

INDICE

Riassunto	2
1. Introduzione	3
2. Ambra: origine, commercio e utilizzo	4
2.1 Provenienza dell'ambra ed etimologia del termine	4
2.2 Utilizzo dell'ambra, le sue vie di scambio e distribuzione dei manufatti	6
2.3 L'ambra nel panorama italiano	14
2.4 L'ambra nelle fonti antiche, provenienza e mitologie	18
2.5 Studi moderni sull'ambra	20
3. Trattamenti pirotecnologici dell'ambra in antico e oggi	22
3.1 Testimonianze di lavorazione dell'ambra	22
3.2 Studi dei metodi di lavorazione	24
4. Materiali utilizzati per le sperimentazioni	29
5. Sperimentazioni	33
5.1 Obbiettivi e metodo della sperimentazione	33
5.2 Prove sperimentali	38
6. Risultati	41
7. Conclusione	64
Bibliografia	67

RIASSUNTO

Il presente lavoro ha come argomento l'ambra. In particolar modo, si focalizza sulla succinite, il tipo di ambra più diffuso nelle zone del Baltico. Tale materiale è utilizzato per la produzione di oggetti di ornamento fin dal Paleolitico. Uno studio interessante è quello delle tecniche di lavorazione dell'ambra in antico e dei trattamenti moderni tramite l'utilizzo del calore. È proprio questo l'aspetto che si è voluto investigare nella presente tesi, analizzando quanto noto dai testi antichi e impostando su queste basi delle prove sperimentali. Sono stati presi dei campioni di succinite da scarti di lavorazione in base alla colorazione, trasparenza e aspetto fisico. Si sono scelti quattro gruppi, sinteticamente indicati come Bianco, Giallo, Arancio e Rosso. Per ciascun gruppo quattro campioni di aspetto simile sono stati scaldati a tempi e temperature diverse in olio di lino. Di ogni campione è stato misurato il peso, effettuate misurazioni NCS e ne sono state rilevate le caratteristiche morfologiche e tessiturali prima e dopo le prove sperimentali. L'analisi di questi dati ha evidenziato che ogni tipo di ambra subisce un cambiamento cromatico in cottura in olio e che questo cambiamento risulta più intenso all'aumentare della temperatura. Il cambio di colore, inoltre, si è visto riguardare prevalentemente gli strati più esterni. Un risultato interessante è l'aver rilevato che la cottura in olio è in grado di ridurre, se non eliminare completamente, graffi, striature e in generale tutti i segni lasciati dalla lavorazione dell'ambra, dandole un aspetto e un colore uniforme.

CAPITOLO 1

Introduzione

L'ambra è un materiale derivante dalla fossilizzazione della resina di conifere. Esistono numerose varietà di resine fossili nel mondo, ma non tutte possono essere considerate ambra, dato che la sua formazione richiede lunghi tempi di fossilizzazione. L'ambra è stata utilizzata uomo per la produzione di ornamenti sin dal periodo preistorico, e senza interruzioni fino ai nostri giorni. È da sempre considerata un materiale di pregio, di lavorazione semplice; e le sue potenzialità estetiche sono accentuate da un'ampia gamma di colorazioni e diversi livelli di trasparenza. Nei secoli precedenti era un materiale di lusso e molto costoso, utilizzato soprattutto dalle élites e dalle classi sociali più agiate. Dal punto di vista archeologico è un materiale importante poiché attraverso i ritrovamenti di oggetti in ambra come perle, pendenti e intarsi, che presentano specifiche caratteristiche di lavorazione a seconda della zona di provenienza, permette l'identificazione di connessioni e vie di scambio tra le varie aree e regioni nel corso delle diverse epoche. Tuttavia, sulle specifiche tecniche di lavorazione dell'ambra e le relative variazioni si hanno informazioni scarse: esse provengono principalmente da osservazioni dirette degli oggetti ritrovati in contesti archeologici, e in misura minore dalle fonti letterarie. Inoltre gli studi sperimentali sui trattamenti superficiali e le analisi di origine dei pezzi di ambra finora eseguiti sono stati pochi e non sistematici.

Nella presente tesi sono illustrati in via preliminare i risultati di trattamenti di cambiamento cromatico dell'ambra tramite cottura in grasso citati dall'autore latino Plinio il Vecchio all'interno della *Naturalis Historia* (XXXVII, XI, 46-48-51; XII, 1-5) per verificarne la fattibilità. Sono state fatte le prime ipotesi su quale tipo di ambra scegliere e che grasso utilizzare per la cottura. Abbiamo usato ambra proveniente dall'area baltica, selezionando i campioni, come già detto, da scarti di lavorazione di perle, mentre come grasso abbiamo impiegato solamente olio di lino. In seguito sono state eseguite alcune cotture sperimentali dei campioni d'ambra selezionati, con il monitoraggio e la registrazione dei risultati.

CAPITOLO 2

Ambra: origine, commercio e utilizzo

2.1 Provenienza dell'ambra ed etimologia del termine.

L'ambra deriva dalla fossilizzazione della resina di piante di conifera, che dà origine a un materiale solido di bassa durezza che può essere sagomato mediante riduzione senza particolari difficoltà tecniche. L'ambra si presenta solitamente in noduli dalla forma irregolare ed è costituita da materiale organico e amorfo. È considerata un mineraloide e definita una pietra preziosa di origine organica (come le perle e i coralli). È facilmente degradabile sotto l'azione degli agenti fisici, biologici e chimici, soprattutto tramite processi di ossidazione. La parola ambra sembrerebbe derivare dall'arabo *ambar*, originariamente utilizzato per definire l'ambra grigia, mentre quello che definiva l'ambra gialla, ovvero quella impiegata per la realizzazione di ornamenti, pare fosse *Karabe*.¹ In seguito i due termini sono stati confusi fino a venire ridotti ad un'unica parola utilizzata per indicare sia l'ambra grigia sia l'ambra gialla, diffusasi poi durante il Medioevo. In greco l'ambra era definita *eléktron*, mentre in latino *succinum*, derivante da *succus*, che letteralmente significa succo, termine che indicava la resina degli alberi.² La parola ambra è utilizzata per definire in generale le resine fossili, ma il materiale che più spesso è associato a questo termine è la succinite, il tipo di ambra più diffusa, proveniente dall'area Baltica. Quest'ultima non è l'unica ambra esistente e nemmeno l'unica a possedere una percentuale di acido succinico, dato che sono presenti diverse varietà di ambra in tutto il mondo.³ Alcuni esempi tra le numerose varietà di ambra non Baltica sono: l'ambra della Sicilia, della Romania, della Repubblica Dominicana, del Borneo e del Messico.⁴ Analisi ad infrarossi di ambre provenienti da diverse aree geografiche, indicano che queste presentano un maggior

¹ ambramessicana.mayamb.com

² Plin. *Nat. His.* XXXVII, XI, 32-43-44, XII, 49-51; Tac. *Germ* XLV; Cassiod. *Var.* V, 2

³ Angelini (2012), 1153

⁴ Angelini (2010), 380

numero di caratteristiche in comune che differenze.⁵ La colorazione della succinite va dal giallo ad un rosso molto scuro e dall'opaco al trasparente; può presentare al suo interno una concentrazione variabile di microbolle e se questa risulta molto alta apparirà di colore bianco;⁶ se sottoposta a calore diretto brucia ed emana un odore resinoso (quest'ultimo si presenta anche solo tramite frizione, e sempre tramite questa manifesta "capacità elettriche").⁷ È caratterizzata da un indice di rifrazione di circa 1.5-1.6 (che è però compatibile anche con altre varietà di ambra)⁸ e possiede una densità tra 1,04-1,08 g/ml. Presenta, infine, una consistente concentrazione di acido succinico, tra il 3-8%. In letteratura storica il termine succinico prende il nome da *Pinus Succinifera* (che deriva a sua volta dal termine latino *succinum*), una specie estinta di conifera compatibile con la famiglia dei pini oggi viventi, che secondo Heinrich Göppert (1836), botanico e paleontologo della prima metà dell'800, era da identificare come la fonte della resina che è successivamente fossilizzata dando origine all'ambra⁹ (a seguito di una specie non identificata di pinacea riportata da Aycke nel 1835). Nonostante ciò l'origine paleobotanica della succinite è discussa ma non ancora identificata con certezza. L'origine dell'ambra Baltica, secondo la teoria più comunemente accettata, sarebbe da individuare nel popolamento arboreo di una regione di clima temperato nel Nord Europa, circa cinque milioni di anni fa (Eocene Superiore-Basso Oligocene), caratterizzata da ampie foreste di conifere e angiosperme che producevano resina, sommerse poi dalle acque nel corso di varie fasi interglaciali. Ciò spiegherebbe la grande quantità di questo tipo di resina fossile disponibile in Europa settentrionale.¹⁰

⁵ Beck (1964), 256-257

⁶ Angelini (2010), 367-384

⁷ Era noto già nella Grecia antica il fatto che se strofinata sulla lana, l'ambra, attirava pagliuzze e piccole piume

⁸ Angelini (2010), 374

⁹ Anderson e Le Page, (1995), 170-192

¹⁰ Angelini (2010), 273-274

2.2 Utilizzo dell'ambra, le sue vie di scambio e distribuzione dei manufatti.

Questo materiale è stato adoperato sin dal Paleolitico per la realizzazione di oggetti d'ornamento. Il tipo di ambra più utilizzata è, come già affermato, la succinite, grazie alla sua gamma di colorazioni e alla migliore lavorabilità. In passato questo materiale era scambiato e commerciato secondo diverse direttrici, le cosiddette Vie dell'Ambra, che dall'Età del Bronzo all'epoca romana diedero vita, in un'ottica globale, ad una serie di relazioni e dinamiche storiche mutevoli. Dal Mar Baltico, l'ambra raggiunse così per secoli l'ambito Mediterraneo, attraversando sistematicamente l'Europa centrale.¹¹ Con il termine "Via dell'Ambra" oggi si fa riferimento non ad una sola tratta commerciale, ma a tutte quelle che si sono intrecciate o susseguite nelle diverse epoche, dato che il commercio, in generale, era influenzato dagli eventi storici e dalle condizioni ambientali delle specifiche regioni attraversate. Le principali tratte di questo articolato sistema di traffico sono state ricondotte alla propria origine geologica - i maggiori giacimenti di provenienza - grazie sia all'ausilio di analisi chimiche e fisiche sempre più sofisticate, sia di fonti letterarie ed archeologiche.¹²

Manufatti in ambra Baltica databili al Paleolitico sono stati ritrovati nei siti di Meiendorf, in Germania e di Siedlnica in Polonia.¹³ Al Museo della Terra di Varsavia gli oggetti più antichi fatti di ambra sono stati datati attorno al 12000 a.C.. Nella maggior parte dei casi, si trattava di pendenti ornamentali di noduli per lo più grezzi, che sfruttavano la presenza di fori naturali. Noduli di ambra Baltica databili al Paleolitico sono stati ritrovati anche in Europa centrale e occidentale, ad esempio nei siti di Grotte d'Aurensan in Francia, Kostelik in Moravia e Judenes in Austria.¹⁴ Si pensa che cacciatori provenienti da nord portassero con sé il materiale per motivi ornamentali e l'attribuzione ad esso di poteri curativi e di protezione¹⁵ continuati per

¹¹ Per una summa recente sulle Vie dell'Ambra si vedano Orsini (2010), 21-36 e Chiellini (2018)

¹² Negroni Catacchio (1976), 21-31

¹³ Rice, Ph.D. (2006), 28

¹⁴ *Ibidem*

¹⁵ Fraquet (1987), 6

secoli; tanto che perfino oggi l'ambra è ritenuta un materiale dotato proprietà apotropache, salutari e magiche. Durante il Mesolitico iniziarono ad essere realizzati oggetti decorati con forme geometriche semplici, come linee graffiate sulla superficie, a volte anche in forme animali. Manufatti di questo tipo sono stati ritrovati per lo più in Europa settentrionale.¹⁶ Nella regione del Baltico sono stati ritrovati pendenti a doppia ascia in ambra provenienti da tombe di guerrieri, simbolicamente protettivi.¹⁷ Durante il periodo Neolitico (8000 - 4000 a.C., anche se alcuni studiosi¹⁸ sostengono che nell'area Baltica il Neolitico sia terminato attorno al 1800 a.C.) nell'area Baltica si faceva un abbondante uso della resina fossile e in scavi effettuati negli anni Ottanta del Novecento, furono trovati quelli che sembrano essere dei centri di lavorazione dell'ambra in Polonia, nella regione del basso corso della Vistola.¹⁹ Dato che il fiume sfociava nella baia di Danzica, nel Mar Baltico, gli insediamenti della regione potevano contare su un continuo approvvigionamento di materia prima.

In questi centri il materiale veniva sbizzato e venivano fabbricati ornamenti ed altri piccoli oggetti. L'ambra non era lavorata a solo scopo ornamentale, ma a quanto sembra, anche a scopo religioso. Sono infatti stati trovati dischi di ambra forati decorati con una croce realizzata da punti in corrispondenza del foro, il che rimanda alla classica rappresentazione della ruota del carro solare e al culto del sole.²⁰ Oltre a questi oggetti all'interno di sepolture sono state recuperate anche statuine antropomorfe e bottoni con perforazione a "V". Queste perforazioni sono caratteristiche sia del periodo Neolitico, sia della prima Età del Bronzo nell'area baltica.²¹ Rinvenimenti archeologici di ambra Baltica sono noti anche in Russia, Norvegia e Finlandia, databili circa al 3000 a.C..²² Ciò suggerisce la traccia di una prima arteria commerciale del materiale a partire dall'Europa settentrionale (ma potrebbe essercene stata una più antica) basata sulla diffusione sia di noduli grezzi sia di oggetti finiti. Rinvenimenti risalenti alla prima e

¹⁶ *Ibidem*

¹⁷ Grabowska (1987), 11

¹⁸ Rice, Ph.D. (2006), 29-30

¹⁹ Kwiatkowska (1996), 7-16

²⁰ Kosmowska-Ceranowicz (1989), 4

²¹ Rice, Ph.D. (2006), 32-33

²² *Ibidem*

media Età del Bronzo hanno dimostrato che i maggiori centri da cui si irradiavano le principali vie commerciali dell'epoca erano situati nell'Europa centro-settentrionale (controllati dalle popolazioni delle zone tra Elba, Moldava e Danubio);²³ da qui, i carichi di ambra raggiungevano poi l'arco Alpino e lo attraversavano, per raggiungere le zone del Brennero, del lago di Garda, le sponde del Mincio e, infine, il corso del Po.²⁴ I manufatti più diffusi durante la media e recente Età del Bronzo sono i vaghi/perline, per lo più sferoidali e discoidali, e bottoni conici con foratura a "V". Verso fine dell'Età del Bronzo, l'asse commerciale principale si spostò verso il fiume Oder, in Europa centrale. Il materiale grezzo, seguendo le vallate fluviali locali, arrivava fino all'Adriatico, probabilmente attraverso l'Isonzo.²⁵

Nell'Europa occidentale, la presenza di ambra baltica è tradizionalmente associata alla diffusione della cultura del Vaso Campaniforme o *Bell Beaker* (III millennio a.C.), anche nella Penisola Iberica. L'ambra veniva scambiata assieme ad altri oggetti considerati rari ed esotici, come l'avorio, le uova di struzzo, l'ossidiana, e i primi oggetti in rame.²⁶ Il valore di tutti questi prodotti era dato, ovviamente, dalla loro rarità, dalla distanza del luogo di provenienza, e dal metodo con cui tali beni erano ottenuti. Tra il 3500 e il 2200 a.C. nel Mediterraneo occidentale si verificò una crescita della circolazione e degli scambi di questi beni di lusso.²⁷ Sembra che in questo contesto fossero attivi due diversi canali commerciali: il primo comprendeva l'Iberia meridionale, il Nord Africa e la Sicilia, con esportazione di avorio e uova di struzzo dalla seconda e di simetite dall'ultima.²⁸ Giacimenti di simetite, conosciuta anche come ambra siciliana, si trovano ancora oggi principalmente lungo le rive del fiume Simeto, da cui prende il nome. La simetite, nel contesto italiano e mediterraneo è uno dei tipi di ambra più sfruttati dopo la succinite. Le testimonianze più antiche in Sicilia e in Iberia meridionale sono state datate attorno al IV millennio a.C. e meglio documentate

²³ Gimbutas (1965), 48

²⁴ Negroni Catacchio (1972b) in Orsini (2010), 31

²⁵ Orsini (2010), 31

²⁶ Knapp (2005)

²⁷ Murillo-Barroso *et al.* (2023), 1

²⁸ Schumacher (2017)

nel III millennio a.C., assieme ad altri oggetti preziosi importati dall'Africa settentrionale.²⁹ Il secondo sistema era costituito dalle reti di scambio che includevano l'Iberia nord-orientale, il sud della Francia, la Sardegna e la penisola Italiana.³⁰

Sono documentati intensi scambi in Francia del sud e in Iberia nord-orientale grazie alla presenza di materiali alloctoni di diverse origini, i quali indicano reti di commercio ben sviluppate già all'epoca.³¹ Studi recenti sulla penisola Iberica hanno mostrato che la più antica testimonianza dell'utilizzo di ambra nel nord del paese risale al Paleolitico superiore, con lo sfruttamento di materiale estratto localmente (poi sviluppatosi fino all'Età del Bronzo), grazie ad abbondanti giacimenti. Non è documentata ambra Siciliana in questa parte della penisola.³² Nelle altre parti della penisola Iberica, al contrario, sia l'ambra grezza sia tutti gli oggetti in ambra ritrovati sono alloctoni, provenienti da territori esterni e importati nel paese. Nel sud della penisola la più antica e consistente traccia di simetite proveniente dalla Sicilia risale, infatti, al periodo Neolitico, soprattutto dal III millennio a.C. in poi.³³ In seguito, l'ambra sembra scomparire dalla maggior parte dei contesti archeologici della Penisola Iberica, ad eccezione dell'area nord-orientale, fino alla tarda Età del Bronzo e alla prima Età del Ferro. Nei periodi successivi, i ritrovamenti di ambra in tutto il territorio Iberico provengono quasi esclusivamente dalla regione Baltica.³⁴

Nella parte nord-est della penisola sono stati ritrovati pezzi di ambra in siti datati a partire dal II millennio a.C., per lo più provenienti da tombe del III e II millennio a.C..³⁵ Qui, una tra le prime tracce di importazione di ambra Baltica risale attorno alla metà del IV millennio a.C..³⁶ Sempre in quest'area della penisola Iberica sono distribuiti la maggior parte dei depositi di ambra, dato che durante il Primo Cretaceo si presentava

²⁹ Cultraro (2007)

³⁰ Vaquer (2011)

³¹ Martín Còlliga (2009)

³² Murillo-Barroso (2018)

³³ *Ibidem*

³⁴ *Ibidem*

³⁵ Rovira (1994)

³⁶ Gibaja (2017) in Murillo-Barroso *et al.* (2023), 8

come una linea costiera.³⁷ Ad ogni modo, in tutta la regione sono state individuate importanti concentrazioni di ambra in Catalogna, nella depressione centrale Asturiana, nel bacino Basco-Cantabrico e nel bacino di Maestrat.³⁸ Questi sono stati sfruttati dalle comunità preistoriche locali fin dal Paleolitico Superiore, mentre i contesti più recenti con testimonianze di sfruttamenti locali di ambra sono stati datati al radiocarbonio tramite *tree ring data* (ovvero confrontando il contenuto di radiocarbonio del campione con quello dell'anello di un albero di età nota) tra 1731- 1404 a.C..³⁹ (nel complesso megalitico di Los Lagos I). Il più antico reperto di ambra baltica proviene da una sepoltura maschile in Murcia datata, al radiocarbonio tramite *tree ring data* (con programma Calib 8.2 e curva di calibrazione IntCal20), tra 1738 - 1534 a.C..⁴⁰

Anche nella parte più occidentale della penisola Iberica, in Portogallo, sono stati ritrovati oggetti in ambra⁴¹ provenienti da siti preistorici datati tra il Neolitico e il Tardo Bronzo.⁴² Ambre provenienti dal sito megalitico di Mamoia V de Chã de Arcas (nel nord-ovest del paese) sono state analizzate tramite FTIR, le quali risultano avere uno spettro più simile alla simetite siciliana. Questo tipo di ambra ha riscontri in siti spagnoli datati al Neolitico.⁴³ È possibile che quella ritrovata sia ambra importata dalla Sicilia, ma è stata anche sostenuta l'ipotesi che possa trattarsi di ambra locale affine alla simetite.⁴⁴ Analisi di confronto con pezzi provenienti dalla Spagna nord-orientale hanno sfatato questa ipotesi. Risulta infatti che nessuno dei manufatti preistorici portoghesi in ambra sia stato realizzato con resina fossile locale,⁴⁵ nonostante fosse sostenuta una concentrazione di materiale dell'area intorno Lisbona.⁴⁶ L'interesse verso le ambre del Portogallo purtroppo è relativamente recente, riferibile agli inizi del XX secolo, con uno studio più approfondito solo dagli ultimi decenni del secolo scorso e i

³⁷ Peñalver (2010)

³⁸ Najarro (2009)

³⁹ Gutiérrez Morillo (2003)

⁴⁰ Lull V. *et al.* (2021)

⁴¹ Peñalver (2018), 280-285

⁴² Vilaça (2002)

⁴³ Peñalver (2018), 280-285

⁴⁴ Vilaça (2002)

⁴⁵ Peñalver (2018), 280-285

⁴⁶ *Ibidem*

pezzi analizzati sono un numero ridotto, di conseguenza non si hanno ancora abbastanza dati per fare osservazioni più ampie.⁴⁷

