi grassi polinsaturi in rapporto al contenuto lipidico totale

Alimento	Acidi grassi polinsaturi (%/contenuto lipidico totale)
Aglio rosso di Castelliri	74,8
Aglio rosso di Sulmona	73,2
Noci, secche	72,81
Aglio	72,6
Aglio rosso di Procerno	72,2
Olio di vinaccioli	72,02
Aglio bianco Piacentino	70,0
Maionese industriale	69,26
Germe di frumento	65,87
Frumento tenero	65,06
Pasta di semola	64,85
Orzo perlato	64,71
Sogliola	64,12
Sogliola, surgelata	63,67
Farina di frumento, tipo 0	63,33
Olio di germe di grano	62,81
Crusca di frumento	62,53
Olio di soia	62,13
Frumento duro	61,41

Farina di soia	60,39

Fonte: (CREA, s.d.).

La categoria dei grassi polinsaturi contiene diversi acidi grassi molto importanti per la salute umana, due di essi l'acido linoleico e l'acido α-linolenico sono definiti essenziali in quanto l'organismo umano non è in grado di sintetizzarli perciò devono essere obbligatoriamente assunti tramite la dieta. L'assunzione aiuta a ridurre la concentrazione di colesterolo LDL e aumentare il colesterolo HDL, mentre a digiuno riduce la concentrazione di triacilglicerolo nel sangue rispetto ai carboidrati (EFSA, Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA), 2010). Il Panel di esperti scientifici dell'EFSA propone di stabilire un apporto adeguato di acido linoleico del 4% rispetto all'apporto energetico giornaliero (EFSA, Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA), 2010). Per quanto riguarda l'acido α-linolenico il Panel di esperti scientifici dell'EFSA propone di impostare un apporto adeguato per l'acido alfa-linolenico dello 0,5% rispetto all'apporto energetico giornaliero (EFSA, Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA), 2010). Altri due acidi grassi polinsaturi importanti per l salute sono l'acido eicosapentaenoico (EPA) e l'acido docosaesaenoico (DHA). Studi hanno dimostrato effetti benefici degli acidi grassi omega-3 su fattori di rischio cardiovascolare riconosciuti, come una riduzione delle concentrazioni plasmatiche di triacilglicerolo, aggregazione piastrinica e pressione sanguigna, in generale riducono il rischio di mortalità per malattia coronarica e morte cardiaca improvvisa. L'assunzione di questi due acidi grassi risulta avere effetti benefici anche per un corretto sviluppo delle funzioni cognitive (CREA, 2019). L'assunzione di grassi polinsaturi è importante perché sono coinvolti nella modulazione delle risposte antinfiammatorie in quanto precursori di sostanze coinvolte nella suddetta azione (CREA, 2019). Il CREA consiglia un'assunzione di acidi polinsaturi compresa tra il 5 e il 10% delle calorie totali, la suddette percentuale dovrebbe essere divisa in 4-8% di grassi omega-6 e il restante 0,5-2% di grassi omega-3 (CREA, 2019).

Capitolo 2
I FRUTTI TROPICALI

2.1 **Introduzione**

Ai fini del presente elaborato sono stati analizzati diciotto diversi frutti colombiani appartenenti a undici diverse famiglie, ciò è importante poiché il paese sudamericano presenta un'alta biodiversità infatti secondo alcune stime possiede circa il 12% della ricchezza vegetale del mondo (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012). Di seguito i frutti analizzati sono elencati in ordine alfabetico e per ognuno di essi vengono riportate le principali caratteristiche botaniche, la composizione chimica e i possibili effetti benefici sulla salute umana.

2.2 **Borojo**

Il *Borojo* è una pianta appartenente alla famiglia delle Rubiaceae ed il nome scientifico è *Borojoia patinoi*. Principalmente diffusa nelle foreste pluviali di Colombia, Brasile, Perù, Ecuador e Panama è stata inserita nell'elenco dell'Unione Europea come novel food (European Commission, s.d.). La pianta raggiunge i 3-5 m di altezza, il frutto è particolarmente grande: la lunghezza si attesta intorno ai 12 cm e il peso intorno ai 740 – 1000 gr con una forma tonda e un colore bruno e possiede dai 90 ai 640 semi. La polpa rappresenta l'88 % del peso totale ed è mediamente costituito dal 29,40% da carboidrati totali, dal 2,33% di fibra, dallo 0,05% di grassi, dall'1,18% di proteine. L'energia totale apportata è pari a 127,37 kcal per 100 gr, l'umidità al 65,98%, la materia secca al 34,03% e le ceneri il restante 1,07% (Pulles, 2018). Il contenuto totale di fenoli (TPC) variava da 36,41 a 53,6 mg GAE / 100 g frutto fresco, mentre i flavonoidi totali (TFC) da 88,45 a 49,83 mg RE / 100 g di frutto fresco. Tra i 21 composti volatili rilevati il principale è il 2-nonanolo. L'estratto mostra delle buone proprietà antibatteriche, principalmente contro *Salmonella enteritidis, Salmonella typhimurium, Listeria monocytogenes, Staphylococcus aureus, Brochotrix thermosphacta* e una buona capacità antiossidante (Lòpez, et al., 2015).

2.3 **Carambolo**

La piante del *Carambolo*, conosciuta anche come *Starfruit*, appartiene alla famiglia delle Oxalidaceae, il nome scientifico è *Averrhoa carambola*. Essa è una pianta esotica coltivata nelle regioni tropicali e sub tropicali del mondo, può raggiungere l'altezza di 12 – 15 m, il frutto ha una forma ovoidale o ellissoide lungo circa 6 – 13 cm con cinque nervature longitudinali che fanno si che visto in maniera trasversale ha una forma a stella, la buccia ha una superficie cerosa e ha un colore dorato. La maggior parte dei frutti risulta acido e quindi poco adatto al consumo fresco, tuttavia viene utilizzato per altri impieghi mentre i frutti appartenenti alle selezioni dolci vengono consumati freschi (Litz & Griffis Jr, 1989). Nel frutto gli acidi grassi insaturi rappresentano il 77% degli acidi grassi totali. Il pericarpo del frutto grazie alla presenza di 96 composti volatili ha mostrato attività antinfiammatorie, antipiretiche, analgesiche, anticonvulsivanti, antiossidanti, ipolipidemiche, ipoglicemizzanti e attività antimicrobiche contro batteri e funghi selezionati. Tra le sostanze antiossidanti i polifenoli sono il principale costituente, in particolar modo i sottoprodotti hanno dimostrato di possederne in ottime quantità tanto da essere gli estratti dei residui una potenziale risorsa nutraceutica. (Pantaleón-Velasco, et al., 2014) (Putta & Kilari, 2015) (Wei, et al., 2014) (Shui & Leong, 2004)

2.4 **Cherimoya**

La pianta del *Cherimoya* appartiene alla famiglia delle Annonaceae e il nome scientifico è *Annona cherimola*, a tale famiglia appartengono molti generi, tuttavia solo 3 producono frutti edibili, di queste il genere *Annona* è quello a cui appartengono la maggior parte delle specie coltivate ed è originaria del sud America. Questa pianta cresce velocemente e può raggiungere i 9 m di altezza, l frutto di Cherimoya (Fig. 3) è una bacca di concrescenza formata dalla fusione di molti carpelli e il ricettacolo floreale, il peso medio della polpa del frutto si attesta sui 310-320 gr (Cuevas, et al., 2011). Oltre a grassi, proteine e carboidrati i frutti di Cherimoya forniscono diverse vitamine, principalmente vitamina C e altre quantità significative di vitamina B6, riboflavina, tiamina e folato. Il frutto di Cherimoya contiene anche diversi minerali essenziali e sono particolarmente ricchi di potassio, rame, manganese e magnesio (Albuquerque, et al., 2016). L'area di produzione totale del Cherimoya in tutto il mondo si attesta intorno ai 13.500 ettari con una produzione di 81.000 tonnellate (Cuevas, et al., 2011). Il contenuto di acidi grassi varia in base alle cultivar e in base alle parti del frutto: i semi contengono principalmente cis-9-C18: 1, C18: 2n-6 e C16: 0, la buccia e la polpa

