

# Cristallizzazione di basse potenze omeopatiche: caratterizzazione morfologica ed effetti della dinamizzazione

1. Biologa, PhD, libera professionista

2. Ematologo, Medico Omeopata Agopuntore, Già Responsabile del Dipartimento Scientifico FIAMO

3. Già Ricercatore confermato, Dipartimento Scienze e Tecnologie Agro-ambientali, Università di Bologna

## RIASSUNTO

Le preparazioni omeopatiche a bassa potenza possono essere studiate dal punto di vista morfologico mediante l'applicazione del metodo di evaporazione delle gocce (Droplet Evaporation Method, DEM), che permette di ottenere modelli formativi cristallini indotti dalla transizione di fase. Dall'analisi delle caratteristiche morfologiche di tali modelli (complessità frattale e disomogeneità) è stato possibile:

- i) esaminare le proprietà formative delle preparazioni
- ii) visualizzare eventuali differenze fra campioni diluiti e dinamizzati e campioni solo diluiti e
- iii) valutare l'impatto di diversi tipi di dinamizzazione (verticale e orizzontale).

Uno screening DEM preliminare su una serie di preparazioni di partenza ha permesso di selezionare *Natrium muriaticum* quale preparato con la maggior quantità di materiale organizzato in strutture cristalline complesse. Le successive prove DEM su tale preparato hanno evidenziato che la dinamizzazione sia verticale che orizzontale ha un effetto significativo rispetto alla sola diluizione; in particolare, il movimento verticale induce un significativo aumento della complessità frattale rispetto al solo diluito, ma anche rispetto alla tecnica orizzontale. Questo effetto si traduce qualitativamente in cristalli più sviluppati, ampi, complessi e con maggiori ramificazioni ad andamento dendritico. L'aumento di complessità si accompagna inoltre a una diminuzione di disomogeneità, indicando una maggiore armonia nelle strutture. Al contrario, la dinamizzazione orizzontale induce una diminuzione della complessità frattale con l'ottenimento di strutture più semplici e meno connesse fra loro. In conclusione, sulla base dei risultati ottenuti è possibile:

- 1) considerare l'approccio morfologico del DEM idoneo per lo studio di parametri relativi al metodo di preparazione dei rimedi omeopatici
- 2) ritenere la fase di dinamizzazione il passaggio imprescindibile per l'induzione dei loro effetti, essendo risultata di fondamentale importanza per la formazione delle strutture cristalline
- 3) ipotizzare un'influenza della direzione della dinamizzazione, avendo osservato diverse caratteristiche morfologiche nei cristalli in funzione del verso del moto agitato.

## PAROLE CHIAVE

Analisi morfologica, DEM, Omeopatia, dinamizzazione.

## SUMMARY

Low-potency homeopathic preparations can be studied from a morphological view point by applying the "droplet evaporation method" (DEM), which allows to obtain some crystalline phase-transition-induced patterns. On the basis of the morphological characteristics of these patterns (fractal complexity and inhomogeneity), it was possible to:

- i) examine the formative properties of the preparations
- ii) visualize any differences between diluted and dynamized samples and simply diluted sample and
- iii) evaluate the impact of different types of dynamization (vertical and horizontal).

A preliminary DEM screening carried out on a series of initial preparations allowed us to select *Natrium muriaticum* as the preparation provided with the greatest amount of material organized into complex crystalline structures. Subsequent DEM tests on such a preparation showed that both vertical and horizontal dynamization had a significant effect compared to dilution alone; in particular, vertical movement induced a significant increase in fractal complexity compared both to dilution alone and to the horizontal technique. This effect qualitatively translates into more developed, larger, more complex crystals with greater dendritic branching. The increase in terms of complexity is also accompanied by a decrease in inhomogeneity: all this highlights a greater harmony in the structures. On the contrary, the horizontal dynamization induces a decrease in fractal complexity, as a result it gives rise to simpler and less interconnected structures.

In conclusion, on the basis of the results obtained, it is possible:

- 1) to consider the DEM morphological approach as suitable for studying parameters related to the preparation methodology of homeopathic remedies
- 2) consider the dynamization phase as the essential step for inducing their effects, since it is of fundamental importance for the making of crystalline structures
- 3) hypothesize that dynamization can influence the effect direction, as different morphological characteristics have been observed in the crystals depending on the succussion direction.