Alcune perle d'ambra, la cui diffusione si data attorno al III millennio a.C., sono state scoperte anche in altre parti d'Europa. Nella parte centro-settentrionale della Francia, per esempio, sono stati identificati manufatti in ambra baltica databili, tramite radiocarbonio con datazione *tree ring*, tra il 3000 - 2600 a.C..⁴⁸ Risultano però evidenze di sfruttamento del materiale locale anche in periodi precedenti; alcuni dei primi ornamenti in ambra ritrovati in Francia, infatti, sono databili al Paleolitico. Siti datati tra il 2600 - 2200 a.C. con una massiccia presenza di pezzi di ambra, sono stati individuati, per la maggior parte, nel sud della Francia in aree molto vicine alla Spagna. Come si è visto precedentemente nell'ambito della penisola Iberica, anche in Francia si assiste ad una consistente diminuzione dei reperti d'ambra, a partire dalla prima Età del Bronzo. Ciò si può collegare alle connessioni tra il sud della Francia e la Penisola Iberica agli inizi del Neolitico.⁴⁹

Guardando alle regioni dell'Europa orientale, in particolare alle regioni costiere e più interne dei Balcani occidentali e centrali, le prime testimonianze significative di utilizzo dell'ambra a scopo ornamentale cominciano durante l'Età del Bronzo.⁵⁰ I manufatti d'ambra risalenti a questo periodo provengono principalmente da sepolture. Le aree che presentano un consistente numero di oggetti in resina fossile sono le aree costiere della Croazia con relative isole, l'Istria, il Kvarner e la Dalmazia.⁵¹ Nella parte interna della Croazia l'ambra era utilizzata già dalla prima metà del II millennio a.C., mentre nell'Istria le prime testimonianze sono più recenti, datate XVII-XII sec. a.C..⁵² Nel Kvarner, Dalmazia e le parti costiere della Croazia l'ambra compare più tardi, attorno al XIII/XII sec. a.C..⁵³ Nelle regioni più a sud-est, considerando le coste del

⁴⁷ Peñalver (2018), 280-285

⁴⁸ Du Gardin (1995) in Murillo-Barroso *et al.* (2023), 8

⁴⁹ *Ibidem*

⁵⁰ Cwaliński (2020)

⁵¹ *Ibidem*

⁵² Batović (1983)

⁵³ Blečvić Kavur (2009)

Montenegro e dell'Albania, l'ambra sembra comparire in contemporanea attorno al XIV sec. a.C..⁵⁴ Nella seconda, i reperti in resina fossile sono datati tra un periodo compreso tra il Tardo Bronzo-Bronzo Finale alla prima Età del Ferro.⁵⁵ Nelle regioni più interne, come la Macedonia del Nord e il Kosovo, l'ambra sembra comparire più tardi, nella prima tra Tardo Bronzo e Prima Età del Ferro, mentre nel secondo data la sua vicinanza all'Albania e Montenegro, attorno al XIV sec. a.C..⁵⁶

Nel Bronzo Medio le regioni dell'Istria, Kosovo, Serbia occidentale, Albania nord-occidentale e la zona del Kolonjë Plateau presentano un grande e vario numero di oggetti in ambra con affinità formali, mostrando un alto livello di interconnessione per quanto riguarda le reti di comunicazione e commercio.⁵⁷ Queste sono state identificate come regioni di gestione della circolazione dell'ambra dato che nelle aree periferiche, al contrario, non sembrano esserci molte affinità tra i manufatti in ambra, rimandando probabilmente ad una minore influenza e di conseguenza un basso livello di importazione del materiale.⁵⁸ È possibile che le regioni considerate centri di comunicazione fossero anche centri di acquisizione di oggetti finiti e di redistribuzione dell'ambra nelle altre aree dei Balcani centrali e occidentali, teoria plausibile data la posizione strategica a contatto con le altre regioni.⁵⁹ Per quanto riguarda l'approvvigionamento di ambra è possibile che questa provenisse già lavorata dal Nord Europa, visti i ritrovamenti di determinate tipologie di perline biconiche di cui si hanno poche evidenze solo nel nord della Germania (diffusi in Europa Centrale dalla cultura dei Tumuli durante il XVI sec. a.C.).⁶⁰ Probabilmente questi oggetti erano trasportati a sud attraverso la Boemia fino al bacino dei Carpazi.⁶¹ Un tipo di vago caratteristico dell'area balcanica del Medio Bronzo è quello di forma troncoconica, con esempi anche in Ungheria e Romania che confermano i contatti tra le varie regioni.⁶² Anche

⁵⁴ Cwaliński (2020)

⁵⁵ *Ibidem*

⁵⁶ Palavestra (1993)

⁵⁷ Cwaliński (2020)

⁵⁸ *Ibidem*

⁵⁹ Gavranović (2011)

⁶⁰ Czebreszuk (2011)

⁶¹ Sprincz, Beck (1981)

⁶² *Ibidem*

l'Istria e la Serbia Occidentale mostrano la presenza di tipi di perle d'ambra simili tra loro; tuttavia, molte delle forme trovate in Istria risalenti al MB erano all'epoca utilizzate anche nella vicina Valle del Po, sotto il controllo della cultura delle Terramare.⁶³ Sono state ritrovate perle anulari e biconiche piatte/lenticolari. Poiché quest'ultima forma, nei Balcani occidentali, sembra essere riscontrata solamente nella zona dell'Istria, i reperti dell'Italia settentrionale parrebbero costituire la controparte più vicina. Sono stati anche ritrovati vaghi di tipo Tirinto e Allumiere, tipologie diffuse in varie parti del Mediterraneo durante il Tardo Bronzo, compresa la Penisola Italiana (come ad esempio nei siti di Frattesina e Campestrin, nell'area di Rovigo).⁶⁴ Questo tipo di ornamenti sono infatti indicatori di scambi e contatti tra la regione nord-adriatica e il Mediterraneo orientale durante l'Età del Bronzo.⁶⁵ Non vi sono tuttavia abbastanza prove per affermare che le perle ritrovate nella regione dell'Istria siano state realizzate in Italia settentrionale, dato che in quest'area non sono state rilevate tracce di lavorazione fino al Tardo Bronzo.⁶⁶ Sono però presenti testimonianze dirette di lavorazione dell'ambra in Nord Europa, senza escludere il fatto che è probabile che la Cultura delle Terramare abbia svolto un ruolo di distribuzione del materiale.⁶⁷ Più a sud, nella regione del Kosovo, nel sito di Iglarevo, sono state individuate perle in ambra di tipo compatibile a quelle provenienti dall'area micenea.⁶⁸ Oltre a questi oggetti sono stati ritrovati in sepolture dello stesso sito anche una punta di lancia e una spada in bronzo di provenienza egea. È possibile che le armi siano state importate attraverso l'Albania meridionale dato che si è riportato alla luce, sempre nel sito di Iglarevo, spilloni in bronzo a testa piatta diffusi nel sud dell'Albania tra XV e XIV sec. a.C..⁶⁹ Oltre a questo è anche probabile che l'ambra venisse importata in Albania meridionale dall'area egea.⁷⁰ Durante il Tardo Bronzo si verificarono una maggior regionalizzazione e una più marcata differenziazione delle forme degli ornamenti

⁶³ Cwaliński (2020)

⁶⁴ Negroni Catacchio (1999)

⁶⁵ Palavestra (1993)

⁶⁶ Woltermann (2014)

⁶⁷ *Ibidem*

⁶⁸ Bodinaku (1995)

⁶⁹ Kurti (2017a)

⁷⁰ Kurti (2017b)

d'ambra, dovute forse a una minore intensità di contatti tra le varie regioni.⁷¹ In questo periodo infatti sono identificate tre principali zone di acquisizione dell'ambra (zona costiera, entroterra settentrionale ed entroterra meridionale) ognuna con il proprio distintivo stile di lavorazione delle perle.⁷² Campioni di ambra datati al Medio e Tardo Bronzo, provenienti dalle regioni occidentali costiere e dell'entroterra dei Balcani, sono stati sottoposti ad analisi di provenienza risultando tutti composti da succinite baltica. Queste analisi confermerebbero quindi la provenienza nord europea dei pezzi di ambra presenti nei Balcani centrale e occidentali.⁷³

2.3 L'ambra nel panorama italiano.

I giacimenti di ambra presenti nella penisola italiana si concentrano principalmente in due territori: la Sicilia, in particolare lungo le rive del Simeto, nell'area di Nicosia e nella Valle dei Platani, e nella zona dell'Appennino Bolognese e Romagnolo. In questi ultimi depositi sono registrati solo ritrovamenti sporadici,⁷⁴ e ugualmente nei giacimenti siciliani. I principali contesti italiani in cui l'ambra è stata ritrovata sono insediamenti, corredi funebri, santuari, numerosi ripostigli e centri di lavorazione databili in un periodo che va dall'Eneolitico all'epoca medioevale, con un continuo utilizzo fino ai nostri giorni.⁷⁵ La questione della provenienza dell'ambra all'inizio fu affrontata superficialmente dai primi studiosi italiani dell'Ottocento, i quali davano per scontato che l'ambra ritrovata in contesti dell'Età del Bronzo e del Ferro fosse esclusivamente di estrazione locale, ritenendo difficile l'ipotesi di un approvvigionamento dalle lontane regioni baltiche.⁷⁶ Alla luce delle grandi quantità di monili in ambra ritrovati nei vari siti della penisola, in rapporto alla relativa esiguità dei depositi italiani, questa idea preconcepita cominciava ad apparire meno probabile.

⁷¹ Cwaliński (2020)

⁷² *Ibidem*

⁷³ *Ibidem*

⁷⁴ Cultraro (2010)

⁷⁵ *Ibidem*

⁷⁶ Negroni Catacchio (2021), 13

Avendo individuato il problema,⁷⁷ si procedette ad analisi scientifiche di ambre archeologiche per stabilire validi indicatori di discriminazione tra l'ambra baltica e quelle italiane ed europee, verificando così la tesi dell'uso di ambra locale in Italia in epoca preistorica e protostorica. Il primo criterio utilizzato fu il confronto del colore dei campioni, poiché si pensava che l'ambra nordica-baltica fosse tendenzialmente gialla, mentre quella italiana era ritenuta essere più rossastra. Il metodo, naturalmente, era privo di alcun fondamento, dato che il colore rosso dell'ambra ritrovata in contesti archeologici dipende dall'alterazione superficiale data dall'ossidazione, mentre l'interno, in alcuni casi, può mantenere il colore originario, oltre il fatto che anche altri tipi di ambra possono avere colore giallo, rosso o arancio. Un primo test scientifico fu eseguito da Otto Helm,⁷⁸ farmacista e naturalista di Danzica della seconda metà dell'Ottocento,⁷⁹ il quale si basò sulla misurazione della quantità di acido succinico, un metodo di analisi ben più attendibile per identificare l'origine delle ambre Italiane⁸⁰ ma non totalmente corretto, dato che tutto si basava sull'ipotesi che l'acido succinico fosse l'unica caratteristica dell'ambra Baltica.⁸¹

Trattando delle vie di commercio dell'ambra in ambito italiano, è possibile individuare due diverse vie attive durante il periodo Neolitico, che avrebbero poi aperto la strada al commercio più tardo della resina fossile verso il mondo Mediterraneo.⁸² La prima si ritiene partisse dalle coste Baltiche, arrivando nella parte interna dell'Europa (con ritrovamenti nei pressi di Berlino che sembrerebbero confermare questa tratta), mentre la seconda partiva dal Mare del Nord. Entrambe queste rotte erano tutt'altro che dirette, poiché i carichi passavano di tappa in tappa e da persona a persona.⁸³ Tra il IV e il III millennio a.C. le tratte raggiungevano il Danubio tramite l'Elba, l'Oder e la Vistola. Come oggetti guida in queste aree per l'individuazione delle vie di commercio, vi sono i bottoni a foratura a "V", che in Italia compaiono, per la maggior parte, verso la fine

⁷⁷ Congresso Stoccolma (1876)

⁷⁸ Helm (1877), 229-246

⁷⁹ Negroni Catacchio (2021), 13

⁸⁰ *Ibidem*

⁸¹ Angelini (2010), 381

⁸² Negroni Catacchio (2021), 17-18

⁸³ *Ibidem*

del Bronzo Antico (con esempi a Lagazzi del Vhò).⁸⁴ In Italia è registrato un ridotto numero di manufatti in ambra databili al Bronzo Antico, mentre per il periodo precedente, l'Eneolitico, sono ancora più esigui.⁸⁵ Infatti solo due ritrovamenti in ambra sono citati in letteratura: una perlina discoidale da Laterza (Puglia) e un frammento di un'altra perlina dello stesso tipo da La Vela di Valbusa (Trento), delle quali una è probabilmente simetite e l'altra risulta essere lignite.⁸⁶ Mentre nel Nord Italia si usava quasi esclusivamente succinite Baltica, in Sicilia invece si nota un utilizzo costante e prevalente della simetite dall'Età del Rame a tutta l'Età del Bronzo, con presenza di succinite a partire dal Bronzo Medio e una maggior diffusione di questa nel Bronzo Finale in tutta la penisola.⁸⁷ Vi è quindi un aumento di oggetti in ambra durante l'Età del Bronzo, con una maggiore concentrazione nell'area nord-est della penisola, nell'area terramaricola e in Puglia.⁸⁸ Punti di raccolta e di smistamento della succinite baltica sono stati individuati in Europa centrale in piena Età del Bronzo. Da qui, l'ambra veniva trasportata verso l'area Mediterranea lungo un tracciato che, passando per il fiume Elba, arrivava diramandosi fino al Danubio e in Italia passando per il Brennero e la valle dell'Adige, giungendo infine agli scali commerciali nell'Alto Adriatico per proseguire verso la Grecia.⁸⁹ Nel Bronzo finale si attivarono ulteriori vie di transito dell'ambra in Italia: una di queste partiva dall'Alto Reno, attraversava il passo di San Bernardino raggiungendo la zona dell'odierno Canton Ticino per giungere poi in Italia nord-occidentale. Un'ulteriore via entrava dalle Alpi Giulie e seguiva il fiume Isonzo, si divideva all'altezza di Monfalcone, con un ramo che giungeva alle foci del Po fino ai centri di lavorazione, mentre l'altro andava verso la regione di Trieste.⁹⁰ Grazie a questo grande reticolo di distribuzione e approvvigionamento prosperarono numerosi centri di lavorazione che si svilupparono nell'area del delta del Po settentrionale, come quelli venuti alla luce nelle località di Campestrin Grignano

⁸⁴ Cupitò *et al.* (2018)

⁸⁵ Angelini (2005), 443

⁸⁶ *Ibidem*

⁸⁷ Angelini (2018), 328-333

⁸⁸ Miari (2007), 68-72

⁸⁹ Negroni Catacchio (2021), 19-20

⁹⁰ Gallo (2018a)

Polesine e di Frattesina Polesine (entrambi nei dintorni di Rovigo).⁹¹ I risultati delle analisi tramite DRIFT (spettroscopia Infrarossa con Trasformata di Fourier in Riflettanza Diffusa) dei campioni di vaghi in ambra di diverse forme provenienti dal sito di Frattesina, eseguiti da Ivana Angelini nel 2018,⁹² ne confermano la provenienza dall'Europa settentrionale, dato che tutti i campioni analizzati sono risultati essere composti da succinite. I ritrovamenti di questo sito si collocano in un arco temporale compreso fra il Bronzo recente e l'inizio del Bronzo Finale.⁹³

Nel sito di Campestrin sono stati rinvenuti sia oggetti in ambra finiti che noduli grezzi, che semilavorati, oltre ad una grande quantità di schegge prodotte dalla lavorazione. Anche in questo caso si tratta di succinite.⁹⁴ ⁹⁵ Tutto ciò conferma la presenza di centri di lavorazione in loco con importazione di materiale grezzo dal nord.⁹⁶ Il sito di Campestrin, datato XIII-XII secolo a. C., è considerato il più antico centro di lavorazione di ambra Baltica in ambito mediterraneo con evidenze certe.⁹⁷

Soprattutto attorno al I millennio a.C., le popolazioni della penisola italiana facevano un ampio uso di oggetti in ambra, specialmente nell'area Etrusca, Picena e nella parte indigena della Magna Grecia.⁹⁸ Durante l'Età del Ferro è attestata una via occidentale, accanto alla preesistente via orientale dell'Alto Adriatico, la quale collegava l'Italia nord-ovest all'Europa centrale tramite la tratta che partiva dall'alta valle del Reno, e attraversando il passo di San Bernardino, raggiungeva l'area del Lago Maggiore.⁹⁹ Dall'VIII secolo a.C. circa, i centri di smistamento dell'ambra passarono dal Polesine all'area etrusco-padana, più prossima all'Adriatico. Un centro importante per la ricchezza di manufatti in ambra rinvenuti in ottime condizioni, è Verucchio, avamposto commerciale tra VIII e VII secolo a.C. nella zona del medio Adriatico.¹⁰⁰ Sempre

⁹¹ Strafella *et al.* (2015), 849-854

⁹² Angelini (2018), 331

⁹³ Negroni Catacchio (2021), 21-22

⁹⁴ Angelini (2018), 331

⁹⁵ Angelini (2015), 420

⁹⁶ Angelini (2018), 331

⁹⁷ Angelini (2015), 419

⁹⁸ Negroni Catacchio (2021), 24-28

⁹⁹ *Ibidem*

¹⁰⁰ Von Eles (2010)

durante questo periodo, anche l'area Picena divenne un'area di ampia diffusione di oggetti d'ambra. Stando alla distribuzione dei manufatti, pare che i Piceni acquistassero l'ambra direttamente dalle coste dalmate, oltre che dai centri di mercato alle foci del Po.¹⁰¹ In base ai tipi di manufatti ritrovati si può dire che venisse commerciato il materiale grezzo e che questo fosse poi lavorato da artigiani locali. In Sicilia, invece, sono stati ritrovati moltissimi oggetti in ambra fino all'Età del Ferro,¹⁰² quando questi iniziano a diminuire, per poi cessare, con la colonizzazione Greca dell'isola.¹⁰³

2.4 L'ambra nelle fonti antiche, provenienza e mitologie.

Le fonti scritte di epoca romana con informazioni sull'ambra sono per la maggior parte del periodo imperiale, e i principali autori sono Plinio il Vecchio e Tacito. Vi è la famosa e descrittiva testimonianza di Plinio il Vecchio nella *Naturalis Historia* (III, 45),¹⁰⁴ dove si racconta il viaggio di un cavaliere romano inviato ad acquistare una grande quantità di ambra per i giochi organizzati da Nerone, direttamente nelle aree di origine. Plinio ci descrive il percorso, anche se in maniera non precisa, il quale passava per le principali città dell'Impero in Europa settentrionale.¹⁰⁵ Si pensa che la rotta descritta seguisse la via lungo il fiume Marsch fino al Danubio, attraversando la Vistola fino al Golfo di Danzica. Probabilmente tale percorso riprendeva precedenti tracciati protostorici.¹⁰⁶

Il problema della provenienza della resina fossile affiora spesso nelle fonti sia greche sia romane, le quali però non fanno menzione di ambra proveniente dalla Sicilia o dalla penisola italiana. Al contrario, gli autori antichi sapevano già che questa proveniva dal

¹⁰¹ Negroni Catacchio (2003), 461

¹⁰² Benedetti (2006)

¹⁰³ Negroni Catacchio (1999b)

¹⁰⁴ Rice, Ph.D. (2006), 47

¹⁰⁵ De Navarro (1925)

¹⁰⁶ Rice, Ph.D. (2006), 47-49 cit Ley (1951), 12

nord.¹⁰⁷ In generale le fonti antiche, greche e romane, collegano l'ambra al famoso mito di Fetonte, figlio del sole che perde il controllo del carro del padre. Per fermarlo e punirlo, Zeus gli scaglia contro una folgore, e il ragazzo precipita cadendo nelle acque del fiume Eridano. Le sue sorelle, le Eliadi, raggiungono il fratello e iniziano a piangere lacrime dorate. Gli dei, avendo pietà di loro, le trasformano in pioppi, ma queste continuano a piangere e le loro lacrime si induriscono diventando resina che, cadendo in acqua, danno così origine all'ambra. L'origine solare dell'ambra è comune a molte culture europee, per esempio è presente anche in un mito di origine baltica.¹⁰⁸ Un frammento di Esiodo,¹⁰⁹ e informazioni di altri autori più antichi, accostano all'ambra e al fiume Eridano il popolo degli Iperborei, che viveva nelle regioni a nord. Da qui si deduce che questo fiume scorresse in una regione del Nord Europa e che fosse collegato sia al commercio sia alla produzione di oggetti in ambra. Oggi si pensa soprattutto al corso della Vistola.¹¹⁰

La collocazione geografica del fiume Eridano cambia a seconda degli autori e delle fonti, spesso tra loro contraddittorie e confuse. Nel Periplo dello Pseudo Scimno¹¹¹ (II secolo a. C.¹¹²) sono nominate, insieme ad altre isole, le Elettridi (da *eléktron*, in greco ambra;), che sono legate a racconti e personaggi della mitologia greca (come gli Argonauti e Medea). Ciò permette di ubicare queste isole sulla costa dell'Alto Adriatico, dove si pensava scorresse il fiume Eridano. È molto probabile che il nome Eridano fosse attribuito ad un fiume lungo il quale veniva trasportata l'ambra giungendo nell'Alto Adriatico, ed è possibile che questa attribuzione sia cambiata con il mutare dei centri di scambio. Più tardi, in epoca Romana con Plinio, il Vecchio (I secolo d.C.) questo fiume fu identificato con il Po.¹¹³