contengono principalmente acido grasso C18: 2n-6 (Masson, et al., 2008). Il contenuto in tocoferolo è stato rilevato principalmente nei semi e in quantità minore nella buccia (García-Salas, et al., 2015). La buccia di Cherimoya è il parte più ricca del frutto in composti fenolici, seguita da semi e polpa, la famiglia più importante è quella dei flavan-3-oli (García-Salas, et al., 2015). Studi hanno evidenziato la capacità antiossidante del frutto e dei suoi sottoprodotti i quali possono rappresentare un'ottima risorsa per il campo alimentare, cosmetico e farmaceutico. Studi evidenziano come A. cherimola abbia elevate proprietà antiossidanti e che il più alto antiossidante il potenziale si trova principalmente nel succo della pianta e in misura minore nella sua buccia. Il consumo regolare di A. cherimola può contribuire ad aumentare capacità antiossidante del siero umano e può quindi aiutare a prevenire lo sviluppo di malattie cardiovascolari, neurodegenerative, cancro e altre malattie correlate allo stress ossidativo (Gupta-Elera, et al., 2011).

2.5 **Chontaduro**

La pianta del *Chontaduro*, conosciuto anche come *Pejibaye*, appartiene alla famiglia delle Arecaceae, il cui nome scientifico è *Bactries gasipaes*. Si tratta di una pianta che può arrivare fino ai 10-20 m di altezza con un frutto di colore giallo-verde o giallo-arancio (Bereau, et al., 2003). La costituzione media del frutto è data dal I livelli medi di proteine variano dall'1,8 al 2,7%, i livelli di lipidi variano dal 3,5 al 11,1%, la frazione priva di azoto varia dal 24,3 al 35%, la fibra alimentare varia dal 5,2% all'8,7%, e l'energia varia da 179,1 a 207,4 kcal%. Questo frutto contiene tutti gli amminoacidi essenziali, leucina e valina maggiormente presenti, e non essenziali (Yuyama, et al., 2003) . Tra i costituenti della frazione grassa l'acido laurico e l'acido miristico sono i più abbondanti, per quanto riguarda la frazione in saponificabile il β-sitosterolo e lo squalene sono le sostanze più presenti. Nel mesocarpo troviamo una buona quantità di α-tocoferolo (Radice, et al., 2014). (Santos, et al., 2013)

2.6 **Curuba**

La pianta del *Curuba*, conosciuta anche come *Banana passionfruit* appartiene alla famiglia delle Passifloraceae, al genere *Passiflora* e alla specie *Passiflora tripartita* var. *mollissima*. *Passiflora* è un genere comprendente molte specie diffuse in tutto il pianeta e la var. *mollissima* è originaria delle alte quote delle regioni caratterizzate dalla presenza delle

Ande in Colombia, Perù, Bolivia e Venezuela. Proprio la Colombia, con le 167 specie riportate è la nazione più ricca, 165 delle quali sono native di questa nazione, concentrate soprattutto nella regione delle Ande ove troviamo circa l'81% delle specie. Circa 42 specie producono frutti edibili, dei quali 9 sono coltivati in maniera commerciale (Pérez, et al., 2007). Nel 2009 in Colombia erano coltivati 1323 ettari. La pianta è perenne, legnosa e può cresce fino ad arrivare a 8-10m di altezza, il frutto è una bacca avente una forma oblunga o oblunga-ovoidale con una lunghezza di 5-12 cm e una larghezza di 3-4 cm che presenta una buccia coriacea, morbida ma spessa di colore giallo paglierino o giallo-arancio, talvolta verde a maturità, ricoperta da una pubescenza. L'epicarpo è duro ma flessibile e il mesocarpo molto sottile (Popay, 2012). La polpa, che costituisce il 60% del peso, è di colore arancione e contiene dei piccoli semi di colore nero, piatti ed ellittici circondati da un arillo. Il nome comune si riferisce proprio al frutto che a maturità raggiunta assomiglia per forma e colore ad una classica banana. *P. tripartita* var. *mollissima* è stata fin da sempre coltivata in ambito domestico per uso alimentare (Popay, 2012). Il consumo del frutto e del succo da esso derivato comporta dei benefici a livello della salute umana, infatti nella buccia e nella polpa sono stati isolati ben 31 composti fenolici bioattivi e alcuni studi hanno dimostrato che un consumo regolare potrebbe avere una proprietà chemio-protettiva nei confronti del cancro al colon-retto (Simirgiotis, et al., 2013) (R., et al., 2015).

2.7 **Feijoa**

La pianta del *Feijoa* appartiene alla famiglia delle Myrtaceae e il nome scientifico è *Acca sellowiana* ed è endemica delle zone del sud America che si trovano ad una altitudine elevata. La pianta è sempreverde e i frutti si sviluppano in bacche con una forma ovale – arrotondata di colore verde, la buccia esterna racchiude uno strato di polpa granulare bianca che contiene molti scleridi che conferiscono al frutto una struttura dall'aspetto granuloso. I semi si trovano in una zona centrale a 3-5 lobi cavità e sono incorporati in una gelatina traslucida. Il frutto viene utilizzato per il consumo fresco o per la trasformazione in una vasta gamma di prodotti (Weston, 2010). Il frutto contiene poche calorie ma è una buona fonte di vitamina C ed è ricco in fibre e minerali, è dolce ed ha un sapore aromatico, la pelle invece è acida e amara. Studi hanno evidenziato la capacità antiossidante derivata da un buon contenuto di composti fenolici e una proprietà antitumorale grazie alla presenza di un olio volatile altamente aromatico. (Harman, 1987) (Keles, et al., 2011) (Weston, 2010)

2.8 **Granadilla**

La pianta del *Granadilla*, conosciuta anche come *Sweet granadilla*, appartiene alla famiglia delle Passifloraceae, il nome scientifico è *Passiflora ligularis* ed è ampiamente diffusa in America latina. Questa specie messa a confronto con le altre appartenenti al genere *Passiflora* mostra la più alta attività antiossidante (Marroquin, et al., 2013).

2.9 **Guajava**

La pianta del *Guajava* o *Guava* appartiene alla famiglia delle Myrtaceae, al genere *Psidium* L. e alla specie *Guajava* e il nome scientifico è *Psidium guajava*. La pianta è originaria del Messico e si è poi diffusa in Europa, Asia, Africa e principalmente si trova nelle regioni tropicali e sub-tropicali, può raggiungere circa 6 m di altezza. Il frutto a maturazione può essere rotondo, ovoidale oppure a forma di pera lungo circa 2,5-10 cm con una sottile buccia di colore giallo chiaro, sotto alla pelle c'è uno strato di polpa granulosa e all'interno la polpa centrale più scura che contiene i semi (Arya, et al., 2012). I semi hanno un elevato contenuto in fitosteroli, circa 329 mg/100gr (principalmente stigma sterolo) e in tocoferoli: circa 665 ppm, principalmente troviamo α e γ-tocoferolo oltre ad un ottimo contenuto in acidi grassi polinsaturi essenziali (Piombo, et al., 2006).