## KEYWORDS

Morphological analysis, DEM, Homeopathy, dynamization.

## INTRODUZIONE

L'analisi morfologica, metodo di conoscenza basato sullo studio delle forme, indaga i fenomeni e gli eventi per cercarne la logica e le possibili interconnessioni basate sulle loro strutture percepibili. Il campo d'indagine si caratterizza soprattutto in base all'ambito applicativo, come ad esempio quello linguistico, artistico, geografico, geologico, nonché biologico e medico (De Rubertis, 2012). All'interno dell'ambito medico, tale analisi potrebbe trovare applicazione anche nell'Omeopatia attraverso la caratterizzazione morfologica delle preparazioni omeopatiche, in particolare quelle a bassa potenza. Infatti, queste ultime, contenendo ancora materiale di partenza, permettono di studiare le caratteristiche proprie di questo materiale e suoi eventuali cambiamenti dovuti alle fasi di diluizione e dinamizzazione, tipiche della preparazione del rimedio omeopatico. Il processo di dinamizzazione, in particolare, è uno degli elementi base della produzione di tali rimedi ed è indicato come il principale responsabile delle differenze chimiche e biologiche tra preparati omeopatici e controlli (Tournier *et al* 2019; 2021). Le tecniche più diffuse sono quelle per *succussione* (agitazione verticale) e per *vorticazione*, basate essenzialmente su dispositivi elettromeccanici che imprimono energia cinetica alla soluzione sotto forma di turbolenze e moti vorticosi nel fluido.

L'analisi morfologica può essere applicata mediante il cosiddetto Metodo di Evaporazione delle Gocce (*Droplet Evaporation Method*, DEM), basato sul fenomeno dell'auto-organizzazione della materia, proveniente dal campione da analizzare, durante l'evaporazione del solvente acquoso in cui il campione si trova o è posto ad imbibire per un tempo prestabilito (Kokornaczyk *et al* 2011, 2014, 2019, 2020; Betti *et al* 2017). In una goccia d'acqua in evaporazione, contenente una minima quantità di materia, agiscono diverse forze fisiche che spostano le particelle di materia all'interno della goccia. Si creano così, al bordo della goccia o al suo interno, degli accumuli di particelle che con il procedere dell'evaporazione si legano fra di loro, organizzandosi in strutture cristalline dalle forme più o meno complesse e con diverso grado di ordine. Il modo in cui le particelle si auto-organizzano definisce il *pattern* strutturale che si origina al termine della fase di evaporazione. Un *pattern* può essere definito come un tracciato o modello strutturale caratterizzato dalla ripetizione di un elemento modulare detto motivo, secondo una configurazione riconoscibile. La forma e il grado di complessità dei *patterns* ottenuti potranno fornire indicazioni sulla caratterizzazione morfologica e qualitativa del campione. Normalmente le

strutture cristalline dei campioni sottoposti ad analisi DEM presentano forme caratterizzate da ramificazioni dendritiche complesse e irregolari, non riconducibili alla geometria classica euclidea, ma che possono essere meglio descritte dalla geometria frattale. Un frattale è un oggetto di forma estremamente irregolare, dotato di omotetia interna: si ripete nella sua forma allo stesso modo su scale diverse e, ingrandendo una qualunque sua parte, si ottiene una figura simile all'originale. Dunque, le strutture cristalline ottenute con il DEM possono essere ricondotte a forme frattali ed essere analizzate considerando alcuni parametri tipici dell'analisi frattale, come la dimensione frattale e la lacunarità (Plotnick *et al* 1996; Smith *et al* 1996).