¹⁰⁷ *Nat. Hist.* XXXVII, XI, 69-71

¹⁰⁸ Negroni Catacchio (2021), 16-17

¹⁰⁹ Grilli (1975), 279-291

¹¹⁰ Negroni Catacchio (2021), 16-17

¹¹¹ *Ibidem*

¹¹² Pseudo Scimno, vv. 373-374

¹¹³ Negroni Catacchio (2021), 16-17

2.5 Studi moderni sulla provenienza dell'ambra.

L'interesse per la caratterizzazione scientifica di questo materiale risale alla seconda metà dell'Ottocento, quando si sviluppò un filone di ricerche di ambito chimico e geopaleontologico sulla composizione dell'ambra e sui fossili in essa contenuti. Pioniere del loro sviluppo e della loro applicazione ai reperti archeologici è stato Otto Helm,¹¹⁴ che rivelò la presenza di una percentuale di acido succinico¹¹⁵ (che dà il nome alla succinite) nelle ambre trovate in tombe della necropoli di Micene (XIII sec. a.C.) compatibile con quello rilevato nei campioni estratti in area Baltica.¹¹⁶ Helm fu il primo ad applicare un'investigazione sistematica su ambre provenienti da diverse aree geografiche, con l'obiettivo di trovare delle caratteristiche specifiche che permettessero di identificare i reperti archeologici. Condusse quindi esperimenti per estrarre l'acido succinico dall'ambra tramite processi chimici, oltre ad effettuare altre analisi fisiche sui campioni.¹¹⁷ Ne risultò che molte delle ambre del sito di Micene si rivelarono essere di origine Baltica, caratterizzate da determinate percentuali di acido succinico, con valori più bassi in quelle trasparenti e maggiori in quelle opache.¹¹⁸ In seguito Helm si rese conto della fallacità di tale metodo osservando i risultati di analisi realizzate su ambre provenienti da altre parti dell'Europa (Galizia, Ungheria, Romania e Sicilia) le quali mostravano di possedere anch'esse acido succinico in percentuali variabili se non addirittura pari a quelle di origine Baltica.¹¹⁹

Nel secondo dopoguerra furono messe in campo nuove e risolutive tecnologie per determinare le zone di provenienza dell'ambra, come la spettrometria a infrarosso in riflettanza diffusa.¹²⁰ Il primo ad applicare la spettrometria ad infrarossi fu Curt W. Beck negli anni Sessanta, un professore di chimica americano, che la applicò alle analisi di campioni d'ambra con provenienza conosciuta.¹²¹ Ne risultarono dei

¹¹⁴ Beck (1966), 193-196

¹¹⁵ Angelini (2010), 381

¹¹⁶ Orsini (2010), 29-30

¹¹⁷ Beck (1965)

¹¹⁸ *Ibidem*

¹¹⁹ *Ibidem*

¹²⁰ Beck (1965) in Negroni Catacchio (2021)

¹²¹ *Ibidem*

diagrammi caratteristici dei vari tipi di ambra, facilitando così le analisi tramite il confronto dei diagrammi. Applicò questo metodo su un numero di perle d'ambra minoiche e micenee provenienti da Pylos, in Messenia, per conoscerne l'origine. I risultati dei diagrammi mostravano un'alta percentuale di ambra proveniente dal Baltico, un piccolo numero proveniente dalla Sicilia, mentre altre erano troppo degradate o contaminate per essere identificate correttamente.¹²²

Alla fine degli anni Sessanta questo metodo venne ripreso in Italia da Giampiero Guerreschi.¹²³ I risultati mostravano, al contrario di quanto si era sostenuto, che la maggior parte dei campioni analizzati era di provenienza Baltica.¹²⁴

Vi sono numerosi metodi di analisi per studiare le ambre, i quali variano a seconda del tipo di risultato di cui si necessita, dai fondi e dai campioni disponibili; ma tutt'oggi la spettrometria a infrarossi è uno dei metodi analitici più utilizzati, sia per il livello minimo di invasività del materiale sia per la qualità e il quantitativo di risultati che può fornire.¹²⁵ Negli ultimi anni, grazie alla disponibilità di nuove e più efficienti strumentazioni in ambito archeologico, le ricerche si sono perfezionate ed ampliate, ed ora disponiamo di un quadro più preciso riguardo la provenienza dell'ambra in vari contesti archeologici e periodi storici.¹²⁶

¹²² Beck (1995), 119-135

¹²³ Negroni Catacchio (2021), 14

¹²⁴ *Ibidem*

¹²⁵ Angelini (2012), 1152

¹²⁶ Caldararo *et al.* (2013)

CAPITOLO 3

Trattamenti pirotecnologici e dell'ambra in antico e oggi

3.1 Testimonianze di lavorazione dell'ambra.

Vi sono testimonianze materiali della lavorazione dell'ambra in antico, la quale veniva lavorata per lo più tramite scheggiatura, sbazzatura con lame e foratura manuale o con trapano. Allo stato attuale della ricerca, disponiamo di poche fonti sui trattamenti pirotecnologici dell'ambra nel mondo antico, sia di carattere letterario sia iconografico. Anche la ricerca archeologica in questa direzione sembra essere stata molto limitata. Per quanto riguarda la letteratura antica, possiamo citare come unico riferimento specifico il libro XXXVII della *Naturalis Historia* di Plinio il Vecchio, opera in cui l'autore latino tratta della provenienza dell'ambra e del suo nome, citando anche le varie versioni di altri autori del tempo, oltre ai trattamenti e le lavorazioni di questa (cap. XI, XII, XIII):

“Archelaus, qui regnavit in Cappadocia, illinc pineo cortice inhaerente tradit advehi rude polirique adipe suis lactentis incoctum”.¹²⁷

“Archelao, che fu re di Cappadocia, riporta che (l'ambra) giunge dall'India in forma grezza con cortecce di pino ancora attaccate, e che essa viene levigata facendola bollire nel grasso di maialini da latte”.

In questo passo è riportato che per levigare l'ambra questa veniva immersa nel grasso animale. Il verbo *poliri*, però in latino significa sia levigare che lucidare, schiarire e raffinare. Probabilmente l'ambra veniva immersa nel grasso per renderla più lucida o trasparente.

¹²⁷ *Nat. Hist.* XXXVII, XI, 46

Plinio in questo libro classifica anche i tipi di ambra, rivelandone le colorazioni più apprezzate dai suoi contemporanei, sostenendo quanto segue:

“Genera eius plura sunt. [...] fulvis maior auctoritas. [...] summa laus Falernis a vini colore dictis, molli fulgore perspicuis in quibus”.¹²⁸

“Vi sono molti tipi (di ambra). [...] (l’ambra) di colore rosso è (quella ritenuta) di maggior pregio. [...] L’ambra più pregiata è chiamata Falerniana, poiché il colore ricorda quello del vino di Falernio, ed ha una morbida lucentezza e trasparenza”.

Si deduce quindi che la tonalità di ambra più apprezzata e diffusa all’epoca fosse quella di un rosso scuro. Probabilmente per sopperire alla richiesta di un’ambra di tale colore, sempre tramite il testo di Plinio, sappiamo che questa veniva ottenuta artificialmente tingendo la resina:

“Verum hoc quoque notum fieri oportet, quocumque modo libeat, ea tingui, haedorum sebo et anchusae radice, quippe iam et conchylio inficiuntur”.¹²⁹

“In verità è necessario rendere noto anche questo, e cioè che l’ambra può essere colorata in qualsiasi modo si preferisca con il sego di capretto e con la radice di ancusa¹³⁰ ¹³¹ e ormai si può tingere indubbiamente anche con la porpora”.

Grazie a questo processo l’ambra poteva ottenere molte più sfumature, ed essere utilizzata anche come sostituto per gemme e altre pietre preziose:

“Sucina et gemmis, qua sunt tralucidae, adulterandis magnum habent locum, maxime amethystis, cum tamen omni, ut diximus, colore tinguantur”.¹³²

¹²⁸ *Nat. Hist.* XXXVII, XII, 1-5

¹²⁹ *Nat. Hist.* XXXVII, XI, 48

¹³⁰ Si intende l’*Anchusa tinctoria/Alkanna tinctoria*, una pianta dalla cui radice si ricava un colorante rosso, usata in antico e attualmente per uso tintorio, cosmetico e farmacologico

¹³¹ Pluhár (2001)

¹³² *Nat. Hist.* XXXVII, XI, 51

“Le ambre hanno un grande impiego anche per le gemme da imitare, che sono traslucide, soprattutto le ametiste, essendo tinte tuttavia, come abbiamo detto, con ogni colore”.

Da questo passo, tra l'altro, si deduce che la colorazione artificiale del materiale doveva essere una pratica comune all'epoca di Plinio. Esempi materiali dell'apprezzamento dei romani verso l'ambra rossa sono presenti nel Museo Archeologico della città di Aquileia, la quale, in epoca imperiale, era il più importante centro di lavorazione dell'ambra (data anche la sua posizione privilegiata vicino al mare, e successivamente la costruzione di un'importante porto sul fiume Natisa e lo snodo delle più importanti strade dell'epoca, la via Postumia, la via Annia, la via Gemina e la via Iulia Augusta).¹³³ Sono infatti presenti all'interno dell'edificio numerosi oggetti in ambra scolpita di colore rosso vivo, quali anelli, statuette, scatoline, vasetti per profumi o unguenti da toeletta, riproduzioni di frutti e figurine zoomorfe, oltre a perle e perline.

3.2 Studi dei metodi di lavorazione.

Le prime ricerche che dimostrano un interesse per la lavorazione dell'ambra in termini specificatamente tecnologici risalgono a fine Ottocento, ma è stato dalla seconda metà del Novecento che, grazie all'apertura del mondo archeologico a campi di studio innovativi come l'archeologia sperimentale e l'archeometria, si iniziò a far luce sui trattamenti pirotecnologici¹³⁴ utilizzati in antichità. Il primo riferimento a trattamenti di questo tipo nella letteratura archeologica italiana risale al 1891, quando Antonio Parazzi¹³⁵ riconobbe che i fori su alcune perle e bottoni in ambra, provenienti

¹³³ Sito: Friuli Romano

¹³⁴ Con il termine pirotecnologico si intende un trattamento del materiale tramite l'utilizzo del fuoco (dal greco *pyr* = fuoco) o tramite calore

¹³⁵ Parazzi (1891), 29

dal sito di Lagazzi di Vho (EB-EMB), erano stati realizzati con un punteruolo incandescente.¹³⁶

Studi archeometrici e sperimentali hanno rivelato come veniva realizzato questo tipo di foratura. Le indagini hanno riguardato un campione di perline provenienti dal sito palafitticolo di Ledro, databili tra la metà del Bronzo Antico e l'inizio del Bronzo Medio, e un altro campione databile al Bronzo Recente 2, proveniente dall'insediamento terramaricolo di Fondo Paviani.¹³⁷ I fori delle perline sono stati osservati tramite immagini digitali 3D ottenute con tecnica multifocale, e con calchi in silicone osservati con l'ESEM. Per avere dei termini di confronto, sono state effettuate delle prove di foratura su noduli di ambra grezzi attraverso perforazione manuale e trapanatura ad archetto con punte in selce e in rame. Sempre a scopo comparativo sono state replicate perforazioni monopolari e bipolari tramite punteruoli incandescenti in rame e in bronzo, di cui sono stati poi realizzati dei calchi in silicone.¹³⁸ Le immagini ottenute dai reperti con l'ESEM mostrano all'interno del canale del foro un esteso reticolo di microfratture ortogonali dovute alla reazione della resina fossile esposta al calore, oltre che l'annerimento dei bordi della foratura. Le stesse caratteristiche si sono osservate anche nel confronto con i calchi della sperimentazione della foratura con punteruolo in rame o bronzo incandescente. Ciò ha fornito un primo esempio di tecniche di lavorazione a caldo di polimeri naturali in reperti dell'Età del Bronzo italiana.

Anche le ricerche condotte su un gruppo di materiali rinvenuti durante uno scavo di emergenza nel 2001 a Borgo Canevedo di Este e databili al X- IX secolo a.C., presentano tracce di foratura a caldo.¹³⁹ Si tratta di un campione di reperti che, per quanto esiguo, mostra l'intera catena operativa per la produzione di perline ed oggetti in ambra. I vaghi in sono stati osservati tramite *imaging* 3D ad alta risoluzione, ottenuta con microscopio opto-digitale e laser confocale. Alcuni reperti

¹³⁶ Strafella *et al.* (2017), 146-160

¹³⁷ *Ibidem*

¹³⁸ *Ibidem*

¹³⁹ Angelini, Vidale (2020), 238-240

presentano segni di perforazione analoghi a quelli riscontrati nei siti sopra menzionati.¹⁴⁰ Dall'osservazione delle superfici di un blocchetto ridotto, per quanto degradate, è riconoscibile una serie di facce piatte e parallele; ciò ha permesso di ipotizzare l'uso di lame in bronzo o rame incandescenti per dare la forma preliminare alla possibile sbozza mediante progressiva riduzione. L'utilizzo di questa tecnica per il taglio dell'ambra fino a quel momento era stata documentata solo nell'Inghilterra medioevale.¹⁴¹ Nel caso del reperto di Borgo Canevedo, le analisi condotte con immagini ottiche digitali 3D, laser LSCM e falsi colori hanno mostrato un frammento di carbone incluso nel blocchetto d'ambra, in apparenza causato dalla pressione di una lama incandescente, che con lo scioglimento della resina fossile ne aveva permesso l'inclusione.¹⁴² Questa osservazione è ancora preliminare. Per confermare la sua validità nei contesti protostorici, saranno necessarie ulteriori analisi su altri reperti archeologici.

Riguardo invece ai trattamenti pirotecnologici utilizzati per conferire maggior trasparenza al materiale o per alterarne il colore, la fonte più antica è, come già riportato, la *Naturalis Historia* di Plinio il Vecchio. Per altre attestazioni bisogna aspettare il Cinquecento, quando Andreas Aurifaber (1572) osservò questo processo; ma fu Johannes Wigand (1590), che effettivamente comprese la miglior efficacia degli olii vegetali rispetto al grasso di maialino o capretto citati dall'autore latino.¹⁴³ Nel 1897 Paul Dahms descrisse per la prima volta la chiarificazione¹⁴⁴ dell'ambra Baltica nell'olio di colza, riportata poi anche da Max Bauer nel 1904: l'olio veniva posto in un recipiente di ferro nel quale si immergeva l'ambra grezza. L'olio veniva scaldato gradualmente fino a raggiungere l'ebollizione, quindi il fuoco veniva attenuato e poi spento. In questo modo, lasciando raffreddare lentamente il tutto, si evitava la rottura dei pezzi. La durata del processo variava a seconda delle dimensioni

¹⁴⁰ Vidale, Angelini *et al.* (2018), 24-25

¹⁴¹ Vidale, Angelini (2020), 244-246

¹⁴² *Ibidem*

¹⁴³ Angelini, Vidale (2020), 349-350

¹⁴⁴ Trattamento volto a togliere le imperfezioni, nel caso dell'ambra viene utilizzato per renderla più lucida e trasparente

e del tipo di ambra utilizzato.¹⁴⁵ Anche nell'industria moderna, l'olio di colza è utilizzato per la chiarificazione artificiale dell'ambra. Tale olio possiede un indice di rifrazione molto simile a quello della resina fossile, e di conseguenza viene assorbito più facilmente dal materiale eliminando le bolle d'aria.¹⁴⁶ Quando il calore aumenta la pressione all'interno delle bolle d'aria intrappolate nell'ambra, si assiste alla formazione dei cosiddetti *sun spangles*, ovvero fessure discoidali intrappolate al suo interno.¹⁴⁷ La loro presenza, spesso ottenuta intenzionalmente nelle lavorazioni attuali, è riscontrata anche in oggetti provenienti da sepolture antiche, il che potrebbe far presumere l'uso di fonti di calore nei processi di lavorazione.¹⁴⁸

Nell'industria attuale si produce anche ambra scura (con tonalità bruno-ambrate) tramite il riscaldamento in apposite infrastrutture.¹⁴⁹ Nei secoli passati un risultato simile si otteneva scaldando l'ambra all'interno di sabbia versata in un contenitore posto sul fuoco.¹⁵⁰ Il processo chimico responsabile di questa colorazione è l'ossidazione della resina fossile, che in natura è prodotto gradualmente dall'invecchiamento. Infatti tale processo naturale si osserva sulla superficie della stragrande maggioranza dei reperti archeologici, il cui colore originario risulta irrimediabilmente modificato, rendendo quindi difficile l'identificazione di quello iniziale.¹⁵¹

Altro trattamento utilizzato nella lavorazione dell'ambra d'oggi, è la fortificazione dell'ambra tramite il passaggio in autoclave:¹⁵² questo sistema applica calore e pressione ai pezzi, per renderli più compatti e resistenti. Seppur questo metodo non

¹⁴⁵ *Ibidem*

¹⁴⁶ Rice, Ph.D. (2006), 350

¹⁴⁷ *Ibidem*

¹⁴⁸ Si veda Rice, Ph.D. (2006), pp. 350; gli autori asseriscono che sono state trovate ambre con fessure discoidali in tombe antiche, ma non ne indicano il periodo

¹⁴⁹ www.laviadellambra.com/lambra-gialla-dalla-trasparenza-allopacita/ di Ramune Kupsyte

¹⁵⁰ Rice, Ph.D. (2006), 350

¹⁵¹ Negroni Catacchio (2021), 13

¹⁵² Macchinario che lavora principalmente con la pressione, viene utilizzato per la sterilizzazione di utensili e di acqua in ambito ospedaliero e alimentare, mentre in ambito industriale è usato per un miglior assorbimento dell'impregnante nel legno e produzione di gioielli

fosse noto in antichità, non è da escludere che possa essere stato utilizzato il calore per la compattazione.

Tornando alla colorazione artificiale dell'ambra descritta da Plinio, esperimenti preliminari (ancora inediti) sono stati condotti da Ivana Angelini e Massimo Vidale, del Dipartimento dei Beni Culturali dell'Università degli Studi di Padova.¹⁵³ Sono stati selezionati quattro pezzi di ambra con differenti gradi di trasparenza ed immersi in grasso di maiale solido, poi scaldato in un contenitore di metallo su fiamma viva, fino a raggiungere la temperatura di scioglimento del grasso (40-50°C), poi fatto bollire per circa 7-8 minuti. In seguito i pezzi sono stati estratti e puliti, mostrando che la semplice bollitura in grasso può dare sulla superficie dei pezzi sfumature arancione chiaro o rosso, aumentandone anche la trasparenza.¹⁵⁴

Non possediamo quindi molte informazioni sui trattamenti pirotecnologici dell'ambra; la maggior parte degli esperimenti finora eseguiti sono in fase preliminare. I campioni di materiali analizzati non sono molto numerosi, e si rende quindi necessario ampliare gli studi ad altri reperti e contesti.

Si procede nei capitoli successivo con l'esposizione della parte sperimentale della tesi, dedicata agli esperimenti di cambiamento cromatico dell'ambra effettuati in laboratorio

¹⁵³ Angelini, Vidale (2020), 243-244

¹⁵⁴ *Ibidem*

CAPITOLO 4

Materiali utilizzati per le sperimentazioni

Come già detto, per verificare quanto scritto da Plinio il Vecchio (*Naturalis Historia* XXXVII, XI, 46-48) si è deciso di replicare in laboratorio il procedimento di cambio cromatico dell'ambra tramite cottura in grasso citato dall'autore. Nonostante nel testo sia anche menzionato l'utilizzo di tinture, per esigenze di preliminare semplificazione e poiché non se ne conosce la natura, si è scelto di non utilizzarle. Nelle prove si è scelto di limitarsi per questa fase di studio solamente all'uso di olio di lino.

I campioni utilizzati per le sperimentazioni, provengono da scarti contemporanei della lavorazione di perle di ambra baltica di diverse colorazioni. Dopo un'attenta selezione, sono state scelte serie di pezzi più simili tra loro per dimensioni, colore e trasparenza. Sono stati quindi selezionati sedici campioni (quattro per ogni colorazione) delle dimensioni di circa un centimetro e poi divisi per classe di colore: Bianco (B), Giallo (G), Arancio (A), e Rosso (R) (*tab. I*). I campioni di colore giallo, arancio e rosso presentavano una maggior trasparenza rispetto a quelli di colore bianco, poiché l'ambra di questa colorazione risulta più opaca grazie ad una maggiore densità di microbolle d'aria al suo interno. I pezzi selezionati erano, inoltre, dei semilavorati, che presentano tendenzialmente una prevalente assenza di cortice. Questa caratteristica favorisce una migliore visione dell'interno dei campioni e, nella maggior parte dei casi, permette all'olio di penetrare meglio nell'ambra. Alcuni di essi presentavano anche una o più parti piane che li hanno resi non idonei alla produzione di perle, ma che si sono rivelate utili per effettuare le fotografie d'archivio dei campioni, dando a questi più stabilità sul piano.

Sigla	Colore	Trasparenza
B	Bianco	Opaco
G	Giallo	Trasparente
A	Arancio	Trasparente
R	Rosso	Trasparente

***Tabella 1.** Tabella delle colorazioni e opacità dei campioni selezionati per le sperimentazioni di cottura in olio di lino atte a verificare quanto affermato da Plinio il Vecchio.*

Prima di procedere alle osservazioni è stata rimossa una piccola parte di materiale dai pezzi per poter rendere più visibile l'interno dei campioni con lo scopo di vedere più chiaramente eventuali bolle d'aria o crepe interne e la loro scomparsa o cambiamento dopo l'esperimento.

Al fine di rilevarne il maggior numero di caratteristiche fisiche, i pezzi scelti sono stati osservati anche allo stereomicroscopio prima delle prove. Questo ha permesso di vedere più chiaramente graffi di lavorazione, bollicine d'aria interne, inclusi e fratture. Tutte queste caratteristiche non sono particolarmente visibili nei campioni Gialli e Bianchi, dato il colore chiaro e la trasparenza del materiale.

Per quanto riguarda le caratteristiche di ognuna delle quattro classi di colore, i Bianchi mostravano un esterno più giallo rispetto all'interno, che si manteneva invece sul bianco con microbolle abbastanza visibili. Nei campioni B2 e B3, inoltre, erano visibili delle venature trasparenti. I Gialli presentavano inclusi e fratture, e il campione G3

mostrava una piccola porzione di cortice più rossa/arancione rispetto al resto. Nei campioni del gruppo Arancio erano evidenti delle parti più scure: il campione A1 presentava due parti più rossastre, identificate come cortice. Il campione A2 presentava un lato più chiaro tendente al giallo. Altra caratteristica di questo pezzo era la poca trasparenza a confronto degli altri campioni della stessa classe di colore. Tutti i pezzi d'ambra di questo gruppo presentavano inclusi e fratture. I campioni Rossi mostravano evidenti graffi sull'esterno, varie microfratture superficiali e interne.