Altri studi hanno rilevato la presenza di hanno rivelato la presenza flavonoidi, tannini, triterpenoidi, saponine, steroli e alcaloidi e un contenuto quattro volte maggiore di acido ascorbico rispetto all'arancia: tutto ciò rende l'estratto di questa pianta un potente antiossidante oltre ad un attività antimicrobica. (Piombo, et al., 2006) (Bailão, et al., 2015)

2.10 **Guanabana**

La pianta del *Guanabana*, conosciuta anche come *Soursop*, appartiene alla famiglia delle Annonaceae al genere *Annona* e il nome scientifico è *Annona muricata*. Originaria delle zone tropicali del sud America è attualmente diffusa nelle regioni tropicali e sub-tropicali. L'albero è un sempreverde che può raggiungere i 5-8 m di altezza e i frutti hanno una forma a cuore, sono di colore verde ed hanno un diametro che varia tra i 15 e i 20 cm (Zorofchian, et al., 2015). La composizione della polpa e dei semi (gr/100gr) è data da: 81,16 gr di umidità, 66 kcal di energia, 1 gr di proteine, 0,30 gr di lipidi, 16,84 gr di carboidrati, 3,30 gr di fibra e 20,60 mg di vitamina C (Moreno Luzia & Jorge, 2012). Studi fitochimici hanno dimostrato che le acetogenine sono i componenti principali con buona potenzialità nel

contrastare le cellule del cancro al pancreas (Zorofchian, et al., 2015).. Analisi sulla frazione lipidica dei semi indicano come essi siano una buona fonte di grassi insaturi soprattutto oleico e linoleico che conferiscono un'elevata stabilità ossidativa ma una bassa quantità di tocoferolo (Moreno Luzia & Jorge, 2012).

2.11 **Gulupa**

La pianta del *Gulupa,* conosciuto anche come *Poro poro*,appartiene alla famiglia delle Passifloraceae e il nome scientifico è *Passiflora pinnatistipula.* La pianta si adatta bene ad essere coltivata anche sopra i 2000 metri, il frutto ha una forma rotondeggiante ed è largo circa 5 cm. La polpa ha un colore che può variare dal grigio al giallo ed è caratterizzata da un buon profumo, all'interno contiene alcuni semi che sono abbastanza grandi (Ocampo, et al., 2017).

2.12 **Lulo**

La pianta del *Lulo*, conosciuta anche come *Naranjilla,* appartiene alla famiglia delle Solanaceae, al genere *Solanum*, alla specie *Solanum quitoense* e il nome scientifico è *Solanum quitoense*, essa è originaria delle Ande, coltivata e consumata principalmente in Ecuador, Colombia e America centrale. Il frutto ha una forma ovoidale con un guscio di colore giallo ed è diviso in 4 comparti contenenti la polpa che ha un sapore acido e un profumo gradevole e delicato, contiene numerosi semi che sono piatti e duri. Il frutto viene consumato sia in forma fresca sia come ingrediente per la preparazione di prodotti trasformati come succhi, nettari, gelati, caramelle, marmellate, gelatine, condimenti, sorbetti ed altri prodotti. (Mertz, et al., 2009) (Cerón, et al., 2012).La composizione chimica media della polpa fresca è rappresentata da circa il 90% di umidità, 0,6-0,7 gr di proteine, 0,01-0,2 gr di grassi, 5 gr di carboidrati, 0,3-4,5 gr di fibra ed una quantità di energia di18-24 kcal (Acosta, et al., 2009) Nella polpa è stata rilevata una buona quantità di acidi fenolici presentando una buona proprietà antiossidante. I semi, dato il loro buon contenuto in acidi grassi, possono essere un ottima materia prima per l'industria alimentare in termini di valorizzazione dei sottoprodotti (Cerón, et al., 2012).

2.13 **Mangostano**

La pianta del *Mangostano* appartiene alla famiglia delle Clusiaceae, al genere *Garcinia* e alla specie *Garcinia mangostana*. Il frutto da essa prodotto, una volta raggiunta la maturazione, risulta essere di colore viola scuro o rossastro, la polpa invece è di colore bianco ed ha una consistenza morbida, un sapore agrodolce ed un aroma gradevole. Il consumo di questo frutto è importante poiché alcuni studi hanno evidenziato come l'alto contenuto di xantoni influenza in maniera decisa l'azione antimicrobica, antitumorale, antimalaria, antiinfiammatoria, anticancro, antiossidante e antidiabetica del relativo estratto etanolico (Febrina, et al., 2018).

2.14 **Momoncillo**

La pianta del *Momoncillo* appartiene alla famiglia delle Sapindaceae e il nome scientifico è *Melicoccus bijugatus* originario del sud America: Colombia, Venezuela, Guyana francese e Suriname. Il frutto ha una buccia coriacea di colore verde che ricopre una buccia carnosa di color salmone la quale ricopre il seme che contiene l'embrione. Solitamente si consuma la polpa del frutto fresco che è dolce ed astringente, tal quale o tramite l'estrazione del succo, oltre volte viene utilizzato per la produzione di gelatina o torte, 100 gr di polpa da frutto fresco contiene: 0,5-1 gr di proteine, 0,08-0,2 di grassi, 13,5-19,2 gr di carboidrati, oltre a fosforo, calcio, ferro, acido ascorbico e carotene (Bystrom, et al., 2008) (Bystrom, 2012). Il seme contiene una buona quantità di fenoli totali, maggiore rispetto all'embrione e alla polpa (Bystrom, et al., 2008). Gli estratti di polpa hanno evidenziato di possedere proprietà antibatterica e antifungina. (Bystrom, et al., 2009)

2.15 **Noni**

La pianta chiamata comunemente *Cheese fruit* o *Noni* appartiene alla famiglia delle Rubiaceae, alla sottofamiglia delle *Rubiodeaae*, al genere *Morinda* e alla specie *citrifolia*, il nome scientifico è *Morinda citrifolia* L. (Pandiselvi, et al., 2019). L'origine risiede nell'Asia meridionale e successivamente la pianta si è diffusa, tramite l'uomo ed altri mezzi, nelle isole del pacifico occidentale, nei paesi del centro-sud dell'America e nel sud dell'Africa (Pandiselvi, et al., 2019) grazie al fatto che riesce a tollerare e prosperare in una vasta gamma di condizioni del terreno e ambientali (Sharma, et al., 2014). La pianta è un piccolo albero o arbusto sempreverde che alla maturità può arrivare ad un'altezza che varia dai 3 ai

10 m. Il frutto (sincarpo) è di colore bianco-giallastro lungo da 5 a 10 cm e largo da 3 a 4 cm, morbido e fetido una volta raggiunta la maturità (Pandiselvi, et al., 2019). La frutta di Noni in polvere risulta essere particolarmente ricca di carboidrati. Infatti su 100 gr di campione il 71% è rappresentato dai carboidrati, il 36% di fibra oltre al 5,2% di proteine e l'1,2% di grasso. Inoltre su un campione di polpa in polvere di 1200 mg troviamo 9,8 mg di vitamina C, 0,048 mg di niacina (vitamina B3), 0,02 di ferro e 32,0 mg di potassio, vitamina A, calcio e sodio in quantità modeste. Il frutto contiene altre sostanze: sostanze fitochimiche, tra cui lignani, oligo e polisaccaridi, flavonoidi, iridoidi, acidi grassi, scopoletina, catechina, beta-sitosterolo e alcaloidi. Molto interessante è il succo di arancia contiene 33,65 mg di vitamina C su 100 gr (Pandiselvi, et al., 2019). Diversi studi hanno messo in correlazione la sua composizione chimica con alcuni potenziali effetti benefici sulla salute, grazie alle sostanze fitochimiche e ai polisaccaridi presenti può avere una proprietà cardio-protettiva in una dieta ricca di grassi e colesterolo (Lin, et al., 2012.), minerali, vitamine, micro e macronutrienti gli conferiscono un possibile ruolo nel prevenire malattie cardiache, diabetiche, disfunzioni cognitive o cancro (Pandiselvi, et al., 2019), mentre gli oli essenziali presenti nel frutto possono avere un effetto citotossico sulle linee cellulari del carcinoma colo rettale e sul carcinoma mammario (Piaru, et al., 2012). Uno studio ha evidenziato come il Noni può essere utilizzato da solo o in combinazione con il cisplatino come sostanza antiossidante o come coadiuvante chemio nel trattamento al cancro della cervicale (Gupta & Singh, 2013), mentre un'altro studio suggerisce come il Noni può essere un efficace epatoprotettivo naturale contro l'epatotossicità indotta chimicamente (Wang, et al., 2008).