Il DEM è stato per la prima volta proposto da Kokornaczyk *et al* (2011) su campioni di semente, in particolare semi di frumento tenero di varietà antiche e moderne, allo scopo di valutarne la potenzialità come strumento per l'analisi della qualità. Nell'ambito della ricerca in campo omeopatico, lo stesso gruppo di ricerca, utilizzando il modello di crescita *in vitro* di semi di frumento, ha condotto alcuni studi per verificare l'applicabilità del DEM nella valutazione dell'effetto di preparati omeopatici ad alta diluizione (Kokornaczyk *et al* 2014; Betti *et al* 2017). Il protocollo sperimentale prevedeva l'utilizzo di semi, sia stressati con triossido di arsenico ( $As_2O_3$ ) ponderale sia non stressati, sottoposti a trattamento con alte diluizioni della stessa sostanza ( $As_2O_3$  45DH) oppure con acqua come controllo negativo (modello isopatico). La valutazione degli effetti è stata condotta mediante il DEM e il test di crescita *in vitro*. I risultati hanno mostrato che il trattamento con arsenico ad alta diluizione nei semi stressati e non stressati ha aumentato sia i livelli di complessità delle strutture cristalline sia il tasso di crescita dei germogli rispetto al trattamento con acqua, mettendo in luce una correlazione tra i due parametri e indicando che i trattamenti ad alta diluizione possono influire sul processo di cristallizzazione. Inoltre, in Betti *et al* (2017) è stato evidenziato, sullo stesso modello isopatico sopra descritto, che anche il numero di succussioni applicate dopo ogni fase di diluizione sembra influire sia sulle caratteristiche morfologiche delle strutture cristalline sia sul tasso di germinazione. I dati ottenuti hanno mostrato un aumento altamente significativo della complessità delle strutture cristalline e del tasso di germinazione per  $As_2O_3$  45DH quando il numero di succussioni era  $\geq 32$  rispetto al controllo negativo, confermando che il processo di succussione è fondamentale per l'efficacia dei trattamenti omeopatici. Tali risultati sono stati convalidati da Kokornaczyk *et al* (2020), che ha studiato l'impatto della

succussione su preparazioni omeopatiche a bassa potenza, mettendo in risalto differenze significative fra i campioni analizzati in termini di complessità delle strutture cristalline. Ancora, il DEM è stato applicato per caratterizzare da un punto di vista fenotipico i preparati omeopatici a bassa potenza di origine minerale, vegetale e animale, facendo evaporare singole gocce del trattamento omeopatico di per sé (Kokornaczyk *et al* 2019). I risultati hanno evidenziato un'ampia varietà di strutture cristalline: le preparazioni omeopatiche di origine minerale mostravano la più grande varietà di forme, mentre le potenze di origine vegetale creavano per lo più modelli dendritici. Infine Kokornaczyk *et al* (2023), applicando il DEM a preparazioni omeopatiche complesse a bassa potenza, ha studiato il contributo dei singoli componenti alla formazione dei modelli cristallini. I risultati preliminari evidenziano che tali rimedi non sono solo miscele additive dei componenti, ma sono ipotizzabili interazioni tra questi ultimi che porterebbero a nuove proprietà del complesso. La natura di tali interazioni deve tuttavia essere chiarita in ulteriori indagini.

Alla luce delle ricerche effettuate, il DEM potrebbe dunque rappresentare un nuovo strumento per testare gli effetti dei trattamenti a bassa e alta diluizione, trovando applicazione come strumento promettente per la caratterizzazione fenomenologica qualitativa dei preparati omeopatici e come modello sperimentale per indagare ulteriori argomenti di ricerca in questo campo (ad esempio il confronto di potenze rispetto a semplici diluizioni).

Il presente lavoro vuole fornire un ulteriore contributo all'ampliamento delle conoscenze dell'applicazione del DEM in ambito omeopatico, indagando alcuni effetti specifici legati al metodo di preparazione dei rimedi e, in particolare, l'impatto della fase di dinamizzazione rispetto alla sola diluizione e il confronto di diversi tipi di dinamizzazione. Nello specifico, lo scopo del presente progetto è quello di applicare la metodica DEM a preparazioni omeopatiche in scala centesimale per:

- i) valutare le proprietà formative delle preparazioni omeopatiche di bassa potenza, ponendo ad evaporare una singola goccia di una determinata potenza omeopatica tal quale, ovvero senza alcun pre-trattamento o aggiunta di reagenti
- ii) visualizzare attraverso la formazione di modelli di forma auto-organizzati eventuali differenze fra campioni potentizzati (diluiti e dinamizzati) e campioni solo diluiti
- iii) valutare l'impatto di diversi tipi di dinamizzazione (verticale e orizzontale secondo diverse direzioni spaziali).