In seguito è stato misurato il peso dei pezzi selezionati, effettuato sia prima sia dopo la cottura dei campioni, utilizzando una bilancia tarata alla quarta decimale di grammo (*tab.2*). Successivamente ne è stato registrato il colore sia tramite NCS con *color reader* sia tramite confronto delle tabelle NCS dei colori. Per il gruppo dei campioni di ambra Bianco è stato possibile utilizzare solamente le tabelle NCS, date le ridotte dimensioni dei pezzi. Durante la registrazione del colore con *color reader*, abbiamo visto che questo segnava sfumature molto più scure e simili tra loro di quanto non fossero visivamente. Ciò può essere stato causato da più fattori: 1) i campioni erano in parte trasparenti; 2) la *spot size* dello strumento è di 5mm e i campioni a volte sono di dimensioni minori; 3) è necessaria una superficie piana per registrare al meglio il colore dei pezzi, mentre questi ultimi presentano una superficie molto irregolare. Un'altra osservazione fatta è stata la differenza di sfumatura dei campioni quando questi sono stati posti contro luce rispetto a quando venivano poggiati su di un piano. Nel primo caso mostravano una colorazione più chiara, data anche dalla trasparenza del materiale che permetteva il passaggio della luce, mentre nel secondo acquisivano una tonalità più scura, data dalla minor quantità di luce che attraversava il materiale. Per questo motivo sono state registrate anche queste differenze di colorazione, sia con le tabelle NCS sia con il *color reader*. Queste misurazioni non sono state eseguite su tutti i campioni, dato che alcuni presentavano la stessa tonalità di colore sia sul piano sia contro luce o per altre motivazioni. In questi casi è stato segnato solamente un colore, come nei campioni G2, G3, G4. Nella maggior parte dei campioni del gruppo Arancio era stato registrato il colore sia delle parti più scure sia delle parti più chiare, mentre nel campione A4,

essendo opaco e cromaticamente più omogeneo, era stato segnato un solo colore utilizzando le tabelle NCS. La parte scheggiata e quella esterna più opaca sono invece state misurate con *il color reader*. Per quanto riguarda i campioni del gruppo Rosso, sono state prese le colorazioni con le tabelle sia sul piano sia controluce, mentre nei pezzi R2, R3 sono stati misurati con il color reader il colore della parte esposta dalla scheggiatura e le parti esterne più scure. I campioni R1, R4 presentano invece una colorazione più omogenea, necessitando di un solo codice di colore. Nel gruppo Bianco invece, essendo tutti opachi e cambiando difficilmente sfumatura controluce, nella lettura precedente alla cottura era stato misurato il colore sia della parte esterna sia della parte interna, sempre con le tabelle NCS. Sono stati esclusi da questa doppia misurazione i campioni B3 e B4, i quali hanno riportato la stessa tonalità sia all'interno sia all'esterno (*tab.3*).

Sono poi state eseguite fotografie dei singoli campioni da diverse angolazioni per poter osservare eventuali cambiamenti prima e dopo le sperimentazioni. Successivamente è stato utilizzato uno stereoscopio per ottenere foto multifocali dei dettagli delle caratteristiche dei campioni.

CAPITOLO 5

Sperimentazioni

5.1 Obiettivi e metodo della sperimentazione

Prima di effettuare gli esperimenti veri e propri di cambiamento cromatico tramite cottura in olio, è stata eseguita una sperimentazione di prova utilizzando dei campioni il più possibile simili tra loro e comparabili ai campioni scelti per le sperimentazioni successive, tenendo conto della trasparenza, colore e dimensione. Le prove sono state eseguite principalmente per poter scegliere le condizioni di lavoro, e capire quindi quali intervalli di temperatura e di tempo impostare successivamente durante la cottura dei campioni selezionati per verificare le affermazioni di Plinio.

Come prima cosa per effettuare le prove sono stati scelti sei campioni dagli scarti di lavorazione, segnati poi con la sigla *P* (prova): *P1, P2, P3, P4, P5, P6*. Sono stati presi pezzi delle dimensioni di circa un centimetro e con una colorazione per lo più arancio trasparente, senza cortice, eccetto per il sesto che risulta essere di un arancio più opaco. I sei campioni sono stati fotografati prima e dopo il trattamento. Sono poi iniziate le preparazioni della prova. Come contenitore per la cottura è stata utilizzata una pentola in acciaio, in seguito riempita con olio di lino e posta su di un fornello elettrico da 200w. La potenza del fornello è stata posta a 3 su 5, essendo più o meno quella mediana. Per la misurazione della temperatura dell'olio è stata utilizzata una doppia termocoppia per prendere la temperatura esterna e quella dell'olio. I campioni di prova sono stati chiusi in colini da tè, appesi ad un'asticella sopra il contenitore ed immersi nell'olio a temperatura ambiente, per evitarne la rottura a causa dello shock termico per il calore. Si è proceduto a misurare per tutta la durata del processo la temperatura dell'ambiente esterno e dell'olio tramite una doppia termocoppia. La temperatura esterna era più o meno costante a 25 gradi centigradi. Ogni dieci gradi, a cominciare dai 30 °C, si sono misurati la temperatura e il relativo tempo per valutare la curva di riscaldamento. Quando si è arrivati ai 100 °C è stato estratto il primo campione (*P1*),

gli altri sono stati estratti a temperature differenti senza un intervallo preciso: il secondo campione (*P2*) è stato tirato fuori a 120 °C; il terzo (*P3*) a 130 °C; il quarto (*P4*) a 140 °C; il quinto (*P5*) a 145 °C e il sesto (*P6*) a 165 °C. I campioni, dopo l'estrazione, sono stati posti su della carta assorbente per togliere l'olio in eccesso. Successivamente alla cottura i pezzi hanno mostrato sfumature di colore variabili in base alla temperatura e al tempo a cui sono stati immersi, ma in un ordine non propriamente scalare. Il campione *P6* era stato intenzionalmente lasciato a temperatura più alta e per un tempo maggiore, così da osservare la reazione del campione. Ne è risultata una colorazione bruna molto scura. Si è quindi proceduto alla fotografia dei campioni prova post-cottura, sia singolarmente, sia posti insieme per poter osservare meglio le gradazioni di colore ottenute (*Fig. 1-7*).

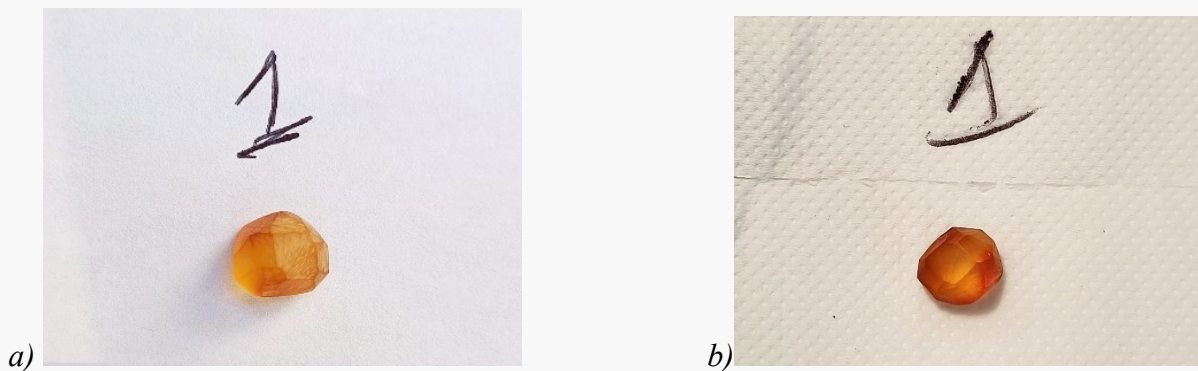


Figura 1. Immagine del campione *P1* prima (a) e dopo (b) la cottura in olio a 100°C.

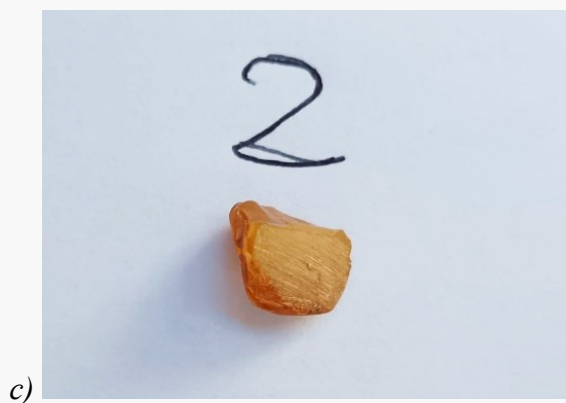


Figura 2. Immagini del campione prova P2 prima (c) e dopo (d) la cottura in olio a 120°.



Figura 3. Immagini del campione di prova P3 prima (e) e dopo (f) la cottura in olio a 130°C.

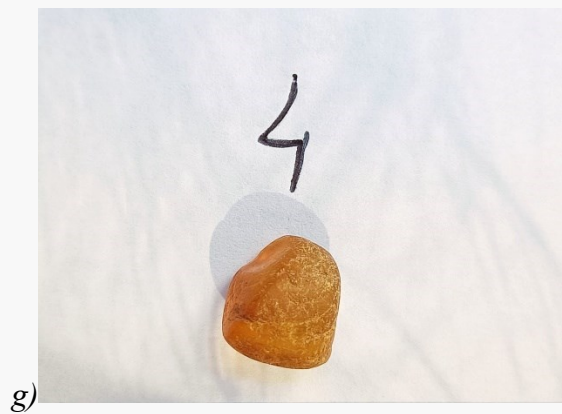


Figura 4. Immagini del campione prova P4 prima (g) e dopo (h) la cottura in olio a 140°C.



Figura 5. Immagini del campione di prova P5 prima (i) e dopo (l) la cottura in olio a 145°C.

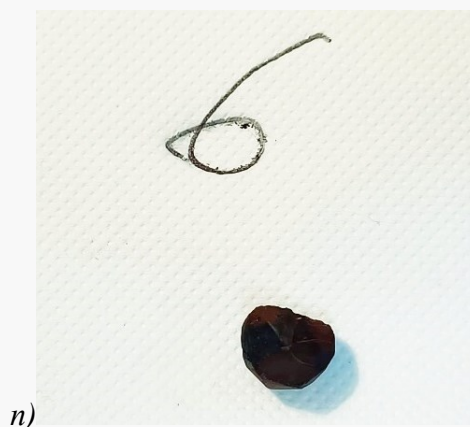


Figura 6. Immagini del campione di prova P6 prima (m) e dopo (n) la cottura in olio a 165°C.



Figura 7. Immagine di tutti i campioni prova dopo la cottura.

5.2 Prove sperimentali

Alla luce dei risultati ottenuti dalla cottura dei campioni di prova, si è deciso di ridurre il numero dei campioni a quattro per ogni prova e di estrarli dopo un aumento di 15 gradi centigradi dell'olio. Le nuove temperature decise sono: 90 °C; 105 °C; 120 °C e 135 °C. Per queste prove, a causa di un errore sperimentale, si è proceduto con una modalità diversa rispetto alla prova eseguita precedentemente. Il cambio della procedura sperimentale è stato fatto nel tentativo di ridurre le tempistiche e per comodità operative. Si è proceduto nel seguente modo: i campioni B1, G1, A1 e R1 sono stati immersi nell'olio freddo e scaldati fino a 90 °C; dopo il raffreddamento dell'olio sono stati immersi i campioni B2, G2, A2, R2 e scaldati fino 105 °C; similmente, dopo il raffreddamento dell'olio, sono stati immersi i campioni B3, G3, A3, R3 e scaldati fino 120 °C ed infine gli ultimi campioni B4, G4, A4 e R4 fino a 135 °C. Lo schema delle sperimentazioni eseguite è riportato in Tabella 2. I pezzi di ambra sono stati inseriti in colini da thè metallici sostenuti da un bastoncino metallico appoggiato sul bordo di una pentola in acciaio riempita con olio di lino è stata posta sul fornello elettrico da 200w. La potenza del fornello elettrico è stata messa a 5 su 5 per far salire la temperatura più velocemente. Per misurare la temperatura esterna e dell'olio di lino è stata utilizzata una doppia termocoppia. Durante gli intervalli tra le cotture delle quattro serie di campioni l'olio è stato fatto raffreddare circa 10 minuti prima di immergere la serie successiva. Il primo gruppo (B1, G1, A1, R1) è stato immerso nell'olio a temperatura ambiente e poi tirato fuori al raggiungimento della temperatura di 90° C. Dopo il raffreddamento dell'olio sono stati immersi i campioni del secondo gruppo (B2, G2, A2, R2), con una temperatura dell'olio al momento dell'immersione di 55° C. Sono poi stati tolti al raggiungimento di 105° C e l'olio è stato fatto raffreddare nuovamente. Si è proceduto all'immersione del terzo gruppo (B3, G3, A3, R3) con una temperatura dell'olio di 62° C, e i campioni sono stati estratti

a 120° C. Si è ripetuto il procedimento anche per il quarto gruppo (B4, G4, A4, R4), che è stato immerso nell'olio a 54° C. Questi ultimi dopo il raggiungimento della temperatura di 135° C, sono stati lasciati nell'olio 10 minuti in più a fornello spento. Purtroppo a causa di un errore durante il procedimento di misurazione della temperatura non è stato possibile registrarla al momento di estrazione dei campioni dell'ultimo gruppo.

Sia prima, sia dopo l'esecuzione dell'esperimento, sono state scattate fotografie ai campioni dividendoli per gruppo (B1, G1, ecc...) e in seguito per singola classe di colore (prima tutti i bianchi, poi tutti i gialli, ecc...). Questo per poter osservare meglio una possibile gradazione di colore dei pezzi dello stesso tipo data dalla cottura a differenti temperature. I pezzi di ambra sono successivamente stati sottoposti ad una nuova pesatura post-cottura. Successivamente è stata anche riefettuata la misurazione del colore tramite NCS color reader e confronto con tabelle NCS. È stato anche registrato il colore, sempre utilizzando il confronto delle tabelle NCS e il *color reader* NCS, ponendo i campioni prima sul piano e poi contro luce eccetto per i campioni della classe B, i quali ripresentano il problema di una maggiore densità e opacità. L'eccezione si estende anche ai campioni A2, A3 e A4. Il primo (A2), dopo la cottura, ha presentato una maggiore opacità, è stato quindi preso il colore della parte più scura e quella più chiara del campione. Anche nel secondo (A3) sono state misurate la parte chiara e quella scura, mentre nel campione A4, come per la misurazione pre-cottura, è stato segnato un solo colore (Si veda la tabella n° 3 nel Capitolo 4).

Esperimenti di cambiamento cromatico dell'ambra	Tipologia di ambra								
Prove di cottura	Arancio Trasparente	Temperatura di estrazione	100°C	120°C	130°C	140°C	145°C	165°C	
		Campioni	p1	p2	p3	p4	p5	p6	
		Temperatura di immersione	6°C	55°C	62°C	54°C			
Cottura finale gruppo B	Bianco Opaco	Temperatura di estrazione	90°C	105°C	120°C	135°C			
		Campioni	B1	B2	B3	B4			
Cottura finale gruppo G	Giallo Trasparente	Temperatura di estrazione	90°C	105°C	120°C	135°C			
		Campioni	G1	G2	G3	G4			
Cottura finale gruppo A	Arancio Trasparente	Temperatura di estrazione	90°C	105°C	120°C	135°C			
		Campioni	A1	A2	A3	A4			
Cottura finale gruppo R	Rosso Trasparente	Temperatura di estrazione	90°C	105°C	120°C	135°C			
		Campioni	R1	R2	R3	R4			

Tabella 2. Tabella degli esperimenti di cambiamento cromatico dell'ambra con cottura in olio di lino. Sono qui riportate le cotture dei campioni di prova e dei campioni finali, con segnate le sigle dei suddetti e le relative temperature di estrazione.

CAPITOLO 6

Risultati degli esperimenti

Osservando i campioni dopo la cottura, si nota che questi hanno ottenuto una tonalità più scura, soprattutto quelli del quarto gruppo, i quali risultano molto più scuri rispetto agli altri. Si riportano le tabelle riassuntive del peso (*tab.3*) e del colore (*tab.4*) dei campioni prima e dopo le sperimentazioni che sono state misurate come descritto nei capitoli 4 e 5. Osservando i dati della Tabella 3, la misurazione dei pesi effettuati con una bilancia alla quarta decimale è servita a rilevare un eventuale calo di peso durante le prove di cottura. I dati della Tabella 2 mostrano che c'è sempre un incremento di peso da un minimo di 0,1 mg ad un massimo di 1,4 mg. Poiché i campioni sono comunque stati asciugati dall'olio prima della pesatura, non possiamo escludere che un po' di olio sia rimasto sulla superficie ed è probabile che vi sia stato un minimo assorbimento dell'olio. Sempre nella Tabella 2 si può vedere che tutti i campioni B4, G4, A4 e R4 mostrano una diminuzione di peso tra 0,9 mg e 3,3 mg, questo ci dice che la soluzione adottata per una sperimentazione diversa da quella di prova ha causato dei problemi. Questa perdita di peso è infatti imputabile all'incremento delle fratture e al distaccamento di piccole porzioni date dallo shock termico dell'immersione in olio caldo durante l'ultima fase delle prove.

Campioni	Peso pre-cottura	Peso post-cottura
B1	0,1912 g	0,1913 g
B2	0,2799 g	0,2800 g
B3	0,2651 g	0,2652 g
B4	0,1535 g	0,1524 g
G1	0,5737 g	0,5744 g
G2	0,5459 g	0,5462 g
G3	0,5835 g	0,5837 g
G4	0,4996 g	0,4975 g
A1	0,8560 g	0,8565 g
A2	0,4851 g	0,4856 g
A3	0,4884 g	0,4885 g
A4	0,5752 g	0,5717 g
R1	1,0989 g	1,1003 g
R2	0,7868 g	0,7867 g
R3	0,5843 g	0,5852 g
R4	0,6862 g	0,6829 g

Tabella 3. Tabella con confronto di misurazione del peso dei campioni prima e dopo la cottura.

Campioni	Colore pre-cottura		Colore post-cottura	
	<i>NCS confronto con tabelle</i>	<i>NCS color reader</i>	<i>NCS confronto tabelle</i>	<i>NCS color reader</i>
B1	esterno S 0530-Y interno S 0500-N		S2050-Y10R	
B2	esterno S 0540-Y interno S 0500-N		S2050-Y10R	
B3	S 0540-Y		S2050-Y10R	
B4	S 0530-Y		S2570-Y30R	
G1	luce S 0570-R no luce S 0570- Y10R	S 2070-Y10R	colore sul piano S2060- Y20R controluce S0570-Y	S2070-Y10R
G2	S 0570-Y10R	S 2060-Y20R	colore sul piano S2070- Y20R controluce S0570-Y10R	colore su piano S2070-Y20R controluce S2070- Y10R
G3	S 0570-Y10R	S 2070-Y20R	colore su piano S 2060- Y20R controluce S0540-30R	colore su piano S2070-Y20R controluce S2070- Y10R
G4	S 0580-Y10R	S 2070-Y10R	colore su piano S3560- Y60R controluce S2060-Y30R	colore su piano S4450-Y50R controluce 2570- Y30R
A1	chiara S 0580-Y10R scura S 2070-Y40R	chiara S 4030- Y30R scura S 4550- Y50R	colore su piano S3060- Y20R controluce S1060-Y20R	colore su piano S4550-Y30R controluce S3560- Y20R
A2	chiara S 1060-Y10R scura S 2070-Y40R	chiara S 3050- Y20R scura S 3040- Y70R	chiara S2060-Y20R scura S3060-Y50R	chiara S3560-Y30R scura S4550-Y50R
A3	colore su piano S 0585- Y40R controluce S 0585- Y20R	S 3050-Y50R	chiara S1070-Y10R scura S2070-Y50R	colore su piano S2570-Y30R controluce S2570- Y30R
A4	S 2070-Y40R	parte scheggiata S 3560-Y40R parte opaca S4550-Y70R	S7020-Y90R	S6030-R10B

R1	controluce S 1080-Y40R no luce S 4550-Y70R	S 5030-Y90R	colore su piano S4550- Y80R controluce S1080-Y40R	colore su piano 4550- Y90R controluce S3560- Y70R
R2	controluce S1080-Y30R colore su piano S 2075- Y70R	parte scheggiata S 6030-Y90 liscia S 5030-Y80R	colore su piano S5040- Y80R controluce S1070-Y50R	colore su piano S4050- R controluce S3060- Y70R
R3	colore su piano S 3560- Y80R controluce S 2070-Y50R cortice S 4550-Y90R	cortice S 6020-R liscia S 6030-Y90R	colore su piano S4550- Y80R controluce S2570-Y60R	colore su piano S4550- Y90R controluce S0585- Y50R
R4	colore su piano S 3560- Y80R controluce S 1080-Y40R	S 5040-Y90R	colore su piano S8010- Y90R controluce S5540-Y90R	colore su piano S8005- Y controluce S6020- Y10B

Tabella 4. Tabella di confronto del colore dei campioni prima e dopo la cottura registrati tramite misurazione con tabelle internazionali NCS e color reader NCS.

Per quanto riguarda il rilevamento del cambio di colore sia utilizzando tabelle NCS sia il *color reader*, si nota un aumento della componente rossa, sempre nei campioni dopo la cottura, e un colore più scuro.

Tutte le caratteristiche fisiche (colore, trasparenza, morfologia, ecc...) dei singoli campioni prima e dopo la cottura sono riportate nella Tabella 5.