2.16 **Pitaya**

La pianta del *Pitaya*, conosciuta anche come *Yellow pitahaya*, appartiene alla famiglia delle Cactaceae e il nome scientifico è *Hylocereus megalanthus*. Originaria della parte nord del sud America questa pianta, che è un cactus rampicante, produce frutti che hanno una forma di una bacca oblunga di media grandezza con una buccia di colore giallo che presenta tubercoli e spine. La polpa è bianca e delicata e contiene numerosi piccoli semi di colore nero che sono digeribili. Sono proprio i semi ad avere un potenziale utilizzo come alimento funzionale in quanto presentano una determinata capacità antiossidante dovuta principalmente alla quantità di acidi grassi insaturi, soprattutto l'acido linoleico (65,4 gr/100gr dei grassi totali). (Tamby Chik, et al., 2010)

2.17 **Sapodilla**

La pianta del *Sapodilla* appartiene alla famiglia delle Sapotaceae ed al genere *Manilkara*, il nome scientifico è *Manilkara zapota*, è originaria del Messico e dell'America centrale ed è coltivata nella maggior parte dei paesi tropicali. I frutti raggiungono i 5-10 cm di larghezza e può avere una forma ellissoidale, ovale o conica, man mano che avanza la maturazione cambia il colore da verdastro a marrone e la polpa si ammorbidisce diventando molto dolce e commestibile (Das & De, 2015) (Peiris, 2007). La composizione media del frutto per 100gr è data da: 73 gr di acqua, 98 kcal di energia, 0,4-0,7 gr di proteine, 1,1 gr di grassi, 21,4 gr di carboidrati, 27 mg di calcio,27mg di fosforo, 20 µg di tiamina, 30 µg di riboflavina, 6 mg di vitamina C e 48 µg di vitamina A (Peiris, 2007). Studi hanno evidenziato come, nella fase di maturazione post-raccolta, ci sia una diminuzione di un gran numero di metaboliti ma allo stesso tempo un aumento di amminoacidi e alcoli zuccherini (Das & De, 2015). Altri studi hanno evidenziato una buona capacità antiossidante degli estratti di buccia, polpa e semi grazie al contenuto di acidi grassi polinsaturi e ai composti volatili (Shafii, et al., 2017).

2.18 **Tomate de arbol**

La pianta del *Tomate de arbol*, conosciuta anche come *Tamamoro*, appartiene alla famiglia delle Solanaceae e il nome scientifico è *Chypomandra betacea*, è un arbusto semi legnoso che può crescere fino ad una altezza di circa 2-3 m. Il frutto ha una forma a uovo con un colore rosso vivo ed una polpa giallo-arancia, semi di colore nero circondati da un rivestimento viola, può essere consumato crudo o essere trasformato in altri prodotti. I semi risultano essere un ottima fonte di acidi grassi insaturi: i polinsaturi costituiscono il 72,20% dei grassi totali e gli acidi grassi più rappresentati sono il linoleico e l'oleico (Ramakrishnan, et al., 2013), il profilo lipidico non risulta essere influenzato dalla varietà. A seguito di studi effettuati nei topi è stato dimostrato che il consumo quotidiano del Tamamoro può aiutare nella prevenzione all'obesità e nel controllo del peso corporeo, oltre ad offrire un contributo alla prevenzione di alcune malattie croniche. Le sostanze antiossidanti sono presenti sia nella buccia sia nella polpa, la prima presenta un contenuto più elevato di fenoli e flavonoidi totali, nella seconda prevalgono antociani e carotenoidi. Grazie alla presenza di queste sostanze è stata dimostrata la capacità in vitro di inibire l'ossidazione del colesterolo LDL. (Torres & Guinand, 2013) (Belén-Camacho, et al., 2004) (Abdul Kadir, et al., 2015) (Kou, et al., 2009) (Hassan & Abu Bakar, 2013)

2.19 **Uchuva**

La pianta dell'*Uchuva* appartiene alla famiglia delle Solanaceae, il nome scientifico è *Physalis peruviana* e risulta essere indigena del sud America. Una singola pianta può arrivare a produrre circa 300 frutti e la resa per ettaro è di 20-30 tonnellate. Il frutto che pesa circa 4-5 gr è ricoperto da una buccia giallo brillante e protetto da un calice (Hassanien, 2003). La composizione del frutto espressa in gr/100gr di peso secco è data da 80,97 gr di umidità, 3,16 gr di lipidi, 1,85 gr di proteine, 13,22 gr di carboidrati totali, 0,80 gr di ceneri ed esprime un contenuto energetico pari a 88,72 kcal (Rodrigues, et al., 2009). Nello specifico la frazione lipidica è costituita dal 12,87% di grassi saturi, dal 10,71% di grassi monoinsaturi e dal 73,78% di grassi polinsaturi, gli acidi grassi più rappresentati sono il linoleico (72,42%), l'oleico (10,03%) e il palmitico (9,38%). Il contenuto di tocoferoli risulta essere più alto nell'olio di polpa e buccia rispetto alle bacche intere e all'olio di semi. Nella polpa del frutto sono stati identificati 133 composti volatili (Yilmaztekin, 2014). Le vinacce di questo frutto sono generalmente un sottoprodotto, in quanto scartate in seguito alla produzione del succo, diversi studi hanno dimostrato che possono essere una buona fonte di acidi grassi e somministrate, come alimentazione, ai topi hanno dimostrato un effetto benefico sui livelli di colesterolo totale e triacilglicerolo totale (Hassanien, 2012) (Kou, et al., 2009).

2.20 **Scopo della tesi**

Lo scopo del presente elaborato è quello di studiare la frazione lipidica della polpa, semi e bucce dei diciotto frutti tropicali. I risultati finali possono contribuire al raggiungimento di due dei diciassette obiettivi di sviluppo sostenibile (SDG – Sustainable Development Goals) stilati dall'ONU: L'obiettivo numero 2 "*Sconfiggere la fame nel mondo*" e l'obbiettivo numero 12 "*Consumo e produzioni responsabili*". Secondo stime della FAO nel 2019 circa 690 milioni di persone in tutto il mondo hanno sofferto la fame (FAO, 2020), cioè tale gruppo di popolazione è andato incontro ad una situazione di insicurezza alimentare, in altre parole circa l'8,9% della popolazione mondiale non ha avuto accesso al cibo in senso assoluto ma si è visto negare anche l'accesso ad una tipologia di dieta che garantisca un apporto equilibrato di nutrienti. In questo senso quantificare il contenuto lipidico può aiutare ad inserire i suddetti frutti all'interno di una dieta, nei paesi in cui vengono coltivati o commercializzati, al fine di contribuire ad un apporto equilibrato di tutti i nutrienti, con un riferimento particolare agli acidi grassi essenziali. L'altra faccia della medaglia è

rappresentata dalla quantità di cibo che ogni anno viene persa o sprecata lungo tutta la filiera, dalla produzione primaria al consumo domestico: 1,3 bilioni di tonnellate, di cui la maggior parte viene prodotta nei paesi più sviluppati e il 45% del cibo non arriva nemmeno al consumatore finale (Cecilia, et al., 2019). Nel corso degli ultimi decenni i governi e le varie istituzioni, oltre a prevenire lo spreco di cibo, hanno adottato politiche volte a favorire la cosiddetta economia circolare e la bio-economia. A tal fine l'industria e la ricerca giocano un ruolo sempre più importante, infatti un pilastro di questi concetti è la valorizzazione dei sottoprodotti dell'industria alimentare: un insieme di processi tecnologici volti ad estrarre dalle parti inutilizzate degli alimenti diverse sostanze che a loro volta costituiscono la materia prima per ottenere nuove sostanze o nuovi materiali minimizzando così l'impatto ambientale dei rifiuti e creando prodotti aventi un valore economico. Nella filiera di produzione, trasformazione, distribuzione e consumo di frutta e verdura circa il 40% dei prodotti diventano rifiuti (Cecilia, et al., 2019). Diversi composti possono essere estratti dai loro sottoprodotti: vitamine liposolubili, fitosteroli, carotenoidi, fibra, composti fenolici, acidi organici, proteine, enzimi ed acidi grassi (Sagar, et al., 2018). Considerando che i semi e la buccia costituiscono i sottoprodotti della frutta, sia che venga consumata fresca ,sia che venga utilizzata per la preparazione di altri prodotti (frullati, succhi), l'analisi del profilo lipidico dei diciotto frutti colombiani risulta fondamentale per individuare quali sono tra essi quelli che contengono la maggior quantità di acidi grassi essenziali al fine di poter essere utilizzati per l'estrazione degli stessi.

