INTORNO ALLA COMPOSIZIONE DI QUATTRO SPECIE DI AVORIO
ADOPERATO NELLE ARTI; RICERCHE ANALITICHE DEL PROF.
PIETRO STEFANELLI.

Quantunque molti chimici abbiano con differente scopo intrapreso l'esame delle produzioni ossee dell' organismo animale, or considerandole nel loro complesso, ed ora a parte a parte; quantunque l' analisi sia stata di continuo invocata non solo per isvelare l' intima natura e le recondite qualità delle materie che la tecnologia pone a profitto per importantissimi usi, ma ben anche per illustrare parecchie di quelle che essa destina a modeste e non frequenti applicazioni; tuttavia scarse son le notizie fin qui pubblicate intorno alla chimica costituzione degli avorj *propriamente detti*, (1) sì spes-

(1) Da qualche anno circola in commercio, col nome di *avorio vegetabile*, una materia somigliante per i caratteri esterni agli avorj animali, ma differente affatto per origine e per composizione. Essa altro non è che l' involuppo del seme di una palma chiamata dai botanici *Phythelephas macrocarpa*. Secondo Connel contiene

Gomma.	6,73
Legumina.	3,80
Albumina	0,42
Materia grassa	0,73
Cellulosa	81,54
Ceneri.	0,61
Acqua	9,37
	103,00

so e sì utilmente adoperati nelle arti. È questo un fatto assai strano, a spiegazione del quale non saprei certo addurre concludenti ragioni.

Circa all'avorio di elefante, al più comune cioè, i trattatisti, per quanto ho potuto raccogliere, non riferiscono che i resultamenti analitici ottenuti da Van Bibra e da Mèrat-Guillot.

Il primo di tali esperimentatori trovò sopra a 100 parti in peso del rammentato prodotto animale

Fosfato di calce con tracce di fluoruro di	
calcio	38,48
Fosfato di magnesia.	12,01
Carbonato di calce.	5,63
Sali solubili	0,70
Materie organiche { condrina	42,94
{ grasso	0,24
	100,00

Avendo inutilmente cercato di consultare il lavoro originale da cui queste cifre derivano, non saprei dire con certezza se la materia che formò soggetto d'indagine per Van Bibra fosse in stato normale, ovvero condotta a secchezza per mezzo del riscaldamento. Ritengo però come molto probabile che a preliminare prosciugazione non soggiacesse e che l'umidità in essa racchiusa andasse in aumento della dose effettiva della condrina. In siffatta opinione m'induce l'osservare 1.^o che niun altro chimico notò mai tanta abbondanza di materiali combustibili nei denti degli animali, ancorchè precedentemente disseccati ad una temperatura di oltre + 100° C°; 2.^o che il numero 43. 18, esprimente la proporzione indicata da Van Bibra per la condrina e pel grasso, di poco si scosta da quelli che si ottengono sommando, analisi per analisi, la quantità delle materie organiche, dell'acqua che io trovai nell'esaminare quattordici saggi di avorio pur di elefante, siccome più avanti mostrerò; 3.^o in fine, che il complesso dei fosfati e dei sali solubili armonizza perfettamente con le resultanze da me ottenute per i composti stessi, ri-

spetto all'avorio non sottoposto ad artificiale disseccazione avanti i trattamenti analitici.

Mérat-Guillot attribuisce all'avorio comune non prosciugato a calore di stufa la seguente composizione sommaria:

Acqua	11,15
Materie organiche	24,00
Fosfato di calce	64,00
Carbonato id.	0,10
	100,00

Questi numeri grandemente discordano coi dati riprodotti di sopra, — ammesso, per gli esposti motivi, che le dosi stabilite dal Van Bibra si riferiscano a cento parti di tessuto osseo nell'ordinario stato di umidità. Ove poi si volesse supporre che esse spettino a cento parti di materia secca, in tal caso le differenze giungono ancora a più cospicua misura.