Campioni	Osservazioni pre-trattamento	Osservazioni post-trattamento
B1	Incluso grande/crack a goccia, inclusi più piccoli parte piatta, parte tagliata piena di microbolle, interno bianco	Crack a goccia più visibile, lieve cambio di colore esterno, interno bianco, bolle ancora ben visibili, inclusi più scuri e visibili
B2	Scheggiature campionatura, omogenea, microbolle, interno bianco	Bolle ancora visibili, colore leggermente più scuro, interno bianco, visibile venatura trasparente
B3	Microbolle, incluso foglia fondo buco, venature trasparente in mezzo, interno bianco	Colore più omogeneo, bolle meno visibili, venature e inclusi più visibili, interno bianco
B4	Parte campionata interno bianco con microbolle	Colore più scuro, interno bianco, microbolle meno visibili, crack visibile sulla parte piatta
G1	Piccole fratture interne	Colore più omogeneo e lievemente più scuro, le bolle non si vedono più così bene ma il crack evidente
G2	Incluso scuro parte piatta, micro inclusi	Colore più omogeneo, crack ora più rossiccio parte superiore, crack più scuro su parte piatta
G3	Lato che tende al rosso per cortice	Colore più omogeneo, bolle meno visibili ma bolla/crack ben visibile su lato superiore, irregolarità e piccola parte di cortice più scure
G4	Due grandi inclusi parte piatta; micro inclusi	Inclusi parte piatta più scuri, si sono formati molti crack e quelli già presenti più evidenti, bolle poco visibili
A1	Lati rossi e più scuri lucidi (forse non cortice), microbolle, inclusi, crack interni	Inclusi più scuri, crack più visibili e rossi, parte di cortice più rossa, graffi più omogenei
A2	Una parte più rossa e una più gialla, bolle, striature, buco	Inclusi e crack più visibili, colore non omogeneo, graffi e bolle meno visibili
A3	Parte scheggiata, crack superficiali	Crack superficiali parte scheggiata più visibili, diversità di colore, parti più rosse
A4	Presenti microbolle, fratture superficiali molto visibili	Rosso uniforme, crack e inclusi più scuri e visibili, formazione di sun spangles, crack da alta temperatura
R1	Visibili strati colata, crack superficiali	Strati, crack e inclusi più visibili
R2	Parte scheggiata, crack superficiali e fragile per scheggiatura con palco, omogeneo	Parte esterna più scura e interno più chiaro, crack superficiali più visibili
R3	Crack superficiali, graffi sui lati, microfratture interne	Differenza colore esterno più scuro, interno omogeneo, crack superficiali più visibili
R4	Microbolle da taglio, bolle interne superficiali, crack superficiali, graffi sui lati	Colore uniforme più scuro, meglio visibili graffi sui lati

Tabella 2. Tabella del confronto delle osservazioni dei campioni prima e dopo gli esperimenti di cottura in olio di lino.

In generale tutti i campioni mostrano un colore più omogeneo dopo la cottura. I campioni B1, B2, B3 non hanno risentito molto del cambiamento di colore e l'interno è rimasto di un bianco più chiaro rispetto all'esterno. Gli inclusi e le fratture sono più scuri ed anche le venature dei campioni B2 e B3 si vedono meglio. I campioni gialli hanno assunto una tonalità giallo-dorata; il trattamento con olio ne ha enfatizzato la trasparenza rendendo le abrasioni di lavorazione e le bolle meno visibili, mentre si vedono meglio le piccole parti di cortice, le quali risultano più rossastre, e le fratture interne che erano già presenti nei campioni prima delle sperimentazioni o che si sono formate durante la cottura. I campioni arancioni mantengono le variazioni di colore con parti più chiare e più scure dopo cottura, anche se risultano più marcate. Anche per i campioni arancioni gli inclusi e le fratture superficiali sono più visibili dopo la cottura, mentre lo sono meno i segni di lavorazione. Nel campione A4 sono comparsi dei *sun spangles*, formati a causa dell'alta temperatura dell'olio al momento dell'immersione, e sempre a causa di quest'ultima, le fratture già presenti si sono espanse, facendo frammentare il campione durante la fase di fotografia post-cottura. Anche nel gruppo rosso sono state evidenziate le fratture e delle peculiari colorazioni, visibili in modo meno marcato prima della cottura, probabilmente associabili alla stratificazione della resina nel momento di colata, prima della fossilizzazione. Nei campioni R2 ed R3 si nota la parte centrale più chiara rispetto all'esterno più scuro. Il campione R4 risulta molto scuro, quasi nero, ma controluce mostra essere un rosso scuro.

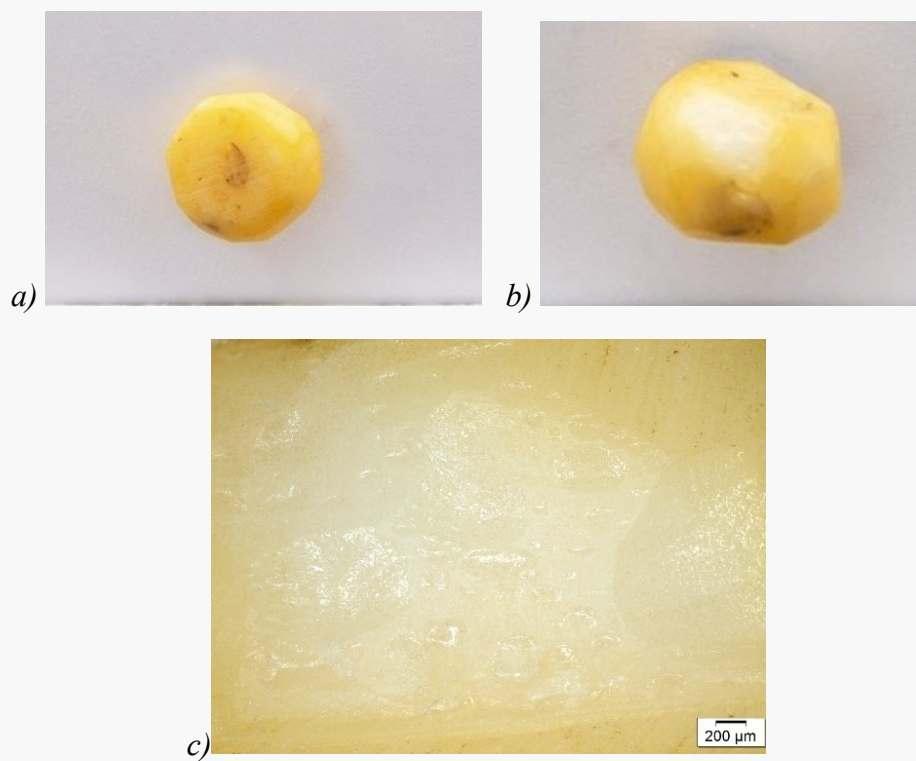


Fig.8. Immagini fronte (a) e frattura (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio 35x. **Campione B1** prima della cottura.

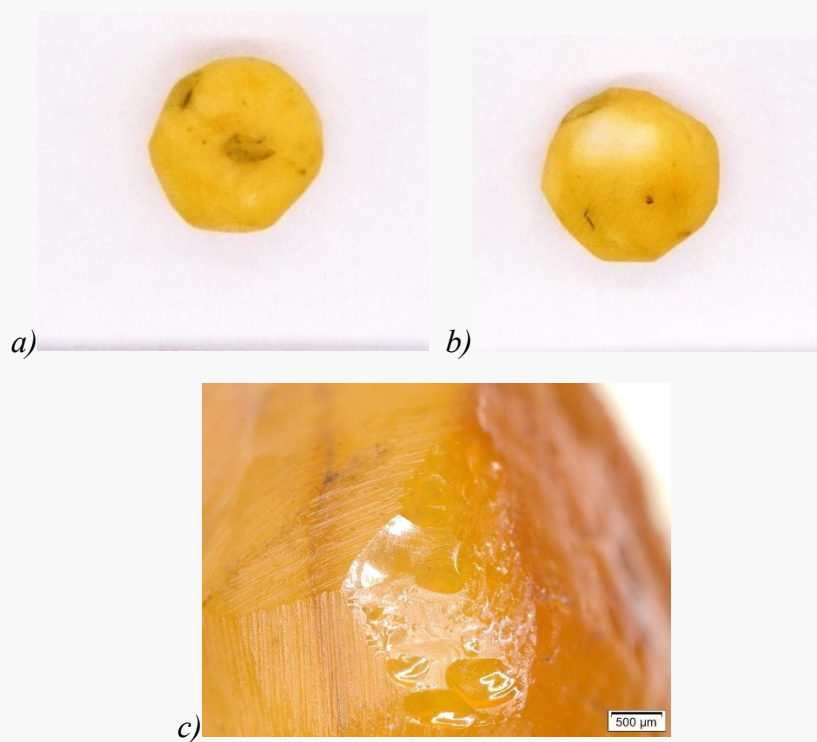


Fig.9. Immagini fronte (a) e frattura (b); (c) immagine3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 15x. **Campione B1** dopo la cottura in olio a 90°C

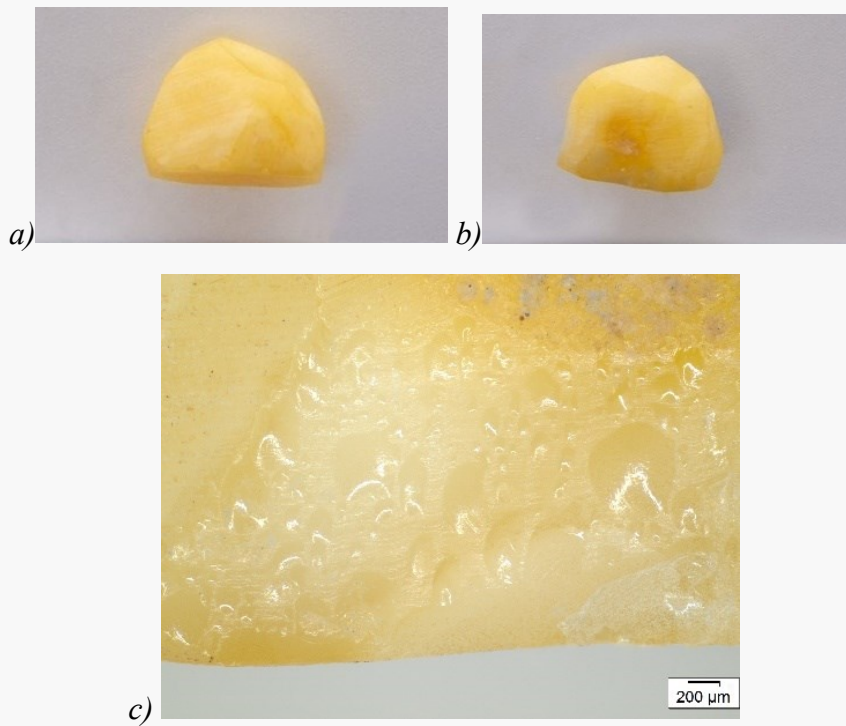


Fig.10. Immagini lato1 (a) e lato 2 (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 35x. **Campione B2** prima della cottura.

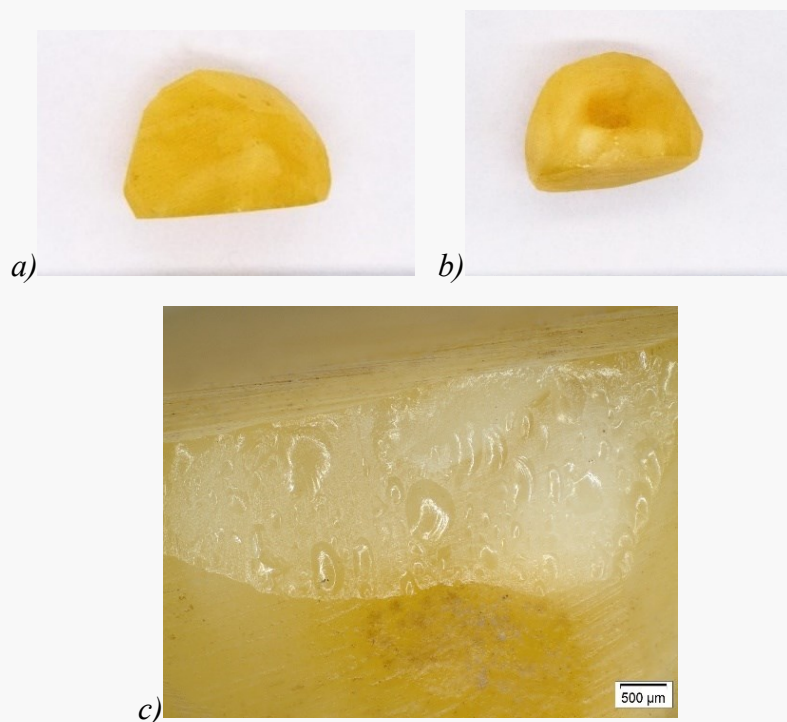


Fig.11. Immagini lato 1 (a) e lato 2 (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento a 25x. **Campione B2** dopo la cottura in olio a 105°C.

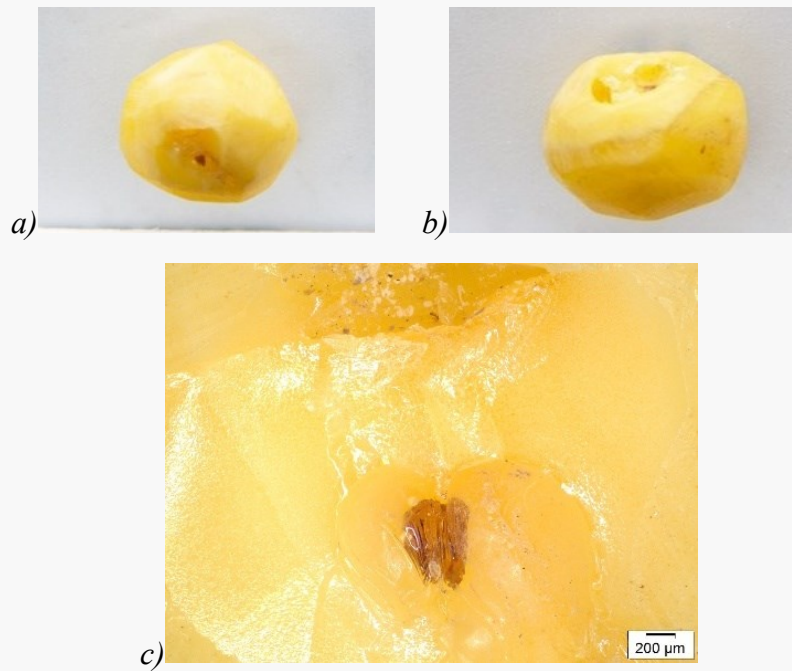


Fig.12. Immagini incluso (a) e venature (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 35x. **Campione B3** prima della cottura.

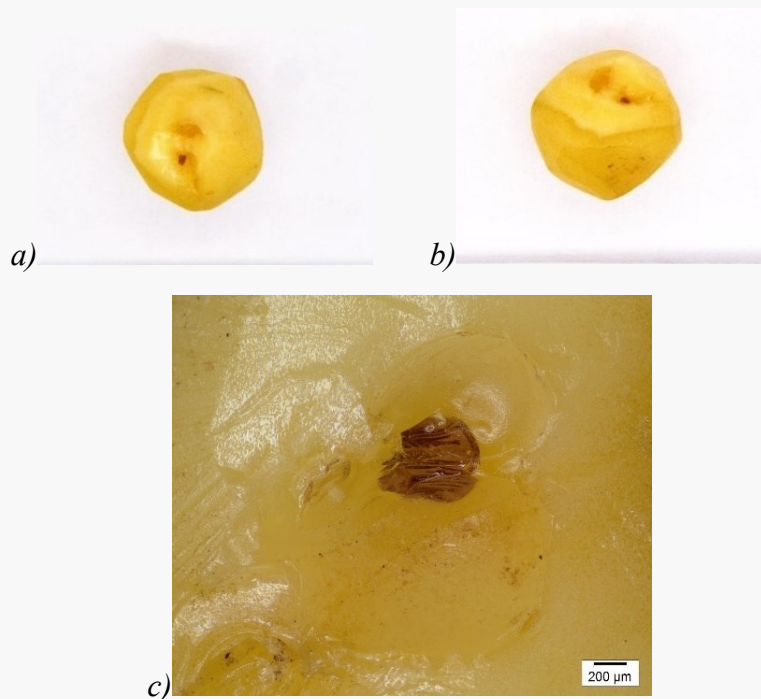


Fig.13. Immagini incluso (a) e venature (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 45x. **Campione B3** dopo la cottura in olio a 120°C.

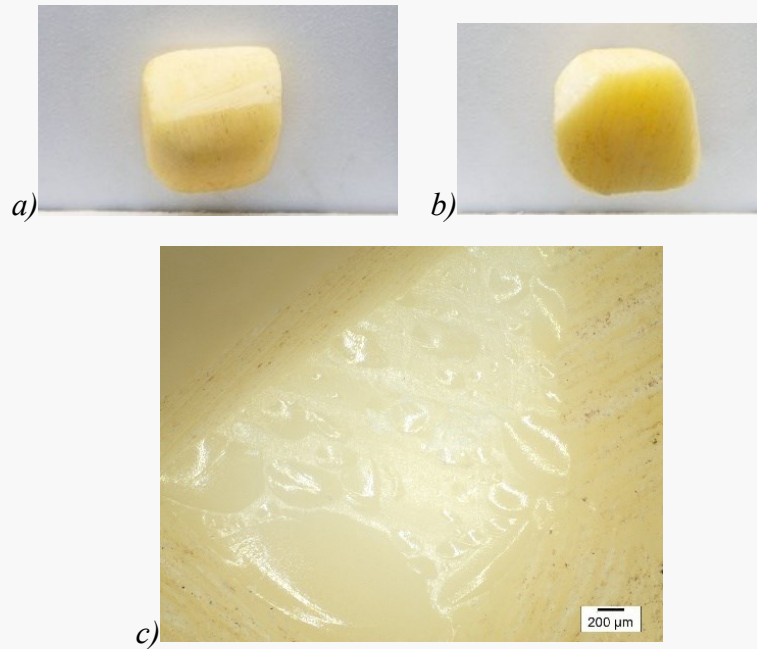


Fig.14. Immagini fronte (a) e retro (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 35x. **Campione B4** prima della cottura.

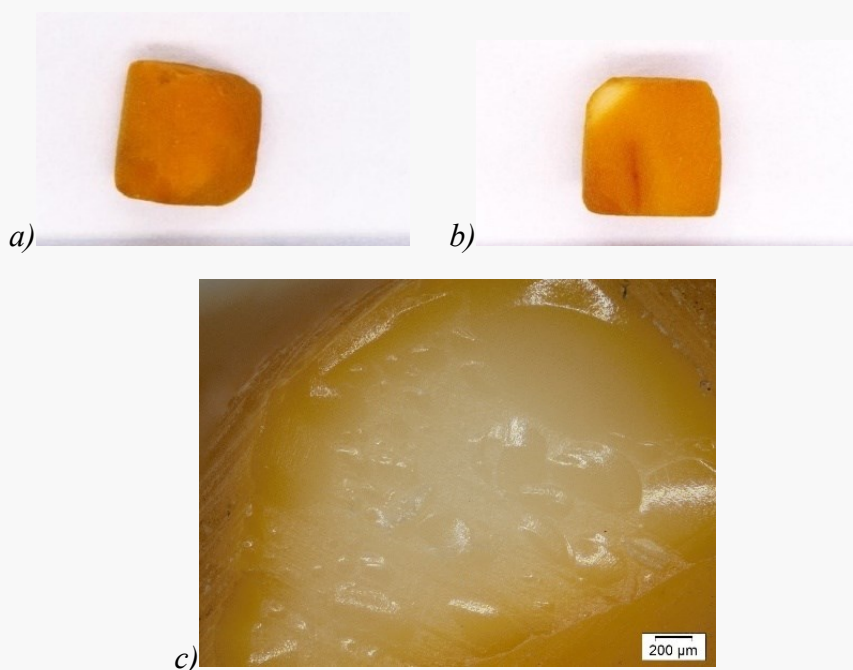


Fig.15. Immagini fronte (a) e retro (b), (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 45x. **Campione B4** dopo la cottura in olio a 135°C.

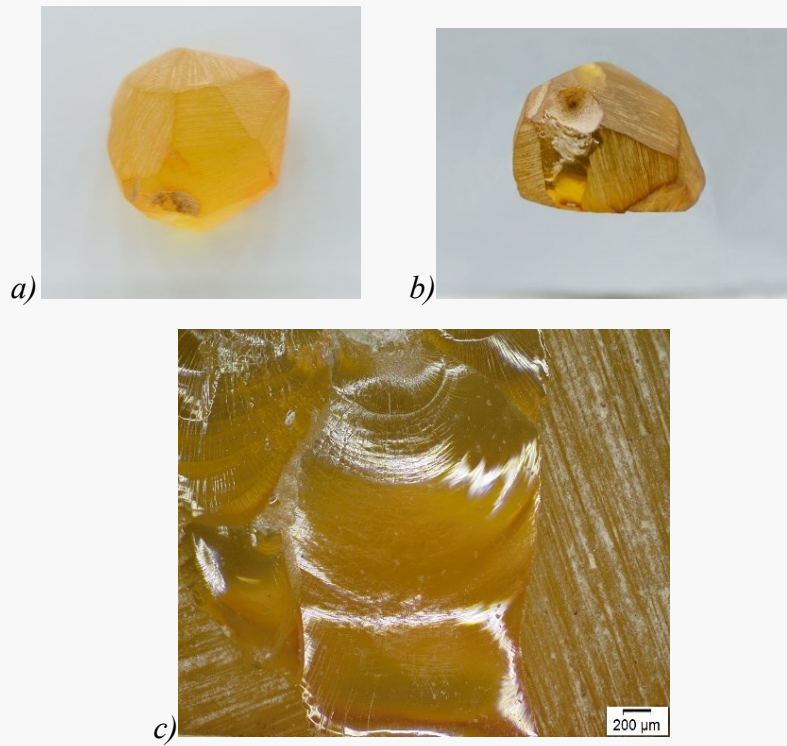


Fig.16. Immagine fronte (a) e lato (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 35x. **Campione G1** prima della cottura.