Capitolo 3
ANALISI DEL PROFILO IN ACIDI GRASSI DEI FRUTTI E DEI RELATIVI SOTTOPRODOTTI

3.1 **Materiali e metodi**

I 18 frutti oggetto di questo studio sono stati acquistati in un mercato locale della città di Bogotà , in Colombia, e sono stati selezionati quelli che avevano raggiunto una giusta maturità che è stata valutata sensorialmente in base alla compattezza della polpa e al colore della buccia. I frutti successivamente sono stati liofilizzati, questo trattamento è poco invasivo in quanto comporta minime modifiche alla struttura dell'alimento e a carico dei nutrienti, e quindi congelati. Entrambi i processi tecnologici utilizzati sono funzionali per permettere il trasporto dei frutti dalla Colombia all'Italia in quanto permettono di evitare modifiche alle sostanze che sono oggetto di analisi. Nel laboratorio di chimica i singoli frutti sono stati scongelati e successivamente da ognuno di essi è stata prelevata un'aliquota di 2,5 o di 5gr per la buccia, per la polpa e per i semi creando quindi tre campioni per ognuno di essi. Laddove non è stata possibile la separazione, polpa e semi costituiscono un singolo campione. Ogni singolo campione è stato macinato in maniera molto fine ed ha subito un'estrazione utilizzando 40 mL di etanolo assoluto per un tempo di 24 ore a temperatura ambiente sottoposto a miscelazione continua. Successivamente la fase superiore creatasi è stata filtrata utilizzando un filtro Whatman #4 avente un diametro di 9,0 cm, mentre la parte residua ha subito una seconda estrazione con 30 mL di etanolo assoluto, la fase superiore di questa seconda estrazione è stata unita alla prima e sono state essiccate in un evaporatore rotante. Nella fase successiva 20 mg di estratto etanolico di ogni campione è stato sottoposto ad una reazione di transmetilazione alcalina. L'analisi qualitativa degli acidi grassi esteri metilici (FAME) è stata effettuato utilizzando la tecnica della gascromatografia. Questa tipologia di analisi si basa sul principio di separazione di ogni acido grasso sulla fase stazionaria, in questo caso una colonna capillare costituita da silice fusa CPSil88 (100 m, 0,25 mm i.d., spessore del film 0,2 µm, Chrompack, Middelburg, Paesi Bassi). Il tempo di ritenzione dipende dalla lunghezza dell'acido grasso, dalla presenza e la posizione di doppi legami e dal livello di insaturazione. L'apparato usato è stato il CP-9002 (Chrompack,

Middelburg, Paesi Bassi) dotato di un rilevatore a ionizzazione di fiamma (FID). Come gas carrier è stato utilizzato l'elio ad una velocità di 1,6 mL / min. Il forno è stato avviato ad una temperatura iniziale di 160 ° C, salita successivamente a 240 ° C con una velocità costante di 4 ° C / min ed è rimasta a 240 ° C per 10 min. la temperatura dell'iniettore era di 260 ° C. Il campione è stato iniettato in un sistema split/splitless. I picchi rilevati, visibili nel cromatogramma, sono stati identificati tramite il confronto con standard noti.

3.2 **Risultati**

Dopo aver quantificato gli acidi grassi in ogni campione analizzando i relativi picchi del cromatogramma i dati sono stati tradotti in termini percentuali sulla composizione totale di acidi grassi e sono riportati nelle tabelle sottostanti divise per famiglia di appartenenza dei frutti. Inoltre viene evidenziata la sommatoria dei grassi saturi, dei grassi monoinsaturi e dei grassi polinsaturi.

Tabella 3-1: Annonaceae, composizione percentuale degli acidi grassi

	Cherimoya			Guanabana	
Acido grasso	Peel	Pulp	Seed	Peel	Pulp
C16:0	25	28	22	23	22
iso-C16:0	1	1	1	3	1
C18:0	7	5	6	2	1
Σ SFA	**33**	**34**	**29**	**28**	**24**
C16:1	1	1	0	0	0
C18:1 n9	8	4	37	37	45
C18:1 n11	2	2	0	0	0
Σ MUFA	**11**	**7**	**37**	**37**	**45**
C18:2 n6	36	35	28	12	9
C18:3 n3	21	23	6	23	22
Σ PUFA	**57**	**58**	**34**	**35**	**31**

Tabella 3-2: Arcaceae, composizione percentuale degli acidi grassi

	Chontaduro		
Acido grasso	Peel	Pulp	Seed
C16:0	23	36	36
iso-C16:0	2	2	2
C18:0	1	1	2
Σ SFA	**26**	**39**	**40**
C16:1	6	4	5
C18:1 n9	50	33	38
C18:1 n11	3	2	3
Σ MUFA	**59**	**39**	**46**
C18:2 n6	11	9	8
C18:3 n3	5	11	6
Σ PUFA	**16**	**20**	**14**

Tabella 3-3: Cactaceae, composizione percentuale degli acidi grassi

	Pitaya		
Acido grasso	Peel	Pulp	Seed
C16:0	30	20	19
Iso-C16:0	9	2	3
C18:0	3	4	7
Σ SFA	**42**	**26**	**29**
C16:1	1	0	0
C18:1 n9	11	34	17
C18:1 n11	2	0	2
Σ MUFA	**14**	**34**	**19**
C18:2 n6	31	33	52
C18:3 n3	13	8	0
Σ PUFA	**44**	**41**	**52**

Tabella 3-4: Clusiaceae, composizione percentuale degli acidi grassi

	Mangostano	
Acido grasso	Peel	Pulp
C16:0	29	19
Iso-C16:0	5	2
C18:0	5	7
Σ SFA	**39**	**28**
C16:1	0	0
C18:1 n9	23	33
C18:1 n11	0	0
Σ MUFA	**23**	**33**
C18:2 n6	33	35
C18:3 n3	5	4
Σ PUFA	**38**	**39**

Tabella 3-5: Myrtaceae, composizione percentuale degli acidi grassi

	Guajava			Feijoa	
Acido grasso	Peel	Pulp	Seed	Peel	Pulp+Seed
C16:0	26	24	24	23	26
Iso-C16:0	5	2	2	2	2
C18:0	4	2	3	2	0
Σ SFA	**35**	**28**	**29**	**27**	**28**
C16:1	0	0	0	0	1
C18:1 n9	3	3	5	3	7
C18:1 n11	1	1	1	1	1
Σ MUFA	**4**	**4**	**6**	**4**	**9**
C18:2 n6	25	28	31	31	44
C18:3 n3	36	40	34	39	19

Σ PUFA	**61**	**68**	**65**	**70**	**63**

Tabella 3-6: Oxalidaceae, composizione percentuale degli acidi grassi

	Carambolo	
Acido grasso	Peel	Pulp+Seed
C16:0	29	24
Iso-C16:0	0	0
C18:0	4	3
Σ SFA	**33**	**27**
C16:1	0	0
C18:1 n9	36	51
C18:1 n11	9	11
Σ MUFA	**45**	**62**
C18:2 n6	6	12
C18:3 n3	15	0
Σ PUFA	**21**	**12**