Lassaigne, in un lavoro comparativo su i denti di varj animali, così rappresenta la chimica costituzione dell'avorio d'ippopotamo disseccato:

Materie organiche	25,1
Fosfato di calce	72,0
Carbonato id.	2,9
	100,0

Nella seconda parte però (pag. 1197) del *Dizionario di scienze, industrie, arti ec.* compilato dal Prof. G. Orosi, si legge: « Nell'avorio dei denti d'ippopotamo l'analisi trovò 6, 4 per cento di carbonato di calce; 60 per cento di fosfato di calce; 2, 9 di magnesia; in tutto 69, e di materie minerali ». — Credo che il chiarissimo autore ivi intenda parlare dell'avorio ridotto a perfetta secchezza.

Nessuna indagine analitica venne intrapresa, o almeno divulgata mediante la stampa, intorno agli avorj provenienti dal narvallo (*Monodon monoceros*) e della vacca marina (*Trichechus rosmarus*), sebbene anch'essi trovino nelle arti utili applicazioni.

In siffatto stato di cose erano a desiderarsi nuove e più estese ricerche sull' argomento in discorso, non solo a soddisfazione di scientifica curiosità, ma per derivarne eziandio qualche giovevole suggerimento pratico. Perciò con vero piacere e con la maggior premura possibile accettai pochi mesi addietro l' invito che l' abile amico mio Prof. Pietro Marchi m' indirizzava per aver contezza delle proporzioni in cui stavano uniti i *principali* costituenti in alcuni saggi di avorio tratti da zanne di elefante e d' ippopotamo. Se non che, costretto da circostanze, che qui non occorre far note, a compiere quelle investigazioni con istraordinaria fretta, dovetti talora trascurare certe minute cautele, che pur valgono assai ad assicurar la esattezza dei resultamenti finali. Così, non mi fu dato di accertare se la dose dell' acqua igroscopica contenuta negli avorj destinati all' analisi potesse aver subito un aumento per causa dell' umidità esistente nell' aria, nè ebbi modo di valermi di un rigoroso metodo per la valutazione della silice. I quali difetti sperimentali ho voluto accennare, sempre vivo essendo in me il desiderio che la verità, dipendentemente almeno dalla intenzione, non resti punto adombrata in ciò che è opera mia. Posso nonostante affermare che non gravi al certo son le correzioni da farsi alle cifre emergenti dalle mie prime analisi, che il rammentato Prof. Marchi pubblicò in un suo pregevole scritto (1).

Appagati che io ebbi, compatibilmente alle condizioni in cui mi trovava, gli ottimi desideri dell' amico, volli tosto intraprendere una nuova, più larga e più accurata serie d' indagini sullo stesso soggetto. E qui mi stimo in dovere d' indirizzare cordiali ringraziamenti al predetto amico e collega, il quale con squisita gentilezza mi procurò gran parte della materia occorrente per i miei studj.

Pensando che da un piccolo numero di analisi complete non avrei potuto ritrarre tanto vantaggio, quanto da molte, ma compendiose; mi decisi di non attendere che alla valu-

(1) *Sull' avorio che si adopra nelle arti.* — V. Nuovo Cimento, tomo XXV, pag. 208.

tazione dell'umidità, delle materie organiche, del carbonato di calce e dei fosfati.

Ora ecco un cenno intorno al processo di cui mi valse per conoscer le dosi di tali sostanze.

Giova innanzi tutto avvertire che le porzioni di avorio prescelto per gli esperimenti analitici furono sempre ridotte in sottilissima limatura, la quale venne tosto introdotta e chiusa ermeticamente in adattati tubi di vetro all'oggetto di proteggerla dal libero contatto dell'aria fino a che non occorresse di adoperarla.