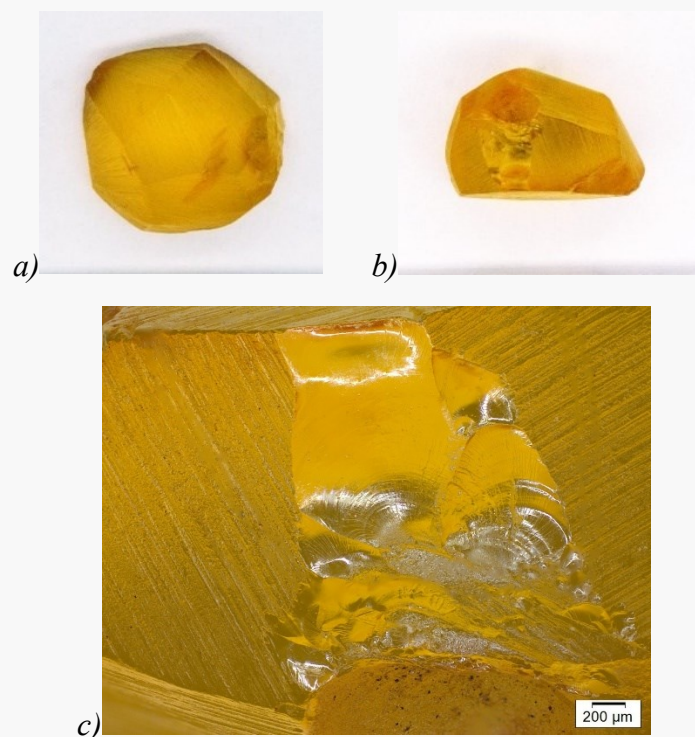


Fig.17. Immagini fronte (a) e lato (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereoscopio con ingrandimento 20x. **Campione G1** dopo la cottura in olio a 90°C.

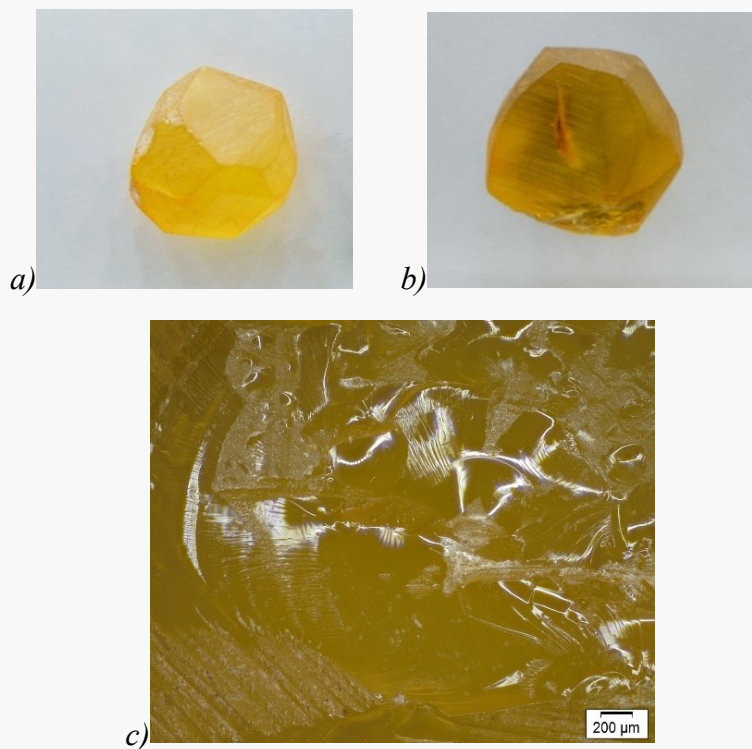


Fig.18. Immagini fronte (a) e retro (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 40x. **Campione G2** prima della cottura.

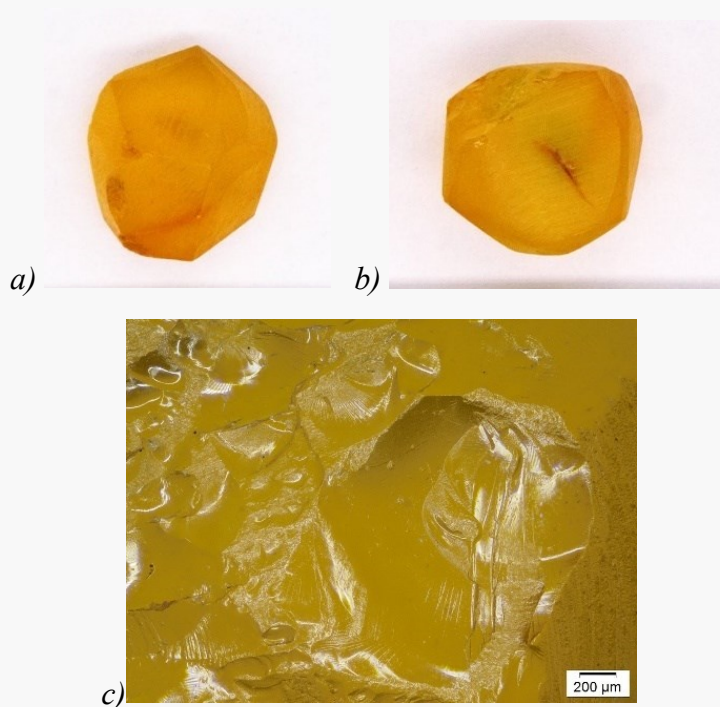


Fig.19. Immagini fronte (a) e retro (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 45x. **Campione G2** dopo la cottura in olio a 105°C.

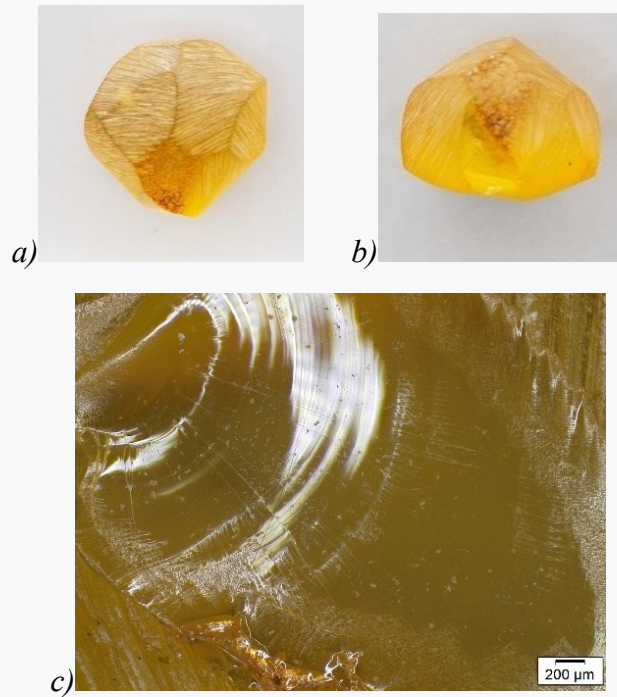


Fig.20. Immagini fronte (a) e lato (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 35x. **Campione G3** prima della cottura.

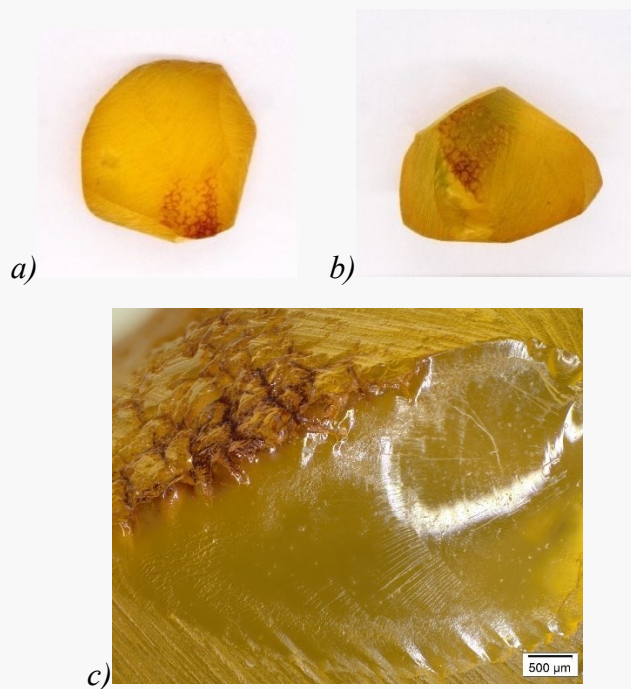


Fig.21. Immagini fronte (a) e lato (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 45x. **Campione G3** dopo la cottura in olio a 120°C.

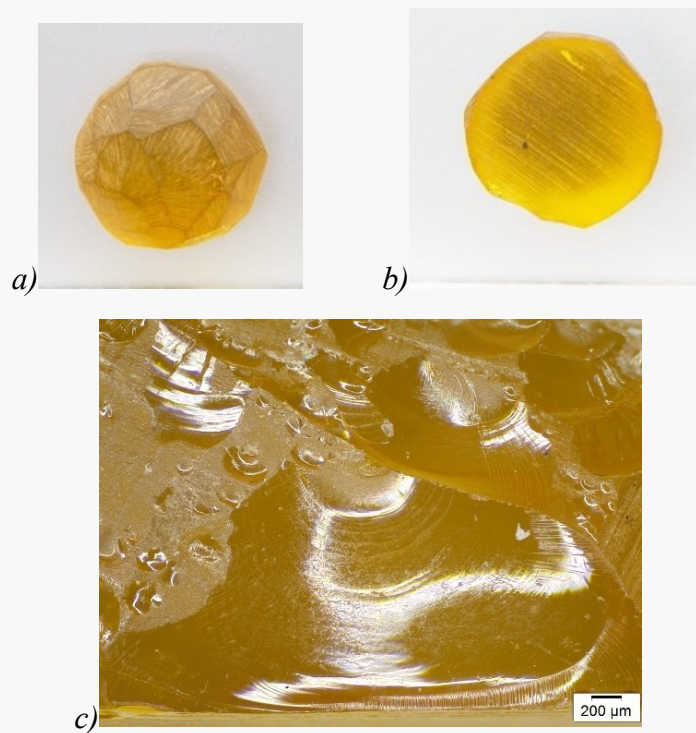


Fig.22. Immagini fronte (a) e retro (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 35x. **Campione G4** prima della cottura.

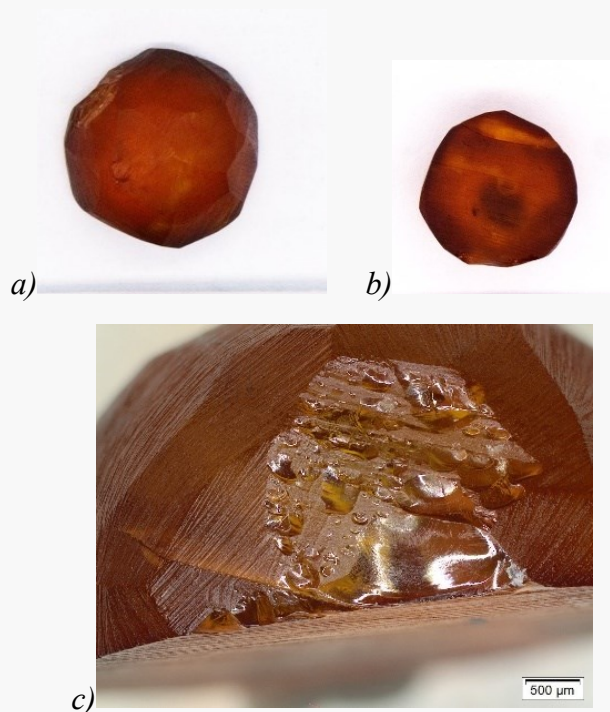


Fig.23. Immagini fronte (a) e retro (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 15x. **Campione G4** dopo la cottura in olio a 135°C.

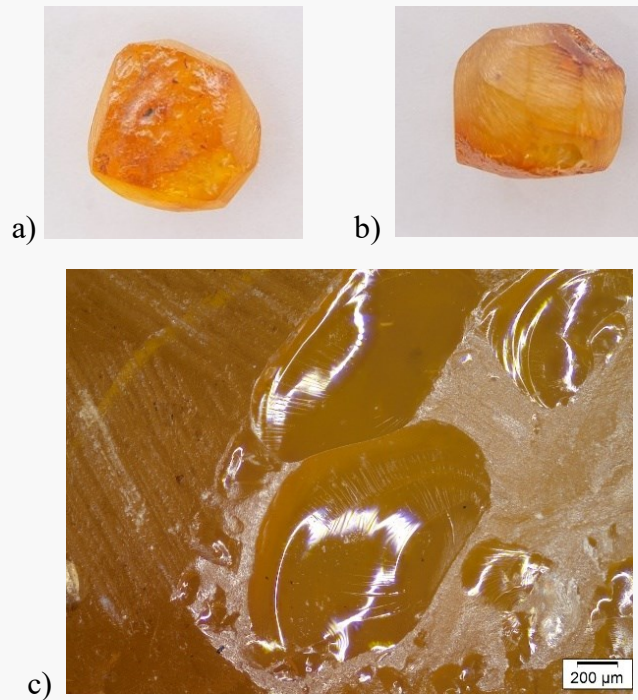


Fig.24. Immagini cortice (a) e lato (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 45x. **Campione A1** prima della cottura.

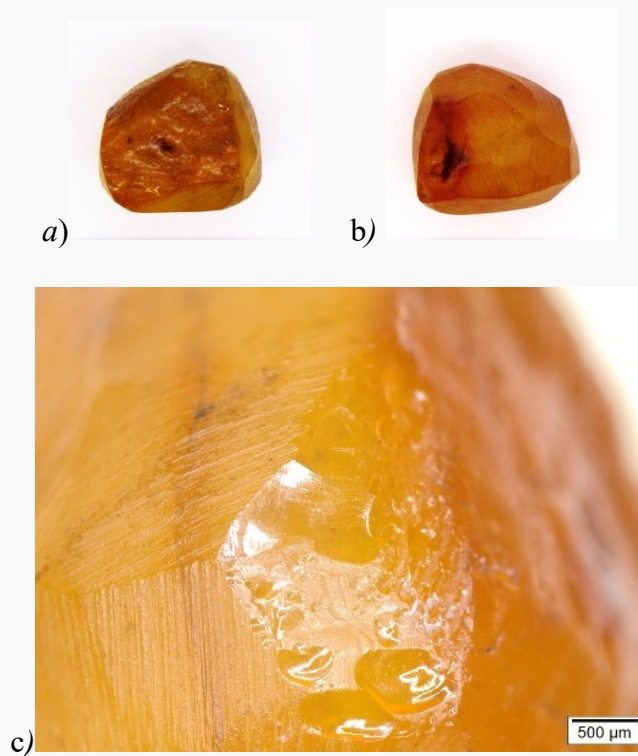


Fig.25. immagini cortice (a) e lato (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 45x. **Campione A1** dopo la cottura in olio a 90°C.

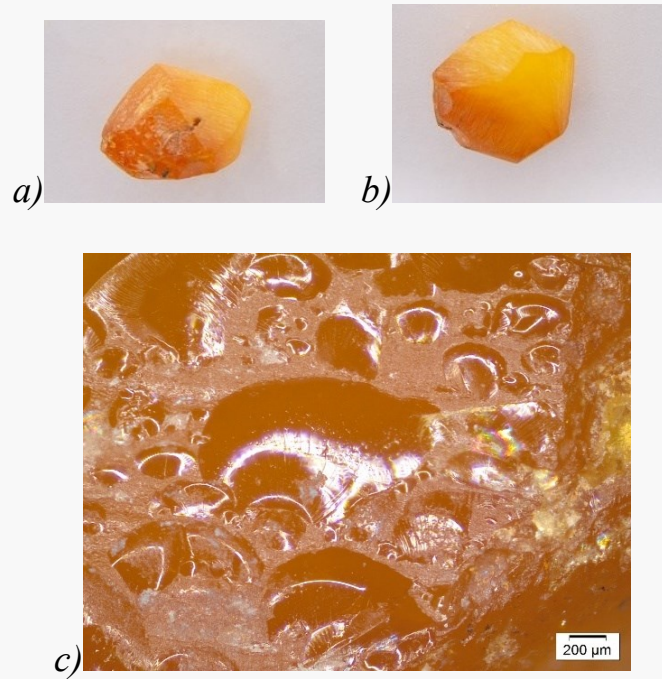


Fig.26. Immagini lato (a) e retro (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 45x. **Campione A2** prima della cottura.

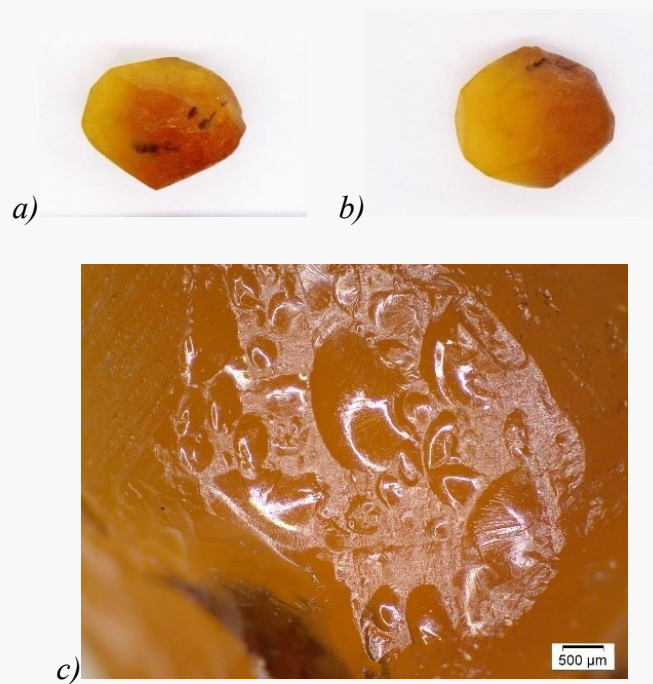


Fig.27. Immagini lato (a) e retro (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 30x. **Campione A2** dopo la cottura in olio a 105°C.

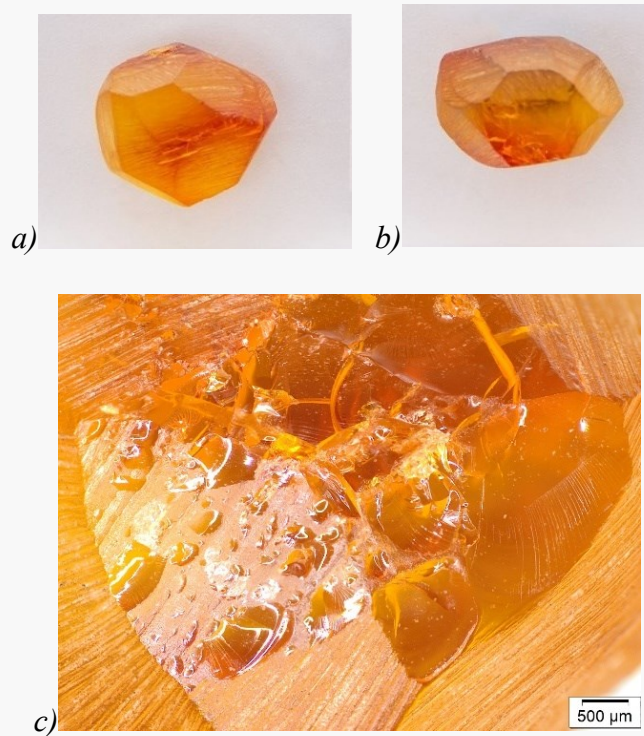


Fig.28. Immagini fronte (a) e lato (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 30x. **Campione A3** prima della cottura.

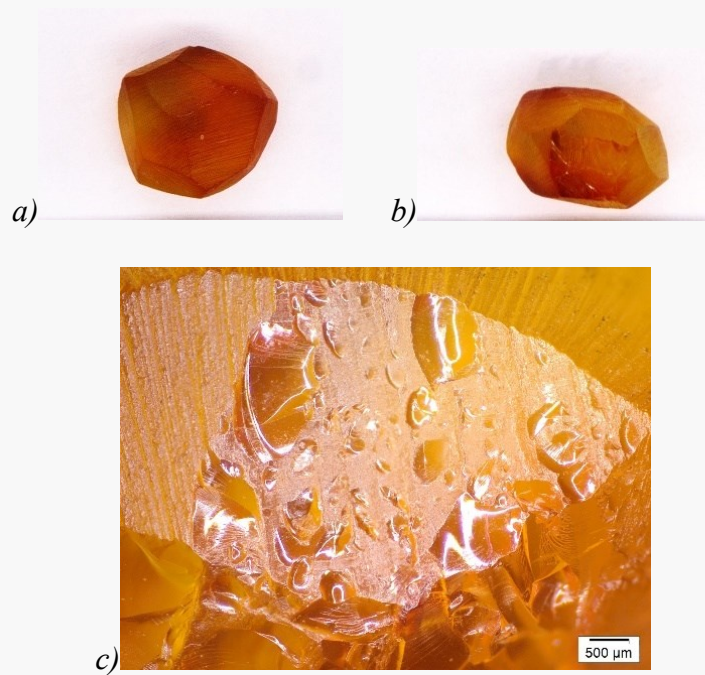


Fig.29. Immagini fronte (a) e lato (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 30x. **Campione A3** dopo la cottura in olio a 120°C.