Tabella 3-7: Passifloraceae, composizione percentuale degli acidi grassi

	Curuba			Gulupa			Granadilla	
Acido grasso	Peel	Pulp	Seed	Peel	Pulp	Seed	Peel	Pulp+ Seed
C16:0	22	20	14	30	26	16	27	21
Iso-C16:0	6	2	1	4	1	1	10	1
C18:0	2	3	3	3	3	3	5	3
Σ SFA	**30**	**25**	**18**	**37**	**30**	**20**	**42**	**25**
C16:1	0	0	0	2	7	1	0	1
C18:1 n9	3	23	8	8	6	9	2	8
C18:1 n11	0	1	1	2	13	2	1	8
Σ MUFA	**3**	**24**	**9**	**12**	**26**	**12**	**3**	**17**
C18:2 n6	32	12	67	32	17	65	31	47
C18:3 n3	35	40	6	18	26	3	24	12
Σ PUFA	**67**	**52**	**73**	**50**	**43**	**68**	**55**	**59**

Tabella 3-8: Rubiaceae, composizione percentuale degli acidi grassi

	Noni			Borojo	
Acido grasso	Peel	Pulp	Seed	Pulp	Seed
C16:0	20	23	20	25	28
Iso-C16:0	0	0	4	3	9
C18:0	4	5	6	6	11
Σ SFA	**24**	**28**	**30**	**34**	**48**
C16:1	0	0	0	0	0
C18:1 n9	38	33	20	40	30
C18:1 n11	12	8	3	0	2
Σ MUFA	**50**	**41**	**23**	**40**	**32**
C18:2 n6	12	25	43	5	16
C18:3 n3	15	6	3	21	4
Σ PUFA	**27**	**31**	**46**	**26**	**20**

Tabella 3-9: Sapindaceae, composizione percentuale degli acidi grassi

	Momoncillo		
Acido grasso	Peel	Pulp	Seed
C16:0	30	27	22
Iso-C16:0	0	5	3
C18:0	3	3	6
Σ SFA	**33**	**35**	**31**
C16:1	0	0	2
C18:1 n9	28	52	33
C18:1 n11	0	0	6
Σ MUFA	**28**	**52**	**41**
C18:2 n6	23	3	12
C18:3 n3	16	10	17
Σ PUFA	**39**	**13**	**29**

Tabella 3-10: Sapotaceae, composizione percentuale degli acidi grassi

	Sapodilla	
Acido grasso	Pulp	Seed
C16:0	23	21
Iso-C16:0	3	6
C18:0	7	9
Σ SFA	**33**	**36**
C16:1	0	0
C18:1 n9	29	28
C18:1 n11	2	0
Σ MUFA	**31**	**28**
C18:2 n6	18	29
C18:3 n3	18	7
Σ PUFA	**36**	**38**

Tabella 3-11: Solanaceae, composizione percentuale degli acidi grassi

	Tomate de arbol			Uchuva		Lulo	
Acido grasso	Peel	Pulp	Seed	Peel	Pulp+ Seed	Peel	Pulp+ Seed
C16:0	23	23	22	26	22	18	32
Iso-C16:0	4	3	0	5	1	2	0
C18:0	3	2	4	1	1	5	24
Σ SFA	**30**	**28**	**26**	**32**	**24**	**25**	**56**
C16:1	0	1	2	1	2	20	0
C18:1 n9	39	35	24	28	21	9	9
C18:1 n11	1	3	2	7	10	2	0
Σ MUFA	**40**	**39**	**28**	**36**	**33**	**31**	**9**
C18:2 n6	8	9	35	4	3	10	14
C18:3 n3	22	24	12	29	38	33	21
Σ PUFA	**30**	**33**	**47**	**33**	**41**	**43**	**35**

Tra le famiglie quelle che presentano una percentuale alta di acidi grassi monoinsaturi sono le Oxalidaceae, le Arecaceae e le Rubiaceae attestandosi attorno al 40-60%. In particolare la polpa e i semi del Carambolo hanno una percentuale del 62%, con un'elevata quantità di C18:1 n9.

Le Myrtaceae e le Passifloraceae, oltre al Cherimoya appartenente alle Annonaceae, sono e famiglie che presentano le percentuali più elevate di acidi grassi polinsaturi con valori compresi tra il 43 e il 73%.

Tutte le altre famiglie presentano percentuali abbastanza equilibrate di acidi grassi saturi, monoinsaturi e polinsaturi.

Analizzando nello specifico il contenuto dei due acidi grassi essenziali si può notare come i semi di *Pitaya, Gulupa, Curuba*, Noni e il campione di polpa e semi del *Feijoa* contengono i valori più elevati di acido linoleico.

La famiglia delle Myrtaceae, la buccia e la polpa del Curuba, i frutti di Uchuva e Lulo sono i campioni che contegono percentuali maggiori di acido α-linolenico.

Gli acidi grassi essenziali vengono utilizzati soprattutto per la produzione di integratori alimentari. Altre sostanze come gli oli essenziali estratti, soprattutto dalle bucce, trovano impiego soprattutto nell'industria alimentare, il loro utilizzo migliora la shelf-life permettendo di sostituire gli antiossidanti sintetici e la sicurezza igienica della frutta fresca e del latte scremato grazie all'azione antibatterica; possono essere utilizzati anche nella formulazione del tè o in preparazione di altri prodotti. Nei sottoprodotti della frutta è rilevante la concentrazione di composti fenolici totali poiché nella buccia e nei semi sono presenti in quantità superiori rispetto alla polpa. Le loro proprietà antiossidante, antimicrobica e antitumorale fanno si che possono essere utilizzati nell'industria alimentare per la produzione di cibi funzionali o come additivi con lo scopo di aumentare la shelf-life dei prodotti, cosi come possono essere impiegati nell'industria farmaceutica (Wadhwa & Bakshi, 2013). Secondo uno studio effettuato da (Lozzio, et al., 2019) il *Lulo*, appartente alla famiglia delle Solanceae e il *Curuba*, appartenente alla famiglia delle Passifloraceae sono i frutti che hanno il potenziale antiossidante più alto nelle rispettive famiglie. I pigmenti, di cui i frutti ne risultano ricchi, vengono utilizzati come additivi coloranti nell'industria alimentare (Wadhwa & Bakshi, 2013).

3.3 **Conclusioni**

Ai fini della valorizzazione dei sottoprodotti dell'industria alimentare questo lavoro è stato importante in quanto ha evidenziato come alcune famiglie, rispetto ad altre, contengano maggiori percentuali di acidi grassi monoinsaturi e polinsaturi, in particolar modo sono i semi di alcuni frutti a contenere buone quantità di acidi grassi insaturi risultando essere delle ottime fonti di molecole bioattive.

BIBLIOGRAFIA

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012. *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE).* Versione inglese a cura di s.l.:Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

A Level Biology, s.d. *A Level Biology, Lipids structure & functions.* [Online] Available at: https://alevelbiology.co.uk/notes/lipids-structure-functions/ [Consultato il giorno 14 ottobre 2020].

Abdul Kadir, N. A. A., Rahmat, A. & Jaafar, H. Z., 2015. Protective Effects of Tamarillo (Cyphomandra betacea) Extract against High Fat Diet Induced Obesity in Sprague-Dawley Rats. *Journal of Obesity,* pp. 1-8.

Acosta, O., Pérez, A. & Vaillant, F., 2009. Chemical characterization, antioxidant properties, and volatile constituents of naranjilla (Solanum quitoense Lam.) cultivated in Costa Rica.. *Archivos latinoamericanos de nutrición. ,* Volume 59, pp. 88-94.

Albuquerque, T. et al., 2016. Nutritional and phytochemical composition of Annona cherimola Mill. fruits and by-products: Potential health benefits.. *Food Chemistry ,* Volume 193, pp. 187-95.

Arya, V., Thakur, N. & Kashyap, C., 2012. Preliminary Phytochemical Analysis of the Extracts of Psidium Leaves.. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. ,* Volume 1, pp. 1-5.

Bailão, E. F., Devilla, I. A., da Conceição, E. C. & Borges, L. L., 2015. Bioactive Compounds Found in Brazilian Cerrado Fruits.. *International journal of molecular sciences.,* 16(10), pp. 23760-23783.

