



Impronta digitale molecolare dell'aria della Biblioteca Storica "Romolo Spezioli" mediante GC-MS

Teresa Cecchi
ITT «G. e M. Montani»

Chimica e Arte
VIII SCUOLA NAZIONALE di DIDATTICA della CHIMICA
"GIUSEPPE DEL RE"
Fermo, 24-27 settembre 2023



Di cosa profuma la conoscenza?

- 400000 volumi ed oggetti in una delle biblioteche storiche più importanti d'Italia
- Sala del Mappamondo,
- Sala blindata: "Epistola de su Gran Descubrimiento" (Rome, 1493)



La ricerca didattica

- Campo analitico quasi inesplorato con rari approcci distruttivi e puntiformi
- Percorso didattico STEAM in accordo al SDG #4, Agenda 2030 fra chimica analitica ed organica
- Approccio storico alla produzione della carta
 - <1840 carta da cotone/lino/canapa ad alto contenuto di cellulosa e gelatina
 - >1840 carta da pasta di legno (economica ma contenente lignina) con solfato di alluminio per precipitare la colofonia sulle fibre: la carta diviene acida, e l'idrolisi della cellulosa la rende più vulnerabile di quella dei secoli precedenti.



CLIL Workflow

Inquiry Based Learning

- Progettazione del campionamento per distinguere la presenza di volatili derivanti dal contenuto della biblioteca, dall'apporto dei visitatori e dall'esterno
- Scelta della tecnica preanalitica in accordo ai 12 principi della Green Chemistry SPME
- Studio dell'influenza del tempo di esposizione (equilibrio di ripartizione, aspetti cinetici e termodinamici)
- Studio delle condizioni cromatografiche per l'ottimizzazione della separazione e per il riconoscimento (RI, NIST, st)
- Report



identificati 58 su 123



identificati 59 su 95

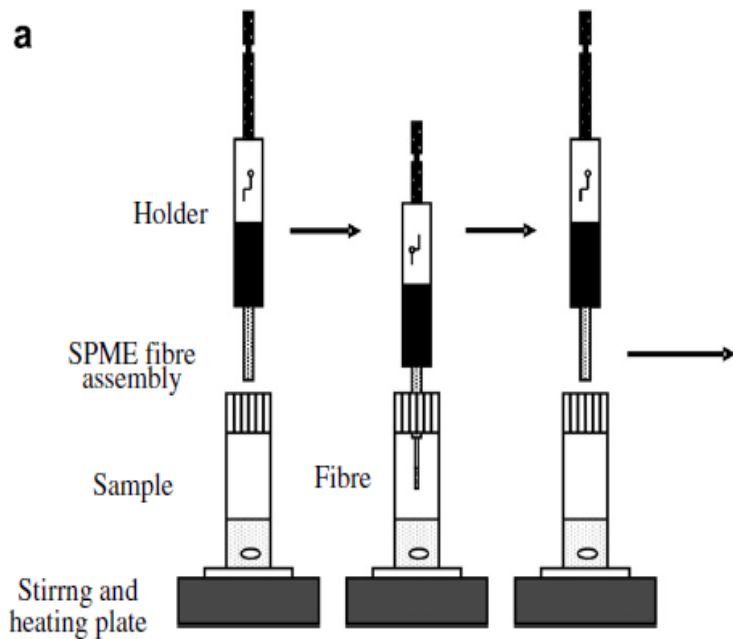


Come funziona?

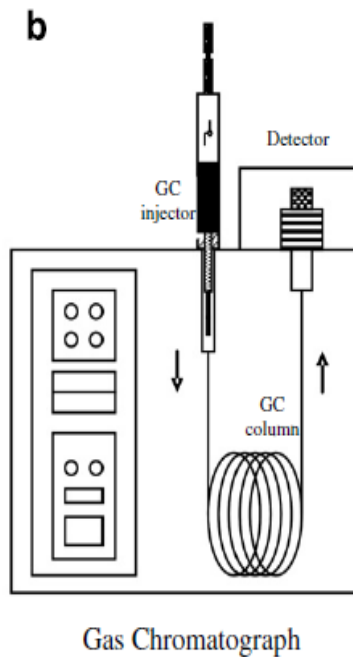
$$C_{in,camp} V_{camp} = C_{camp,eq} V_{camp} + C_{air,eq} V_{air} + C_{fibra,eq} V_{fibra}$$