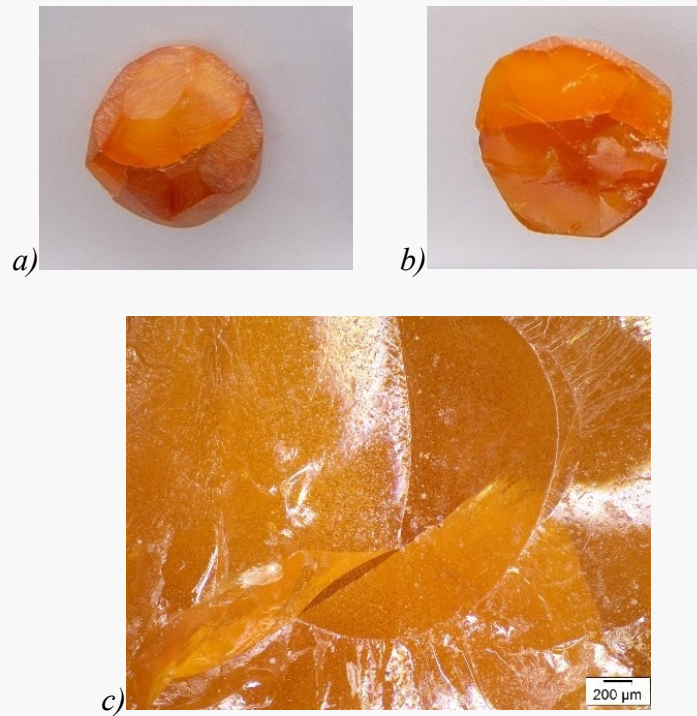


Fig.30. Immagini fronte (a) e retro (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 35x. **Campione A4** prima della cottura.

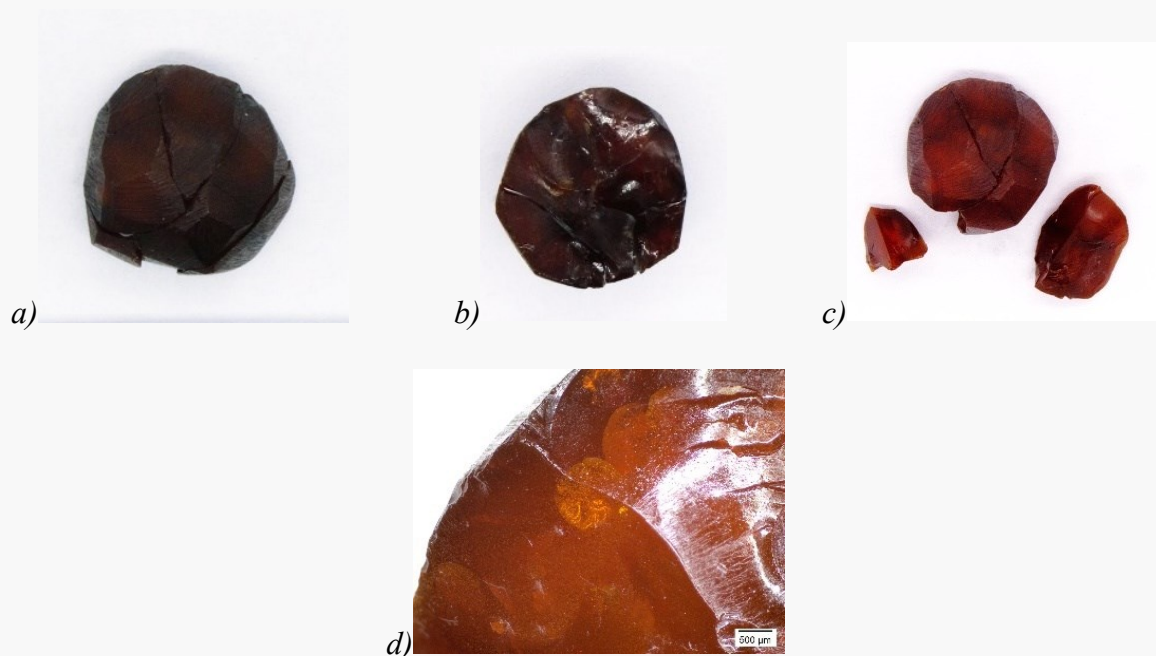


Fig.31. Immagini fronte (a) e retro (b); (c) campione frammentato; (d) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 25x che mostra i sun spangles. **Campione A4** dopo la cottura in olio a 135°C.

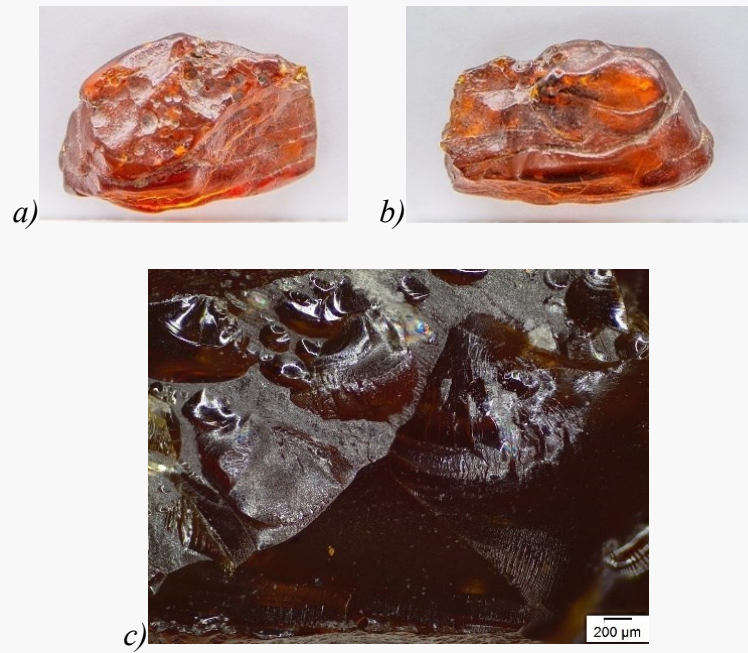


Fig.32. Immagini fronte (a) e retro (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 35x. **Campione R1** prima della cottura.

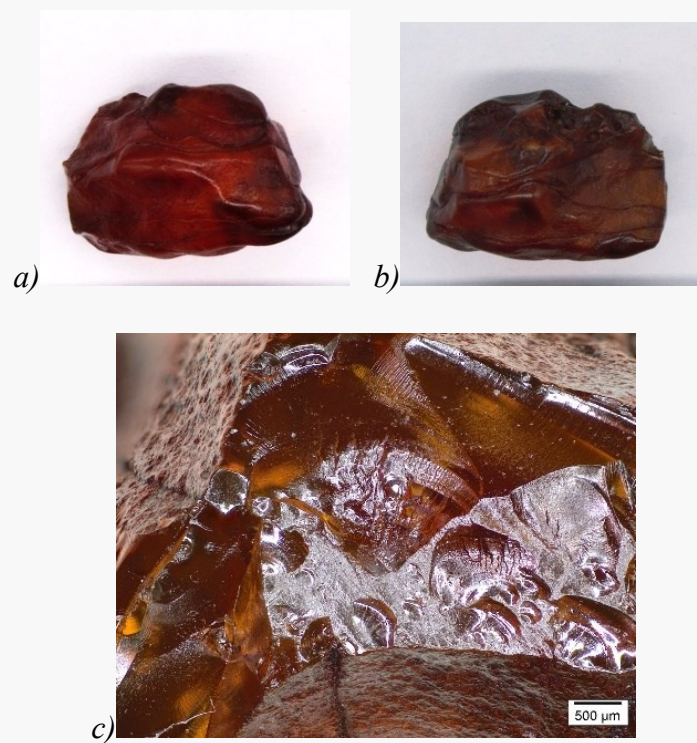


Fig.33. Immagini fronte (a) e retro (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 25x. **Campione R1** dopo la cottura in olio a 90°C.

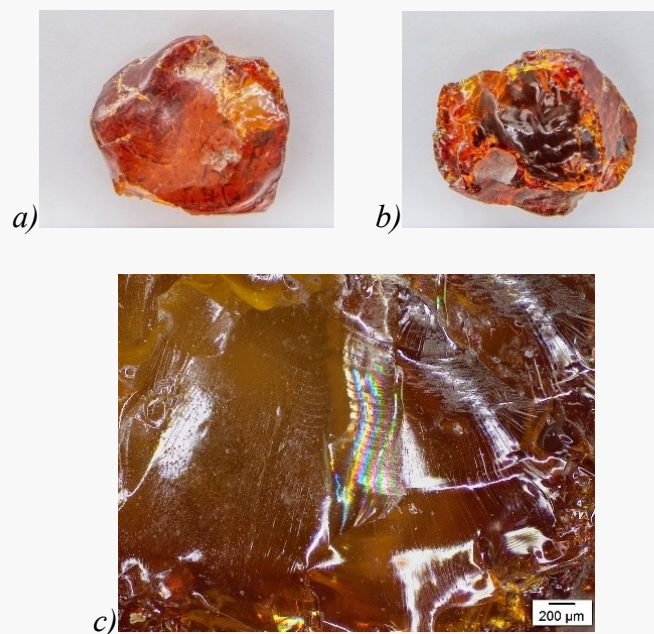


Fig.34. Immagini fronte (a) e retro (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 35x. **Campione R2** prima della cottura.

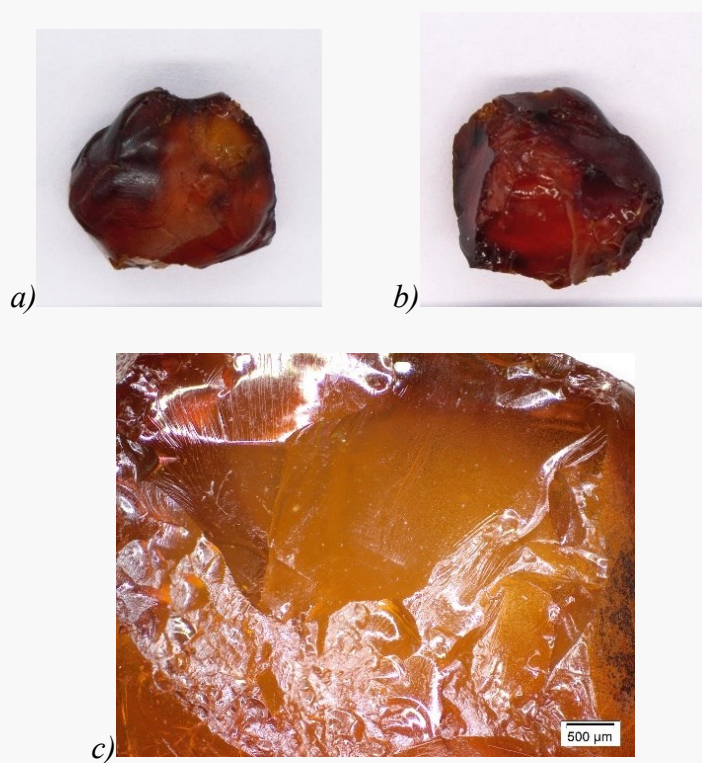


Fig.35. Immagini fronte (a) e retro (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 25x. **Campione R2** dopo la cottura in olio a 105°C.

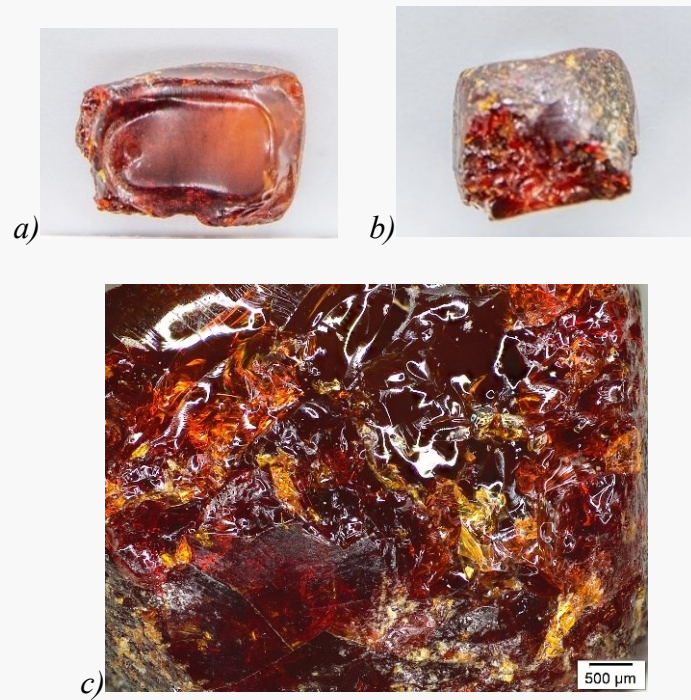


Fig.36. Immagini retro (a) e frattura (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 20x. **Campione R3** prima della cottura.

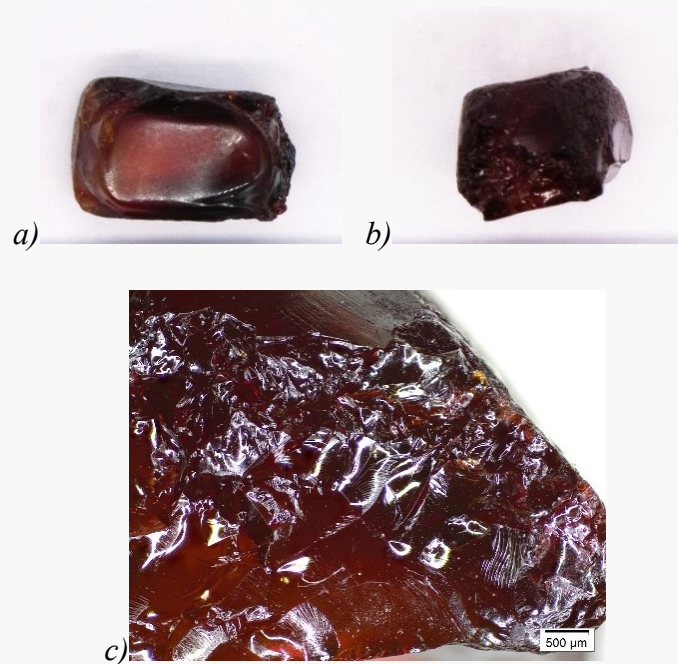


Fig.37. Immagini retro (a) e frattura (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 25x. **Campione R3** dopo la cottura in olio a 120°C.

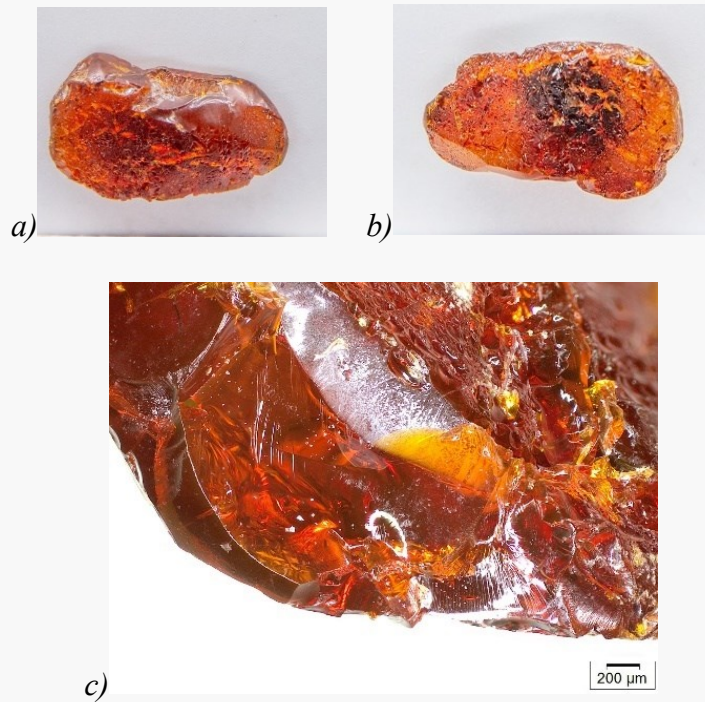


Fig.38. Immagini fronte (a) e retro (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 20x. **Campione R4** prima della cottura.

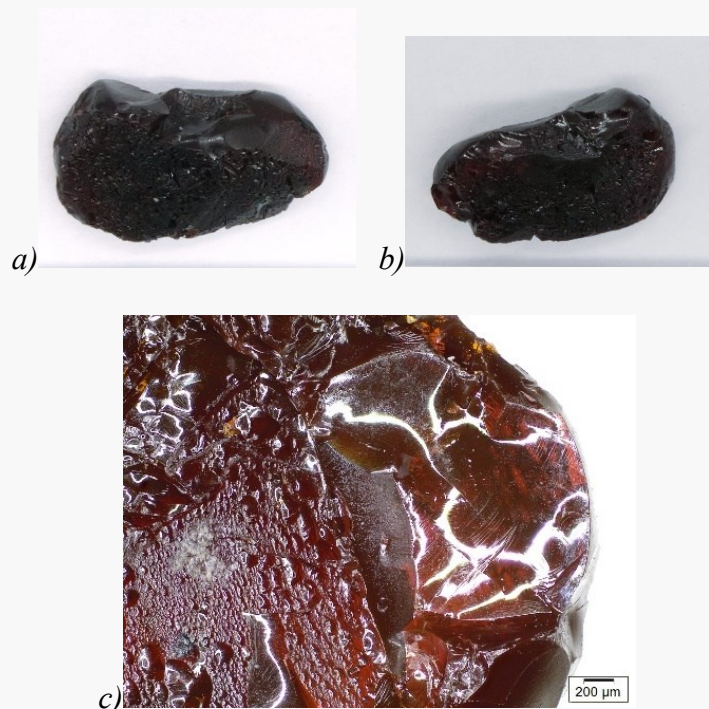


Fig.39. Immagini fronte (a) e retro (b); (c) immagine 3D registrata utilizzando uno stereomicroscopio con ingrandimento 20x. **Campione R4** dopo la cottura in olio a 135°C.

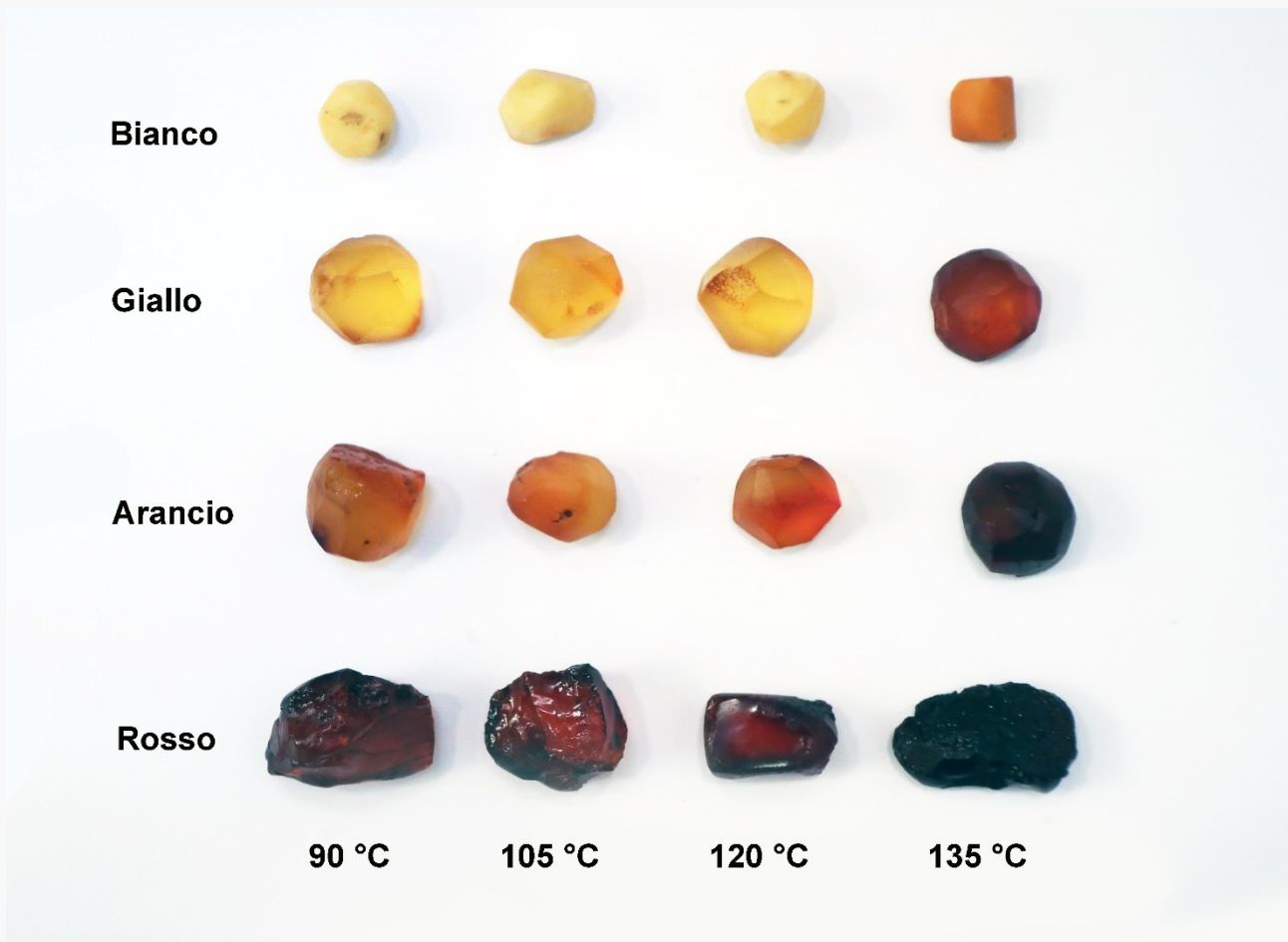


Figura 40. Immagine di tutti i campioni dopo la cottura raggruppati per classe di colore

CAPITOLO 7

Conclusioni

Per verificare quanto asserito nei passi XXXVII, XII, 1-5 e XXXVII, XI, 46 della *Naturalis Historia* di Plinio il Vecchio sono stati fatti degli esperimenti di cambiamento cromatico dell'ambra mediante cottura in olio di lino. I campioni selezionati per la realizzazione di prove preliminari e per le sperimentazioni finali sono stati recuperati da scarti di lavorazione di perle in ambra provenienti dal Baltico. Dopo la selezione dei campioni questi sono stati fotografati, pesati e ne è stato misurato il colore tramite confronto con tabelle internazionali NCS e il *color reader* NCS. Sono state fatte delle prove delle sperimentazioni finali con sei pezzi di ambra più simili possibili per dimensioni e caratteristiche, al fine di impostare le temperature, espresse in gradi centigradi, e i relativi intervalli. I campioni scelti per la cottura sono stati divisi in quattro classi di colori: Bianco, Giallo, Arancio e Rosso. Le classi G, A e R presentano una maggiore trasparenza rispetto a quelli appartenenti alla classe B, composta da ambra opaca. Sono state poi decise quattro temperature con un intervallo di 15 gradi tra di esse. Come contenitore è stata utilizzata una pentola in acciaio, in cui è stato poi versato l'olio di lino, e come fonte di calore un fornello elettrico da 200w. I quattro gruppi di campioni, organizzati per numero (B1, G1, A1, R1; B2, G2, A2, R2; B3, G3, A3, R3; B4, G4, A4, R4) sono stati immersi ed estratti a temperature differenti. Infatti negli intervalli di immersione tra i vari gruppi l'olio è stato fatto raffreddare per 10 minuti. Confrontando i risultati degli esperimenti con le immagini dei campioni, questi ultimi risultano aver assunto una tonalità più scura con l'aumentare della temperatura a cui sono stati estratti. Infatti il gruppo 1 presenta una lieve variazione di colore, mentre i gruppi 2, 3, 4 presentano variazioni cromatiche più marcate. La cottura, oltre al cambiamento cromatico dei pezzi, ha evidenziato le fratture più rilevanti, le parti più opache e scure e gli inclusi già presenti nei campioni. Le superfici e il colore dei campioni sono risultati più omogenei, diminuendo la visibilità delle bolle d'aria interne

e dei graffi dovuti al taglio e la lavorazione dei pezzi selezionati. Si è inoltre rilevato un leggero incremento del peso dopo cottura (ad eccezione delle problematiche discusse in precedenza). Al momento non possiamo affermare se ciò sia dovuto all'assorbimento dell'olio o alla fratturazione dell'ambra. In alcuni campioni si è potuto vedere che il cambio di colore è superficiale e va diminuendo verso l'interno del campione. In un passo successivo della sperimentazione sarebbe interessante analizzare, tramite analisi chimiche, sia l'effettiva penetrazione dell'olio nel campione di ambra che un eventuale cambiamento di composizione legato alle variazioni cromatiche.