Banca dati svizzera dei valori nutritivi, s.d. [Online] Available at: https://valorinutritivi.ch/it/search/#/search [Consultato il giorno 5 ottobre 2020].

Belén-Camacho, D. et al., 2004. Características fisicoquímicas y composición en ácidos grasos del aceite extraído de semillas de tomate de árbol (Cyphomandra betacea Sendt) variedades roja y amarilla. *Grasas y Aceites.*

Bereau, D., Benjelloun-Mlayah, B., Banoub, J. & Bravo, R., 2003. FA and unsaponifiable composition of five Amazonian palm kernel oils.. *Journal of the American Oil Chemists' Society,* Volume 80, pp. 49-53.

Berg, J., Tymoczko, J. & Stryer, L., 2002. *Biochemistry.* Quinta edizione a cura di New York: W H Freeman.

Bystrom, L. et al., 2009. Phenolics, Sugars, Antimicrobial and Free-Radical-Scavenging Activities of Melicoccus bijugatus Jacq. Fruits from the Dominican Republic and Florida.. *Plants foods for human nutrition ,* Volume 64, pp. 160-166.

Bystrom, L. M., 2012. The potential health effects of Melicoccus bijugatus Jacq. fruits: phytochemical, chemotaxonomic and ethnobotanical investigations.. *Fitoterapia.,* 83(2), pp. 266-271.

Bystrom, L. M. et al., 2008. Characterization of phenolics by LC-UV/vis, LC-MS/MS and sugars by GC in Melicoccus bijugatus Jacq. 'Montgomery' fruits.. *Food chemistry. ,* 111(4), pp. 1017-1024.

Cappelli, P. & Vannucchi, V., 2005. *Chimica degli alimenti.* Terza edizione a cura di Bologna: Editore Zanichelli.

Casimir C. Akoh, D. B. M., 2008. *Food Lipids, Chemistry, Nutrition, and Biotechnology..* Terza edizione a cura di Boca Raton: CRC Press.

Cecilia, J., García Sancho, C., Maireles-Torres, P. & Luque, R., 2019. Industrial Food Waste Valorization: A General Overview..

Cerón, A., Osorio, O. & Hurtado Benavides, A., 2012. Identification of fatty acids contained in the oils extracted from seeds of three different species of fruit.. *Acta Agronómica. ,* Volume 61, pp. 126-132.

Conte, L., 2004. Lipidi. In: P. Cabras & A. Martelli, a cura di *Chimica degli alimenti.* s.l.:Piccin, pp. 41-68.

CREA, 2019. *Linee guida per una sana alimentazione,* Roma: s.n.

CREA, s.d. *Tabelle di composizione degli alimenti.* [Online] Available at: https://www.alimentinutrizione.it/tabelle-nutrizionali/ricerca-per-nutriente [Consultato il giorno 7 ottobre 2020].

Cuevas, J., González, M. & Hueso, J., 2011. Cherimoya and Loquat, in soil, plant growth and plant production. In: W. Ed. & V. H., a cura di *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)* . Oxford: Eolss Publisher, pp. 1-31.

Das, S. & De, B., 2015. Analyzing changes in metabolite profile during postharvest ripening in Achras sapota fruits: GC-MS based metabolomics approach. *International Food Research Journal,* Volume 22, pp. 2288-2293.

EFSA, Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA), 2010. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *EFSA Journal,* 8(3).

European Commission, s.d. *EU Novel food catalogue.* [Online] Available at: https://ec.europa.eu/food/safety/novel_food/catalogue/search/public/?event=home&seqfce=884&ascii=B
[Consultato il giorno 10 Ottobre 2020].

European Commission, s.d. *EU Novel foos catalogue.* [Online] Available at: https://ec.europa.eu/food/safety/novel_food/catalogue/search/public/?event=home&seqfce=884&ascii=B
[Consultato il giorno 10 Ottobre 2020].

Fahy, E. et al., 2009. Update of the LIPID MAPS comprehensive classification system for lipids. *Journal of Lipid Research,* Volume 50.

FAO, 1994. *Fats and oil in human nutrition, report of a joint expert consultation.* [Online] Available at: http://www.fao.org/3/V4700E/V4700E07.htm [Consultato il giorno 16 ottobre 2020].

FAO, 2010. *Fats and fatty acids in human nutrition, report of an expert consultation,* Ginevra: s.n.

FAO, I. U. W. W., 2020. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2020.Transforming food systems for affordable healthy diets.* , Roma: FAO.

Febrina, D., Milanda, T. & Muchtaridi, M., 2018. Pharmacological activity garcinia mangostana linn : a review. *International Journal of Current Medical Sciences,* Volume 8, pp. 430-433.

García-Salas, P. et al., 2015. Identification and quantification of phenolic and other polar compounds in the edible part of Annona cherimola and its by-products by HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS.. *Food Research International ,* Volume 78, pp. 246-257.

García-Salas, P. et al., 2015. Determination of lipid composition of the two principal cherimoya cultivars grown in Andalusian Region.. *LWT - Food Science and Technology,* Volume 65.

Gidez, L. I., 1984. The lore of lipids. *Journal of Lipid Research,* Volume 25.

Gupta-Elera, G. et al., 2011. The antioxidant properties of the cherimoya (Annona cherimola) fruit.. *Food Research International,* Volume 44, pp. 2205-2209.

Gupta, R. & Singh, N., 2013. Morinda citrifolia (Noni) alters oxidative stress marker and antioxidant activity in cervical cancer cell lines.. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention,* 14(8), pp. 4603-4606.

Hamam, F., 2013. Specialty Lipids in Health and Disease. *Food and Nutrition Sciences,* Volume 4, pp. 63-70.

Harman, J. E., 1987. Feijoa fruit: Growth and chemical composition during development.. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture.,* pp. 209-215.

Hassanien, M., 2003. Oil Goldenberry (Physalis peruviana L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry.*

Hassanien, M., 2012. Physalis peruviana pomace suppresses high-cholesterol diet-induced hypercholesterolemia in rats. *Grasas y Aceites,* Volume 63, pp. 411-422.

Hassan, S. & Abu Bakar, M. F., 2013. Antioxidative and Anticholinesterase Activity of Cyphomandra betacea Fruit. *TheScientificWorldJournal.*

Keles, H. et al., 2011. The effects of Feijoa sellowiana fruits on the antioxidant defense system, lipid peroxidation and tissue morphology in rats.. *Pharmaceutical biology.,* Volume 50, pp. 318-325.

Kou, M.-C.et al., 2009. Cyphomandra betacea Sendt. phenolics protect LDL from oxidation and PC12 cells from oxidative stress. *Lwt - Food Science and Technology,* Volume 42, pp. 458-563.

Lin, Y. et al., 2012. . Hypolipidemic and antioxidative effects of noni (Morinda citrifolia L.) juice on high- fat/cholesterol-dietary hamsters.. *Plant Foods Hum Nutr. ,* 67(3), pp. 294-302.

Litz, R. & Griffis Jr, J. L., 1989. Carambola (Averrhoa carambola L.).

Lòpez, C. et al., 2015. Assessment of antioxidant and antibacterial potential of borojo fruit (Borojoa patinoi Cuatrecasas) from the rainforests of South America.. *Industrial Crops and Products,* Volume 63, pp. 79-86.

Lozzio, M. et al., 2019. Native Colombian Fruits and Their by-Products: Phenolic Profile,Antioxidant Acticvity and Hypoglycaernic Potential.

Marroquin, N., Cruz, S. & Caceres, A., 2013. Antioxidant Activity and Phenolic Compounds in Three Species of Passifloraceae (Passiflora edulis, P. incarnata, P. ligularis) from Guatemala. *Acta Horticulturae,* Volume 964.

Masson, L. et al., 2008. New sources of oilseeds from Latin American native fruits.. *Natural Product Communications. ,* Volume 3, pp. 357-362.