$$K_{fibra/camp} = C_{fibra,eq} / C_{camp,eq}$$

Adsorbimento

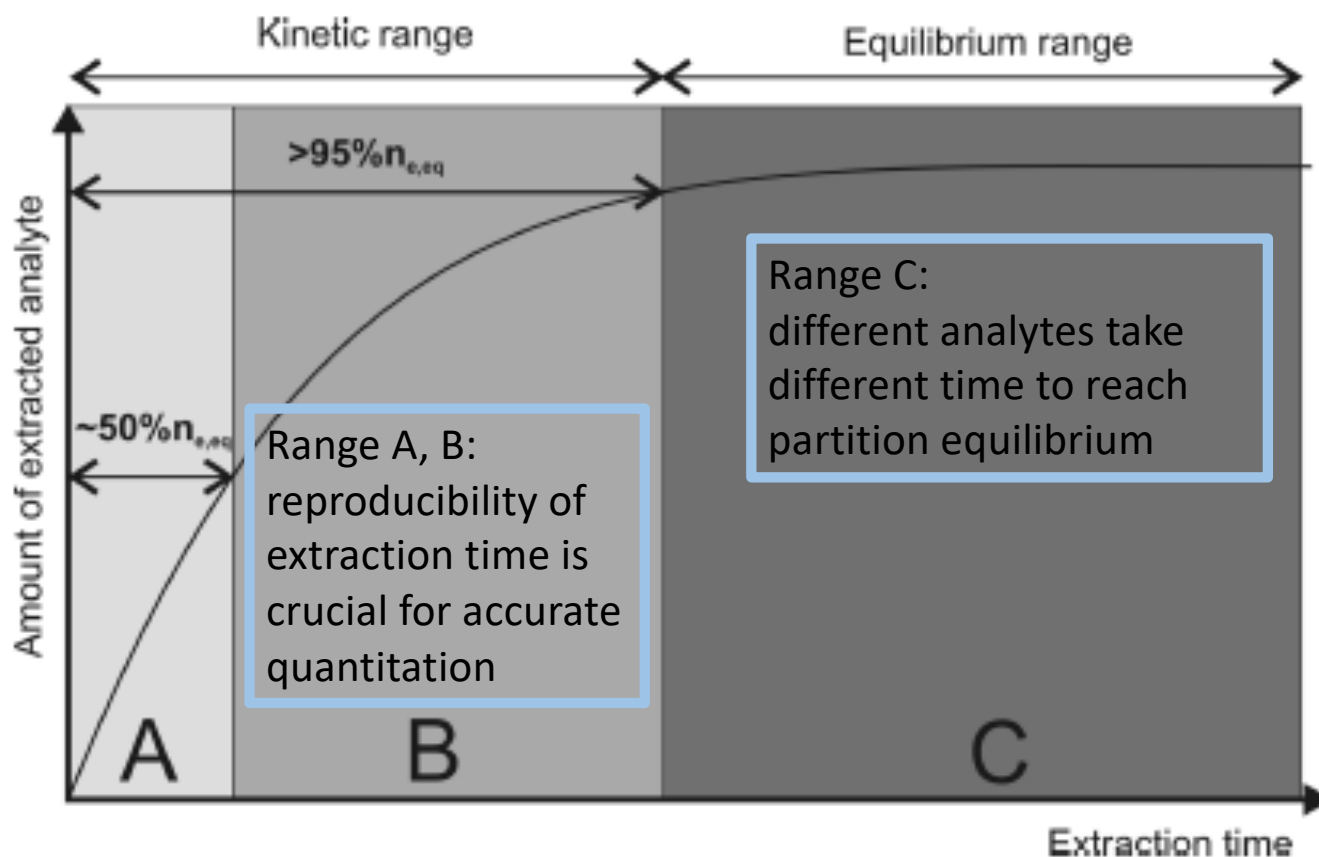


Desorbimento



- Tecnica Green, Solventless
- SDG 3, 13, 14, 15
- Fibra universale: DVB/CAR/PDMS
- Integrale estrazione, arricchimento e trasferimento