Presi alcuni grammi di essa, ne determinai l'acqua per mezzo della disseccazione ottenuta a $+ 120^{\circ} \text{C}^{\circ}$ entro una stufa a olio di Gay-Lussac. La sottoposi quindi alla calcinazione entro una capsuletta di platino che sul principio tenni quasi perfettamente coperta con una lamina del medesimo metallo a fine di evitare che i prodotti aeriformi sviluppati dai costituenti organici in stato di decomposizione potessero trascinar via delle particelle ossee. Dato in seguito più libero accesso all'aria nell'interno della capsula, proseguì regolarmente il riscaldamento fino a che mi accorsi che tutta la materia in esame aveva riacquistata una perfetta bianchezza. Di molto accrebbe allora il calore, e, dopo circa un'ora, pesai il residuo inorganico. La differenza del peso trovato per l'avorio secco mi fece conoscere la dose complessiva dei materiali organici e dell'acido carbonico distaccatosi dal carbonato di calce. Ottenuta questa indicazione, sciolsi il miscuglio salino-terroso in acido cloridrico diluito, aggiunti al liquido risultante un leggiero eccesso di ammoniac e, trascorsi alcuni minuti, attesi a ben separarlo con la filtrazione dal precipitato formatosi. Nel soluto filtrato determinai con le solite precauzioni la calce, valendomi dell'ossalato ammoniacale, ed appresso la convertii col calcolo in carbonato neutro. Per tal guisa appresi qual parte della perdita di peso sofferta dall'avorio in conseguenza della calcinazione spettasse effettivamente alle materie organiche, e quale all'acido carbonico del carbonato calcareo. — Omessi la separazione della silice non solo a risparmio di tempo, ma ancora perchè mi avvidi che essa trovavasi consociata agli

altri composti in sì tenue rapporto da non avere per me nessuna speciale importanza.

Con l' accennato metodo eseguii 34 analisi, così repartite :

per l' avorio di elefante	14
« d' ippopotamo	12
« di narvallo	4
« di vacca marina	4

È necessario avvertire, affinchè si possa dare un giusto valore alle resultanze di cui mi fo a render conto, che la materia occorsa per le indagini, alle quali la presente scrittura si riferisce, venne tratta da varie parti di

- 4 zanne di elefante indiano adulto,
- 2 denti canini d' ippopotamo, parimente in età avanzata,
- 1 dente-difesa di narvallo id.,
- 1 dente canino di vacca marina id.

Il sottostante prospetto contiene le *medie* ricavate dalle mie analisi, tanto in rapporto agli avorj in condizioni normali, quanto ai medesimi ridotti a secchezza.

Dal confronto di questi numeri si vede che la composizione dell'avorio di elefante non poco si scosta da quella trovata per gli altri tre, i quali, rispetto alle proporzioni dei principali costituenti, presentano una notevole somiglianza fra loro.

Nel primo assai più abbondano che nei seguenti i materiali organici, a cui si associa, se in stato normale, una maggior dose di acqua: vi scarseggiano in vece i composti inorganici, specialmente i fosfati.

Si noti però che varianti meritevoli di considerazione ho pur trovate, riguardo al carbonato di calce ed ai fosfati, esaminando porzioni corrispondenti di zanne appartenute ad altrettanti individui della medesima specie animale. I numeri raccolti nel seguente specchietto chiaramente lo mostrano per le quattro difese di elefante che potetti studiare.

Parte media delle zanne. Sezione trasversale. — Centro e periferia (tolta la crosta).

	1. ^a ZANNA			2. ^a ZANNA			3. ^a ZANNA			4. ^a ZANNA		
	Averio in stato normale	Averio disseccato a + 120° C		Averio in stato normale	Averio disseccato a + 120° C		Averio in stato normale	Averio disseccato a + 120° C		Averio in stato normale	Averio disseccato a + 120° C	
Acqua	13,68	—		12,19	—		12,11	—		12,43	—	
Materie organiche	32,87	38,03		34,12	38,86		33,76	38,41		33,43	38,17	
Carbonato di calce . . .	1,71	1,98		3,91	4,45		2,12	2,42		4,35	4,97	
Fosfato di calce	51,84			49,78			52,01			49,79		
D.° di magnesia . . .												
Composti sodici, silice ec.												
	100,00	100,00		100,00	100,00		100,00	100,00		100,00	100,00	

Differenze di qualche entità, per la loro costanza almeno, riscontrai altresì nel sottoporre a separato esame la parte periferica sottostante alla crosta e la parte centrale o assile di una medesima sezione trasversale di avorio elefantino o d'ippopotamo. Eccone la dimostrazione:

Avorio di elefante												
	I.				II.				III.			
	PRESSO LA PERIFERIA		PRESSO IL CENTRO		PRESSO LA PERIFERIA		PRESSO IL CENTRO		PRESSO LA PERIFERIA		PRESSO IL CENTRO	
	In stato normale	Disseccato a +120°C	In stato normale	Disseccato a +120°C	In stato normale	Disseccato a +120°C	In stato normale	Disseccato a +120°C	In stato normale	Disseccato a +120°C	In stato normale	Disseccato a +120°C
Acqua	11,87	—	12,35	—	11,90	—	12,48	—	11,05	—	15,16	—
Materie organiche .	34,52	38,04	35,20	37,88	34,44	39,09	35,81	38,03	35,07	38,11	32,81	37,78
Carbonato di calce .	1,54	1,75	2,70	3,09	3,60	4,09	4,21	4,81	4,21	4,77	4,65	5,35
Fosfato di calce . . .					50,06	56,82	49,50	56,56	50,47	57,12	49,40	56,89
D.° di magnesia .	52,27	59,31	51,75	59,05					—			
Composti sodici ec..												
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Avorio d' ippopotamo

	I.				II.			
	Presso la periferia		Presso il centro		Presso la periferia		Presso il centro	
	In stato normale	Disseccato a + 120° C°	In stato normale	Disseccato a + 120° C°	In stato normale	Disseccato a + 120° C°	In stato normale	Disseccato a + 120° C°
Acqua.	10,62	—	11,35	—	10,52	—	11,02	—
Materie organiche.	28,39	31,76	27,33	30,82	28,87	32,26	27,48	30,88
Carbonato di calce.	2,20	2,47	3,10	3,30	2,61	2,92	3,31	6,19
Fosfato di calce.	58,79	65,77	58,22	65,68	58,00	64,82	55,09	62,93
D.° di magnesia.								
Composti sodici ec.								
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Queste resultanze analitiche mostrano che dalla periferia al centro decresce la proporzione delle materie organiche e dei fosfati, mentre aumenta la dose del carbonato calcareo ed ancora dell'acqua nell'avorio non artificialmente disseccato. Considerando i composti salini e terrosi in complesso, si trova che nelle parti centrali essi stanno ai costituenti organici in un rapporto sensibilmente e costantemente maggiore che nelle parti periferiche. I numeri relativi all'avorio prosciugato alla temperatura di $+ 120^{\circ} \text{C}^{\circ}$ lo mostrano con tutta chiarezza.

Da alcuni confronti che potetti istituire sopra a sezioni trasversali tratte da zanne di elefante e d'ippopotamo a differenti distanze dalla base, sarei indotto ad ammettere che il tessuto osseo componente quei denti contenga meno materie combustibili e più sostanze saline e terrose verso la punta che nella parte media dei predetti organi. Tale conclusione però, quantunque sostenuta eziandio da considerazioni che la fisiologia suggerisce, credo che meriti nuova conferma dalla esperienza, parendomi non bastanti al bisogno le determinazioni che mi fu dato di eseguire in proposito.

Aggiungerò in ultimo che avendo analizzato lo strato superficiale di colore ocraceo della scorza o cemento di un dente canino d'ippopotamo, vi trovai

in stato normale	disseccato a $+ 120^{\circ} \text{C}^{\circ}$	3
Acqua	9,35	—
Materie organiche	27,46	30,29
Carbonato di calce	4,52	4,99
Fosfato di calce	55,96	61,73
D. ^o di magnesia		
Composti sodici ec. . . .		
Sesquiossido di ferro . . .	2,71	2,99
	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>

Vediamo adesso quali deduzioni pratiche sia possibile di ricavare in pro della tecnologia dalle molte cifre che esperimentando raccolsi.