Mertz, C. et al., 2009. Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity of three tropical fruits.. *Journal of Food Composition and Analysis,* Volume 22, pp. 381-387.

Miles, E. A. & Calder, P. C., 2017. Miles, E. A., & Calder, P. C. (2017). Can Early Omega-3 Fatty Acid Exposure Reduce Risk of Childhood Allergic Disease?. *Nutrients,* 9(7), p. 784.

Moreno Luzia, D. & Jorge, N., 2012. Soursop (Annona muricata L.) and sugar apple (Annona squamosa L.): Antioxidant activity, fatty acids profile and determination of tocopherols. *Nutrition & Food Science,* 42(6), pp. 434-441.

Ocampo, J., d´Eeckenbrugge, G. C. & Morales, G., 2017. Genetic Resources of Colombian Tacsonias (Passiflora supersection Tacsonia): A biological treasure still to discover, use and conserve. *Passiflora Online Journal*, giugno, pp. 24-53.

Pandiselvi, P., Manohar, M., Thaila, M. & Sudha, A., 2019. Pharmacological activity of Morinda citrifolia L (Noni). *Pharmacological Benefits of Natural Products,* pp. 213-237.

Pantaleón-Velasco, M. et al., 2014. Antioxidant and functional properties of a high dietary fibre powder from carambola (Averrhoa carambola L.) pomace. *International Journal of Food Science & Technology,* Volume 49.

Peiris, K., 2007. CHAPTER 6 SAPODILLA Manilkara zapota L. van Royen. In: *Underutilized fruit trees in Sri Lanka.* New Delhi, India: Pushpakumara D.K.N.G., Gunasena H.P.M., Singh V.P., pp. 183-224.

Pérez, J. et al., 2007. Pérez, J.O., D'eeckenbrugge, G.C., Restrepo, M.T Diversity of Colombian passifloraceae : Biogeography and an updated list for conservation.

Piaru, S. et al., 2012. Chemical composition, antioxidant and cytotoxicity activities of the essential oils of Myristica fragrans and Morinda citrifolia.. *Journal of the Science of Food and Agricolture,* Volume 92, pp. 593-597.

Piombo, G. et al., 2006. Characterization of the seed oils from kiwi (Actinidia chinensis), passion fruit (Passiflora edulis) and guava (Psidium guajava). *Oléagineux, Corps gras. Lipides.,* Volume 13, pp. 195-199.

Popay, I., 2012. *CABI - Invasive Species Compendium.* [Online] Available at: https://www.cabi.org/isc/datasheet/38802 [Consultato il giorno 9 10 2020].

Pulles, M. B., 2018. Caracterización físico, química y bromatológica del Borojó (Borojoa patinoi) proveniente de la Parroquia de Chical de la Provincia del Carchi..

Putta, D. S. & Kilari, E., 2015. A review on fruit pericarp a rich source of phytochemicals and pharmacological activities.. Volume 7, pp. 960-966.

R., D., Maldonado, M., M., L. & RojanoI, B., 2015. Colorrectal cancer chemopreventive properties of Passiflora mollissima (Kunth) L. H. Bailey (banana passion fruit). *Revista Cubana de Plantas Medicinales ,* Volume 20, pp. 62-74.

Radice, M. et al., 2014. Chemical Characterization and Antioxidant Activity of Amazonian (Ecuador) Caryodendron orinocense Karst. and Bactris gasipaes Kunth Seed Oils. *Journal of Oleo Sciences.*

Ramakrishnan, Y., Khoddami, A., Gannasin, S. & Muhammad, K., 2013. Tamarillo (Cyphomandra betacea) Seed Oil as a Potential Source of Essential Fatty Acids for Food, Cosmetic and Pharmaceutical Industries. *Acta Horticulturae ,* Volume 1012.

Ratnayake, W. & Galli, C., 2009. Fat and Fatty Acid Terminology, Methods of Analysis and Fat Digestion and Metabolism: A Background Review Paper. *Annals of nutrition & metabolism,* Volume 55, pp. 8-43.

Rodrigues, E. et al., 2009. Minerals and essential fatty acids of the exotic fruit Physalis peruviana L.. *Food Science and Technology,* 29(3), pp. 642-645.

Rustan, A. & Drevon, C., 2005. Fatty Acids: Structures and Properties.

Sagar, N. et al., 2018. Fruit and Vegetable Waste: Bioactive Compounds, Their Extraction, and Possible Utilization. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety,* Volume 17, pp. 512-530.

Santos, M., Alves, R. & Ruiz-Méndez, M. V., 2013. Minor components in oils obtained from Amazonian palm fruits. *Grasas y Aceites,* Volume 64, pp. 531-536.

Shafii, Z., Basri, M., Malek, E. & Ismail, M., 2017. Phytochemical and Antioxidant Properties of Manilkara zapota (L.) P RoyenFruit Extracts and its Formulation for Cosmeceutical Application. *Asian Journal of Plant Science & Research,* Volume 7.

Sharma, Y., Venugopal, C., Hegde, R. & Mokashi, A., 2014. Noni: A new medicinal plant for the tropics.. *African Journal of Plant Science.,* Volume 8, pp. 243-247..

Shui, G. & Leong, L., 2004. Analysis of polyphenolic antioxidants in star fruit using liquid chromatography and mass spectrometry.. *J Chromatogr A. ,* Volume 1022, pp. 67-75.

Simirgiotis, M., Schmeda-Hirschmann, G., Bórquez, J. & Kennelly, E., 2013. The Passiflora tripartita (Banana Passion) fruit: a source of bioactive flavonoid C-glycosides isolated by HSCCC and characterized by HPLC–DAD–ESI/MS/MS.. *Molecules. ,* 18(2), pp. 1672-1692.

Tamby Chik, C., Abdullah, A., Noriham, A. & Wan mustapha, W., 2010. Determination of pitaya seeds as a natural antioxidant and source of essential fatty acids.. *International Food Research Journal,* Volume 17, pp. 1003-1010.

Torres, A. & Guinand, J., 2013. Efecto de la ingesta de dietas con tomate (Lycopersicum esculentum) y tomate de árbol (Cyphomandra betacea (Cav.) Sendtn) en los lípidos sanguíneos de ratas. *Revista chilena de nutrición,* Volume 40, pp. 376-382.

Valenzuela, A. & Morgado, N., 1999. Trans fatty acid isomers in human health and in the food industry. *Biological Research,* 32(4), pp. 273-287.

Wadhwa, M. & Bakshi, M., 2013. *Utilization of fruit and vegetable wastes as livestock feed and as substrates for generation of other value-added products. ,* s.l.: s.n.

Wang, M. et al., 2008. West B. Liver protective effects of Morinda citrifolia (Noni).. *Plants Foods for Human Nutrition,* 63(2), pp. 59-63.

Wei, S.-D.et al., 2014. Identification of antioxidant components and fatty acid profiles of the leaves and fruits from Averrhoa carambola. *LWT-Food Science and Technology,* Volume 55, pp. 278-285.

Weston, R., 2010. Bioactive products from fruit of the feijoa (Feijoa sellowiana, Myrtaceae): A review.. *Food Chemistry,* Volume 121, pp. 923-926.

Yilmaztekin, M., 2014. Analysis of volatile components of cape gooseberry (Physalis peruviana L.) grown in Turkey by HS-SPME and GC-MS. *TheScientificWorldJournal* .

Yuyama, L. et al., 2003. Chemical composition of the fruit mesocarp of three peach palm (Bactris gasipaes) populations grown in Central Amazonia, Brasil. *International journal of food siences and nutrition ,* Volume 54, pp. 49-56.

Zimmerman, M. & B, S., 2012. *An introduction to nutrition.* prima edizione a cura di s.l.:s.n.

Zorofchian, S. et al., 2015. Annona muricata (Annonaceae): A Review of Its Traditional Uses, Isolated Acetogenins and Biological Activities.. *International Journal of Molecular Sciences ,* Volume 16, pp. 15625-15658.