Profilo di adsorbimento SPME cinetica vs termodinamica



L'estrazione non è mai
quantitativa
Anche all'equilibrio, le
quantità di analiti diversi
sulla fibra potrebbero
non riflettere l'effettiva
composizione dello
spazio di testa, a causa
dei diversi coefficienti di
ripartizione dei volatili

Familiarizzazione GC-MS

- Esplorazione laboratoriale del SW con la creazione condivisa di
 - una sequenza
 - un metodo strumentale (con settaggio dei parametri dell'iniettore, dei flussi, della rampa di temperatura, dei parametri di acquisizione della massa)
 - un metodo di processamento per l'analisi quali-quantitativa del profilo VOCs
- Esecuzione dell'analisi dei volatili nella Biblioteca e ottimizzazione del metodo



Risultati

- Il cromatogramma dell'outdoor air è stato sottratto da quello dell'indoor air
- Alcani dalla lunga catena degli acidi grassi
- Aromatici (T, X, Et-Benzene, Phenol, Vanillina, benzaldeide) dalla lignina
- Furfurale, acetaldeide ed acido acetico (dall'idrolisi acida della carta)
- Aldeidi da perossidazione degli acidi grassi
- Alcoli. Il butanolo può essere ottenuto per bioconversione degli zuccheri e da esso si ha mediante la reazione di Guebert il 2-ethyl-1-hexanol (dimero beta alchilato)
- Canfora, limonene, carene, fencone





Molecule	RI	CAS Number	Odor	Sala del Mappamondo (Area count/10 ⁶)	Armored Room (Area count/10 ⁶)
Acetaldehyde	370	75-07-0	Pungent fruity green sweet	6.09	8.83
Acetic acid	625	64-19-7	Sour	4.89	4.61
Toluene	756	108-88-3	Sweet, pungent, benzene-like	3.72	2.99
Furfural	830	98-01-1	Bread, almond, sweet	4.20	8.42
Ethylbenzene	853	100-41-4	Aromatic	2.30	2.78
m-Xylene	861	108-38-3	Sweet, aromatic	nd	0.39
o-Xylene	895	95-47-6	Sweet, aromatic	1.30	1.50
Heptanal	899	111-71-7	Fatty, green	0.80	1.02
Nonane	900	111-84-2	Gasoline-like	1.58	3.07
2-Butoxyethanol	905	111-76-2	Slight, rancid, sweet	5.55	0.21
Propylcyclohexane	935	1678-92-8	—	0.00	0.82
1-Butoxy-2-propanol	944	5131-66-8	—	1.95	0.15
Benzaldehyde	958	100-52-7	Almond	1.59	2.86
4-Methylnonane	961	17301-94-9	—	1.47	2.91
1-Heptanol	970	111-70-6	Green, herb, musty, sweet, woody	1.02	1.27
1-Ethyl-2-Methylbenzene	976	611-14-3	—	nd	0.68
Phenol	978	108-95-2	Aromatic, sweet, acrid, tarry	0.52	2.11
1,2,4-Trimethylbenzene	987	95-63-6	Aromatic	2.05	3.39
Decane	1000	124-18-5	Alkane	3.72	18.02
3-Carene	1011	13466-78-9	Turpentine-like odor	0.88	0.12
2,5-Dimethylnonane	1015	17302-27-1	—	1.18	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	1019	526-73-8	Aromatic	1.29	4.49
2,6-Dimethylnonane	1032	17302-28-2	—	1.83	4.70
Limonene	1035	138-86-3	Orange citrus	12.56	4.43
2-Ethyl-1-hexanol	1036	104-76-7	Sweet, floral	10.00	4.78
Butylcyclohexane	1037	1678-93-9	—	0.88	0.62
trans-Decahydronaphthalene	1051	493-02-7	—	nd	4.24
5-Methyldecane	1056	13151-35-4	—	2.25	1.60