Il metodo utilizzato per queste sperimentazioni ha evidenziato varie problematiche, come la formazione di ulteriori spaccature nei campioni dovute allo shock termico dato dall'immersione dei pezzi d'ambra in olio già caldo, causando anche la formazione di *sun spangles*, oltre alla perdita di peso nei campioni del gruppo 4, dovuto molto probabilmente alla perdita di materiale durante la cottura. Lasciando i campioni B4, G4, A4 e R4 per più tempo e ad una temperatura elevata, questi hanno sviluppato una colorazione bruna molto scura. Il calore dell'olio ha infatti espanso le fratture già presenti, causando la frammentazione di un campione durante la pesatura post-cottura. Per tali motivi si suggerisce in futuro di riprodurre questi esperimenti, selezionando però materiali più uniformi e di maggiori dimensioni. Dovrà anche essere modificato il metodo, immergendo prima tutti i campioni nell'olio a temperatura ambiente, come fatto nella prima prova, ed estraendoli poi alle temperature desiderate. Inoltre, per poter avere uno studio più completo, sarebbe opportuno effettuare anche delle analisi chimiche dei materiali utilizzati prima e dopo le sperimentazioni.

In conclusione, il lavoro sinora svolto conferma, in linea generale, che le ambre in età Romana potevano essere artificialmente scurite con tonalità di colorazioni che andavano da giallastre ad arancione e rosso-intenso, le quali erano le più apprezzate. Inoltre la cottura in olio è risultata efficace per ridurre o eliminare i segni della lavorazione superficiale dell'ambra. È altamente probabile che Plinio abbia assistito personalmente ai procedimenti tecnici di cui ci ha lasciato testimonianza, o che abbia

avuto, in proposito, informazioni di prima mano. La ricerca svolta, comunque, necessita di ulteriori e più controllati approfondimenti sperimentali.

BIBLIOGRAFIA

- **Anderson e LePage (1995)** = Anderson K. B., LePage B. A., Analysis of fossil resins from Axel Heiberg Island Canadian Arctic, (The nature and fate of natural resins in the geosphere.VI). In American Chemical Society publications, Symposium Series, 617, (1995), 170-192
- **Angelini (2005)** = Angelini I., Bellintani P., Archaeological Ambers from Northern Italy: an FTIR-DRIFT Study of Provenance by Comparison with the Geological Amber Database, *Archaeometry*, 47, 2, (2005), 441-454
- **Angelini (2010)** = Artioli G., Angelini I., Scientific Methods and Cultural Heritage. An introduction to the application of materials science to archaeometry and conservation science, OUP Oxford, Oxford, (2010)
- **Angelini (2012)** = Angelini I., Ambre protostoriche della Sardegna: indagini archeometriche, XLIV Riunione Scientifica- La Preistoria e la Protostoria della Sardegna, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, Firenze, (2012)
- **Angelini (2018)** = Angelini I., Analisi delle ambre di Frattesina, In Frattesina: un centro internazionale di produzione e di scambio nella tarda Età del Bronzo del Veneto, Atti della Accademia Nazionale dei Lincei, serie IX, volume XXXIX, 1, Bardi Edizioni, Roma, (2018), 328-334
- **Angelini, Vidale (2020)** = Angelini I., Vidale M., The Bronze Age amber industry in northern Italy in light of high-resolution 3D imaging, *ArcheoSciences* 2, 44-2, Presses universitaires de Rennes, Rennes, (2020) 237-249

- **Batović (1983)** = Batović Š., Kasno brončano doba na istočnom Jadranskom primorju. In: Praistorija jugoslavenkih zemalja, IV, Bronzveno doba, (1983), 271-373

- **Beck (1965)** = Beck C.W. et al., The infrared spectra of amber and the identification of Baltic amber. *Archaeometry*, 8, 96,109, Department of Chemistry, New York, (1965)

- **Beck (1966)** = Beck C. W. and Beck L. Y., Analysis and Provenience of Minoan and Mycenaean Amber, V. Pylos and Messenia, Greek, Roman and Byzantine Studies, I, 7, 3, Vassar College, New York, (1966)

- **Beck (1995)** = Beck C. W. and Beck L. Y., Analysis and Provenience of Minoan and Mycenaean amber, V. Pylos and Messenia, Greek, Roman and Byzantine Studies, 36, Vassar College, New York, (1995), 119-135

- **Benedetti (2006)** = L. Benedetti, M. Cardosa Manufatti d'ambra nella Calabria protostorica. In: Atti IIPP XXXIX, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, Firenze, 1-2-3, (2006) 1573-1587

- **Blečvić Kavur (2009)** = Blečvić Kavur M., The fastest way to the Big Sea. A contribution to the knowledge about the influence of the UFC on the territory of the northern Adriatic. In: Gutjar, Tiefengraber, Wildon, Österreich, (2011), 51-62

- **Bodinaku (1995)** = Bodinaku N., The Late Bronze Age Culture of Albania and the Relations with the Balkanic and Aegean-Adriatic Areas. In: Hänsel, Freien Universität, Berlin, (1995), 259-268

- **Burdukiewicz, J. M. (1981)** = Burdukiewicz, J. M. Stanowisko kultury hamburskiej Siedlnica 17a, gm. Wschowa, Poland. Slaskie Sprawozdania Archeologiczne. Wroclaw, 22, 5-11, (1981)

- **Caldararo (2013)** = Caldararo N., *et al.*, The analysis, Identification and Treatment of an Amber Artifact. In: Archeomatica, 4, 2, (2013), 46-49

- **Chiellini (2018)** = Chiellini R., *et al.*, Le Vie Dell'Ambra. The ancient cultural a commercial communication between the peoples. Proceedings of the 1st Conference about the ancient roads (San Marino 3-4 aprile, 2014) Aiep, CNR, (2018)

- **Congresso Stoccolma (1876)** = Congrès International d'Anthropologie e d'Archéologie Préhistoriques. Compte rendue de la 7^o session. L'origine e le commerce de l'ambre jaune dans l'antiquité. Tomo II, Imprimerie Centrale, Stockholm, (1874), 777-817

- **Cultraro (2007)** = Cultraro M., Evidence of amber in Bronze Age Sicily: Local sources and the Balkan-Mycenaean connection. In: Between the Aegean and Baltic seas. Prehistory Across Borders, Galanaki, Université de Liège, (2007), 377-390

- **Cupitò (2018)** = Cupitò M. *et al.*, Quinto incontro annuale di Preistoria e Protostoria: materiali preziosi, semipreziosi e inconsueti nell'Età del Rame e nell'Età del Bronzo italiana. Archeologia, archeometria e paleotecnologia. Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, Firenze, (2018)

- **Cwaliński (2020)** = Cwaliński M., Bronze Age amber in Western and Central Balkans. Archeološki vestnik, 71, (2020), 133-172

- **Czebrenbuk (2011)** = Czebrenbuk J., Bursztyn w kulturze mykeńskiej. Poznańskie, Poznań, (2011), 265-291

- **Du Gardin (1986)** = Du Gardin C. La parure d'ambre à l'âge du Bronze en France. Bulletin de la Société préhistorique française, 83, 11-12, (1986), 546-588

- **Du Gardin (1995)** = Du Gardin, C. La parure d'ambre au Néolithique et à l'Âge du Bronze en Europe Occidentale et Nordique. PhD Thesis. Université de Rennes, (1995)

- **De Navarro (1925)** = J. M. de Navarro Prehistoric Routes Between Northern Europe and Italy Defined by the Amber Trade, F.S.A., Fellow of Trinity Cambridge, formerly Allen Scholar, Read at the Meeting of the Society, 66, 6, (1925), 481-503

- **Fraquet, H. (1987)** = Fraquet H., Amber. London: Butterworths Gem Books, Butler & Tanner Ltd, London, (1987)

- **Gallo (2018a)** = Negroni Catacchio N., Gallo V., Adriatico mare dell'ambra: il Caput Adriae porta tra Europa e mondo mediterraneo, In: Atti IIPP XLIX, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, Firenze, (2018), 407-418.

- **Gavranović (2011)** = Gavranović M., Die Spätbronze- und Früheisenzeit in Bosnien. – Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie, Band, (2011), 195

- **Gibaja (2017)** = Gibaja, J. F. et al., The Chronology of the Neolithic Necropolis Bòbila Manduell-Can Gambús in the Northeast Iberian Peninsula: Dating the pit burials cultural horizon and long-range raw material exchange networks. *Radiocarbon*, 59, 6, (2017), 1713-1736

- **Grabowska (1987)** = Grabowska J., Polish amber, Interpress, Polska Agencia, Warsaw, (1983)

- **Grilli (1975)** = A. Grilli, Eridano, Elettridi e vie dell'ambra, In: *Atti Ambra*, (1975), 279-291

- **Gutiérrez Morillo (2003)** = Gutiérrez Morillo, A. Sustancias exòticas en la Prehistoria Reciente del sur de la Cantabria: El ámbar de Los Lagos I (Campoo de Suso). In: *25 Años de Investigaciones Sobre el Patrimonio Cultural de Cantabria*, Colectivo para la Ampliaciòn de Estudios de Arqueologia Prehistòrica, (2003)

- **Helm (1877)** = Notizen über die chemische und physikalische Beschaffenheit des Bernsteins In: *Archiv der Pharmacie*, 211, (1877), 229-246

- **Knapp (2005)** = Knapp A. B. & Blake E., Prehistory in the Meditterrean: Connecting and corrupting sea. In: *The Archaeology of the Mediterranean Prehistory*, Blackwell Publishing Ltd, Oxford, (2005)

- **Kosmowska-Ceranowicz (1989)** = Kosmowska-Ceranowicz B. and T. Konart, *Tajemnice Burszynu. (The Mysteries of Amber)*. Wydawnictwo, Sport i Turystyka, Warsaw, (1989)

- **Kurti (2017a)** = Kurti R., On some aspects of the Late Bronze Age burial costume from North Albania. In: Proceedings of the International Conference ‘New Archaeological Discoveries in the Albanian Regions’, Tiranë, (2017a), 83-129

- **Kurti (2017b)** = Kurti R., Carnelian and amber beads as evidence of Late Bronze Age contacts between the present territory of Albania and Aegean. In: Hesperos. The Aegean Seen from the West, Aegaeum, 41, (2017b), 287-298

- **Kwiatkowska (1996)** = Kwiatkowska L., Amber in the Archaeological record. In Amber, treasure of the ancient seas, Museum Ziemi, Warsaw, (1997)

- **Lull V. et al. (2021)** = Lull, V. et al. Emblems and spaces of power during the Argaric Bronze Age at La Almoloya, Murcia. Antiquity, 95, 380, (2021), 329-348. <https://doi.org/10.15184/aqy.2021.8>
 PDF consultato:
https://www.researchgate.net/publication/349990528_Emblems_and_spaces_of_power_during_the_Argaric_Bronze_Age_at_La_Almoloya_Murcia, 8

- **Gimbutas (1965)** = Gimbutas M., Bronze Age Cultures in Central and Eastern Europe, Mouton & Co., Netherlands, (1965), 48

- **Martín Còlliga (2009)** = Martín Còlliga, A. Les sociétés du Néolithique moyen en Catalogne et leur gestion funéraire. In: Sépultures et sociétés. Du Néolithique à l’Histoire, Editions Errance, Paris, (2009)

- **Miari (2007)** = M. Miari L'ambra in area terramaricola, In: *Ambre*, (2007), 68-72

- **Murillo-Barroso (2018)** = Murillo-Barroso M. et al., Amber in pre-historic Iberia: New data and a review. *PLoS One*, San Francisco, 13, 8, (2018)

- **Murillo-Barroso et al. (2023)** = Murillo-Barroso M., Martín Cóllega A., Martínón-Torres M., The earliest Baltic amber in Western Europe. *Scientific reports*, London, 13, 14250, (2023)

- **Najarro (2009)** = Najarro M. et al., Unusual concentration of Early Albian arthropod-bearing amber in the Basque-Cantabrian Basin (El Soplao, Cantabria, Northern Spain): Paleoenvironmental and palaeobiological implications. *Geol. Acta*, Barcelona, 7,3, (2009), 363-387

- **Negroni Catacchio (1972b)** = Negroni Catacchio N., La problematica dell'ambra nella protostoria italiana: le ambre intagliate di Fratta Polesine e le rotte mercantili nell'Alto Adriatico, In: *Padusa VIII*, (1972b), 73-90.

- **Negroni Catacchio (1976)** = Negroni Catacchio N., Le vie dell'ambra. I passi alpini orientali e l'Alto Adriatico", In: "Antichità Altoadriatiche IX. Aquileia e l'arco alpino orientale", EUT Edizioni, Trieste, (1976), 21-59

- **Negroni Catacchio (1999)** = Negroni Catacchio N., Produzione e commercio dei vaghi tipo Tirinto e Allumiere alla luce delle recenti scoperte. In: *Protostoria e Storia del "Venetorum angulus"*. Atti del XX Convegno di Studi

- Etrusci ed Italici, Portogruaro-Quarto D'Altino- Este- Adria, Istituti Editoriali e Poligrafici Internazionali, Pisa-Roma, (1999), 241-265,
- **Negroni Catacchio (1999b)** = Negroni Catacchio N., Produzione e commercio dei vaghi tipo Tirinto e Allumiere alla luce delle recenti scoperte, In: Atti Veneto, Istituti Editoriali e Poligrafici Internazionali, Pisa-Roma, (1999b), 241-265
 - **Negroni Catacchio (2003)** = Negroni Catacchio N., Le ambre picene. Indagine sui manufatti non figurati e contatti e scambi con le aree adriatiche, In: Atti Piceni II, Istituti Editoriali e Poligrafici Internazionali, Pisa-Roma, (2003), 451-469
 - **Negroni Catacchio (2021)** = Negroni Catacchio N., Gallo V., L'ambra nell'antichità: le figure femminili alate e altri studi, In L'Ambra nell'Antichità Studi e ricerche sull'uso e il significato dell'ambra nelle epoche antiche. Centro Studi di Preistoria e Archeologia, Milano, 1, (2021)
 - **Orsini (2010)** = Orsini B. Ambra: le origini, il mito e il commercio nell'antichità, In: Le lacrime delle Ninfe, Editrice Compositori, Bologna, (2010)
 - **Palavestra (1993)** = Palavestra A., Praistorijski ćilibar na centralnom i zapandom Balkanu. – Posebna izdanja. Balkanoški institut Srpske Akademijenauka i umetnosti, 52, Institut de Études Balkaniques, Belgrade, (1993)

- **Parazzi (1891)** = Parazzi A. Stazione dei Lagazzi di Vho e San Lorenzo Guazzone., In: Bull. Paletnol. Italiano XVII, 1-4, Tip. della Società fra gli Operai tipografi, Parma, (1891), 1-34

- **Peñalver (2010)** = Peñalver E. & Delclòs X., Spanish Amber. In: Biodiversity of Fossils in Amber from the Major World Deposits, Siri Scientific Press, Manchester, (2010)

- **Peñalver (2018)** = Peñalver E. et al., Amber in Portugal: State of the art. In: Yacimientos paleontológicos exepcionales en la Península Ibérica. Cuadernos del museo Geominero, 27, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, (2018)

- **Pluhár (2001)** = Pluhár Zs., Bernáth J., Hermándy-Berencz J., Introduction of alkanet (*Alkanna tinctoria* (L.) Tausch) a traditional dye plant into cultivation, In: International Journal of Horticultural Science, Agroinform, Hungary, (2001), 1-6

- **Rice, Ph.D. (2006)** = Patty C. Rice, Ph.D. Amber Golden Gem of the Ages, IV Edition, Authorhouse, United States, (2006)

- **Rovira (1994)** = Rovira I Port, J. Àmbar y pasta vitrea. Elementos de prestigio entre el neolítico Avanzado y el Bronce Final del Nordeste de la Península Ibérica. Un primer estado de la cuestiòn. Quad. Prehist. Castellana, 16, Museu Arqueològic de Barcelona, Barcelona, (1994), 67-91

- **Schumacher (2017)** = Scumacher, T. Ivory Exchange Networks in the Chalcolithic of Western Mediterrean. In: Key Resources and Sociocultural Developments in the Iberian Chalcolithic, Tübingen, Germany, (2017)

- **Sprincz, Beck (1981)** = Sprincz E., Beck C.W., Classification of the Amber Beads of the Hungarian Bronze Age. Journal of Field Archaeology, 8, 4, Taylor & Francis, Oxford, (1981), 469-485

- **Strafella et al. (2017)** = Strafella A., et al. Micromorphologies of amber beads: manufacturing and use-wear traces as indicators of the artefacts's biography, In: Praehistorische Zeitschrift, 92, 1, De Gruyter, (2017), 144-160

- **Strafella et al. (2015)** = Strafella A., Cupitò M., Angelini I., Vidale M., Le ambre di Fondo Paviani (Verona) – Scavi Università di Padova 2007-2012. Inquadramento tipocronologico, analisi archeometriche e analisi paleotecnologica, In: Studi di Preistoria e Protostoria 2- Preistoria e Protostoria del Veneto, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, Firenze, (2015), 849-854

- **Tratman, E. K. (1950)** = Tratman E. K., Amber from paleolithic deposits: Goughs Cave. Proceedings of the University of Bristol Speleological Society, 6,3, Vassar College, New York, (1950), 223-227

- **Vaquer (2011)** = Vaquer J. & Léa V., Diffusion et échanges au Néolithique en Méditerranée nord-occidentale. In: La cova de Can Sadurni i la prehistòria de Garraf. Recull de 30 anys d'investigació, Edo & Villalba, (2011)

- **Vidale, Angelini et al. (2018)** = Vidale M., Angelini I., et al., Una ‘finestra’ sulla lavorazione dell’ambra nell’abitato più antico di Este (Padova) In: Incontri annuali di Preistoria e Protostoria, Materiali preziosi, semipreziosi e inconsueti nell’Età del Rame e nell’Età del Bronzo italiana, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, Firenze, (2018)

- **Vilaça (2002)** = Vilaça R., Beck C. and Stout E.C., Provenience analysis of prehistoric amber artifacts in Portugal. Madrider Mitteilungen, 43, PhvZ, Germany, (2002), 61-78

- **Von Eles (2010)** = Von Eles P., Verucchio, Museo Civico Archeologico, In: Le lacrime delle ninfe. Tesori d’ambra nei musei dell’Emilia Romagna, Editrice Compositori, Bologna, (2010), 166-197

- **Woltermann (2014)** = Woltermann G., Bernsteinshmuckproduktion in der Hügelgräberbronzezeit. In: Ressourcen und Rohstoffe in der Bronzezeit:Nutzung-Distribution- Kontrolle. Beitrage zur Sitzung der Arbeitsgemeinschaft Bronzezeit auf der Jahresagung des Mittel- und Ostdeutshen Verbandes für Altertumsforshung in Brandeburg an der Havel, 16, Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpfl ege und Archäologisches Landesmuseum, Wünsdorf, (2014), 74-86

- www.laviadellambra.com/lambra-gialla-dalla-trasparenza-allopacita/ di Ramune Kupsyte consultato il 18/01/2023

- <https://ambramessicana.mayamb.com/cosa-e-ambra.html> consultato 19/10/2023

- <https://www.friuliromano.it/aquileia-romana-cosa-vedere>