Ritenuto che la durezza del tessuto dentario aumenti con l'aumentare dei composti salini e terrosi, è facile accorgersi, pel confronto delle *medie* riferite alla pagina 15, che gli avorj di cui mi occupai debbonsi classare così, andando dal più al meno compatto:

- 1.^o Avorio del narvallo
- 2.^o « della vacca marina
- 3.^o « dell' ippopotamo
- 4.^o « dell'elefante.

Se non che le resultanze analitiche portano a credere esser la differenza sensibilissima fra l'ultimo ed il penultimo, e tenue in vece fra questo ed i precedenti. La qual cosa trovò piena conferma nei numeri che ottenni con la determinazione fisica della densità di alcuni saggi dei medesimi avorj: numeri che mi sembra importante di porre a riscontro con quelli che rappresentano il peso complessivo delle materie saline e terrose contenute in 100 parti di avorio.

	AVORIO IN STATO NORMALE (Centro e periferia)				AVORIO DISSECCATO A + 120° C° (Id.)			
	Narvallo	Vacca marina	Ippopotamo	Elefante	Narvallo	Vacca marina	Ippopotamo	Elefante
Composti salini ec. per % (in peso) . . .	62,58	61,59	61,45	54,41	70,06	68,93	68,88	62,36
Densità o peso specifico.	2,0023	1,9305	1,9177	1,7316	—	—	—	—

Gli avorj del narvallo, della vacca marina e dell'ippopotamo saranno adunque da preferirsi a quello dell'elefante per certi lavori, sulla buona riuscita dei quali grandemente influisce la compattezza della materia.

Dovrà in vece prescegliersi l'avorio di elefante quando sia per giovare piuttosto la pieghevolezza e la elasticità, che la salda struttura del tessuto osseo.

Contenendo l'avorio medesimo maggior dose di materie organiche, e conseguentemente minor quantità di composti inorganici, sembra probabile che possa pur corrispondere meglio degli altri per la preparazione di un bel nero da pittura, come ancora per fornire, mediante i trattamenti proposti dal D'Arcet, eleganti oggetti ad imitazione di quelli fatti con la *tartaruga rossa*.

Abbiamo notato che l'avorio di una stessa sezione trasversale presenta sensibili differenze chimiche secondochè si consideri in vicinanza della periferia o presso il centro. Pel rapporto in cui stanno nelle due porzioni le materie organiche ed i costituenti salini e terrosi, parrebbe che la densità dovesse regolarmente aumentare dai primi strati alla parte più interna del dente. E ciò talora avviene di fatto. Alcune volte però accade il contrario a motivo dell'acqua, la quale è in dose più o meno crescente dalla periferia al centro. Possiamo pertanto affermare (in ordine almeno alle resultanze che io ottenni) che in un modo o in un altro la densità dell'avorio d'elefante e d'ippopotamo cambia gradatamente e talvolta anche notabilmente dagli strati periferici a quelli centrali. Dalla qual conclusione mi sembra che possano i pratici trarre qualche utile conseguenza. Da essa, per esempio, emerge che dovendo costruire corpi sferici bene equilibrati, converrà (come già notò l'amico mio Prof. Pietro Marchi) prendere per loro asse il sottilissimo canale interno che dalla cavità corrispondente alla papilla giunge fino alla punta delle zanne. Lo zelantissimo osservatore da me ora citato aggiunge: « Si mostrerà pure il motivo per cui in certi casi si debba adoperare con miglior vantaggio, a causa della maggiore sua resistenza, l'avorio più vecchio di una zanna, quello cioè della estremità acuta del dente, nel sapere come

l'avorio di questa parte sia il più pesante, il più compatto ed anche il più bianco, in ragione della maggior quantità dei composti salini e terrosi accumulativi. » Ma relativamente a ciò parmi opportuno di tornare a ripetere che la esperienza non mi ha reso abbastanza sicuro intorno al costante aumento dei costituenti calcarei verso la punta delle difese di elefante e d'ippopotamo.

E qui, ponendo fine al mio scritto, debbo avvertire che son ben lontano dal credere di avere esaurito l'argomento di cui mi occupai, mentre anzi vedrei con piacere che altri con nuove indagini imprendesse a viemeglio illustrarlo.