Molecole	RI	CAS Number	Odor	Sala del Mappamondo (Area count/10 ⁶)	Armored Room (Area count/10 ⁶)
Methyldecane	1060	2847-72-5	–	2.14	1.07
Methyldecane	1063	6975-98-0	–	2.25	9.00
Methyldecane	1069	13151-34-3	–	0.84	3.33
Ethyl-1,4-dimethylbenzene	1074	1758-88-9	–	5.43	4.39
Ethyl-1,3-dimethylbenzene	1087	2870-72-4	–	1.98	3.50
Indanone	1096	1195-79-5	–	3.70	1.33
Undecane	1100	1120-21-4	Faint	7.36	33.96
Nonanal	1107	124-19-6	Strong, fatty, green	4.11	29.32
6-Dimethyldecane	1119	13150-81-7	–	6.37	3.13
7-Dimethyldecane	1127	17312-54-8	–	2.37	6.06
Decylcyclohexane	1137	4292-92-6	–	2.08	1.84
Camphor	1148	76-22-2	Penetrating, slightly minty	1.55	2.91
Methylundecane	1159	2980-69-0	–	17.39	12.10
Methylundecane	1169	1002-43-3	–	4.15	7.17
Dodecane	1200	112-40-3	Alkane	24.48	16.64
6-Dimethylundecane	1213	17301-23-4	–	6.08	2.64
7-Dimethylundecane	1122	17301-29-0	–	7.76	3.02
Decylcyclohexane	1237	4292-75-5	–	3.78	1.71
Methyldodecane	1251	6044-71-9	–	18.54	1.72
Methyldodecane	1263	1560-97-0	–	9.37	2.68
6,11-Trimethyldodecane	1275	31295-56-4	–	4.28	1.10
Dodecane	1300	629-50-5	Alkane	53.99	6.08
7-Dimethyldodecane	1323	–	–	5.17	0.81
Decylcyclohexane	1337	5617-41-4	–	0.60	0.82
Methyltridecane	1360	26730-12-1	–	18.02	nd
Methyltridecane	1365	1560-96-9	–	8.60	0.65
Methyltridecane	1369	6418-41-3	–	7.36	0.74
Tridecane	1400	629-59-4	–	20.80	6.40
Anillin	1415	121-33-5	Creamy, vanilla, sweet	4.75	2.62
Pentadecane	1500	629-95-5	–	6.80	1.71

Quantificazione Relativa

Le aree percentuali dei picchi

- consentono il confronto delle quantità dello STESSO composto in diversi campioni con la stessa matrice se vengono utilizzate condizioni di campionamento costanti
- NON consentono il confronto di quantità di diversi composti all'interno di un campione poiché la resa di estrazione differisce da un composto all'altro a causa delle diverse affinità per la fibra, delle diverse tensioni di vapore dei composti target e dei diversi fattori di risposta al rilevatore

Conclusioni

- L'impronta digitale molecolare dell'"odore della conoscenza" consente la sua futura riproduzione chimica per conservare l'identità della biblioteca storica.
- Il confronto dei risultati analitici di due stanze iconiche, rispettivamente aperte e chiuse ai visitatori, svela, per la prima volta, l'interazione tra il patrimonio, l'ambiente esterno e le attività antropiche
- Da tale confronto è possibile definire lo status di "analita correlato ai libri"
- Per la prima volta la formazione di 2-etil-1-esanolo durante la decomposizione della carta è stata razionalizzata secondo la reazione di Guerbet.



Learning Outcomes

- Uso della tecnica preanalitica SPME per campionare i VOCs anche in altri ambiti (alimenti, cosmetici...)
- Ottimizzazione dell'analisi GC-MS
- Importanza dell'approccio CLIL data l'interfaccia sw in inglese

INDOOR AIR

International Journal of Indoor Environment and Health

ORIGINAL ARTICLE

Scent of knowledge: The molecular fingerprint of volatiles in an emblematic historical library in Italy

Teresa Cecchi ✉

Per approfondire: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ina.13139>



Grazie per l'attenzione