## MATERIALI E METODI

La prima azione operativa del progetto ha previsto uno screening preliminare mediante DEM di dieci preparazioni di partenza selezionate sulla base della loro origine (vegetale, animale e minerale) e/o sulla loro capacità di esplicare molteplici effetti curativi (rimedi policrestri e non). Tale fase iniziale ha avuto lo scopo di studiare le proprietà formative delle preparazioni e individuare quella che avesse quantità sufficiente di materiale per l'osservazione microscopica e proprietà di auto-organizzazione tali da creare strutture cristalline sufficientemente complesse. Tali preparazioni sono state: *Arnica montana*, *Belladonna*, *Calendula*, *Carduus marianus*, *Hypericum perforatum*, *Nux vomica*, *Calcium iodatum*, *Magnesium sulphuricum*, *Natrium muriaticum*, *Apis mellifica* alla potenza 1CH (fornite dalla ditta Cemon srl, in soluzione idroalcolica 18%). La preparazione selezionata è stata poi utilizzata nei successivi esperimenti DEM per

- i) la valutazione degli effetti della potentizzazione vs la sola diluizione
  - ii) il confronto fra dinamizzazione verticale e orizzontale.
- A tale scopo, il protocollo applicato in questa fase ha previsto in sequenza:

- 1) la diluizione centesimale della sostanza selezionata (ottenimento della diluizione 100<sup>-2</sup>)
- 2) il prelievo dalla diluizione effettuata di gocce per l'analisi DEM del solo diluito
- 3) la successiva dinamizzazione dello stesso contenitore in cui è stata effettuata la diluizione (ottenimento della potenza 2CH)
- 4) il prelievo dalla potenza 2CH di gocce per l'analisi DEM del potentizzato.

La potenza 2CH è stata ottenuta a partire dalla potenza 1CH selezionata, mediante diluizione e successiva dinamizzazione, condotta manualmente con 100 colpi su un supporto piano a una frequenza di 1 colpo al secondo, utilizzando contenitori cilindrici da 30 ml riempiti per 2/3. La dinamizzazione è consistita in un movimento o dall'alto verso il basso secondo l'asse terrestre (dinamizzazione verticale), oppure da sinistra verso destra e viceversa secondo le direzioni spaziali Nord-Sud o Est-Ovest (dinamizzazione orizzontale, parallela al piano dell'orizzonte). Durante la dinamizzazione verticale, i cilindri sono stati mantenuti nella posizione eretta e agitati dall'alto verso il basso con colpi su un supporto rigido ma tale da attutire il colpo e non rompere il contenitore; durante la dinamizzazione orizzontale, invece, i contenitori sono stati ruotati di 90°, posti in posizione orizzontale e agitati con colpi "avanti-indietro". I corrispondenti campioni di controllo sono stati

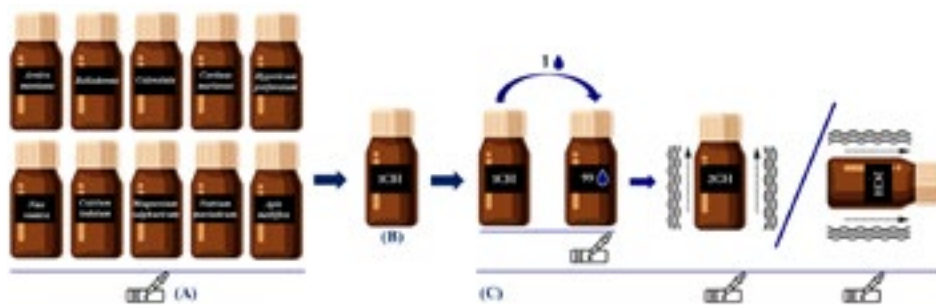


Figura 1. Schema operativo. A: screening preliminare (protocollo DEM); B: potenza selezionata; C: valutazione degli effetti della potentizzazione vs. la sola diluizione e confronto fra dinamizzazione verticale e orizzontale (protocollo DEM).

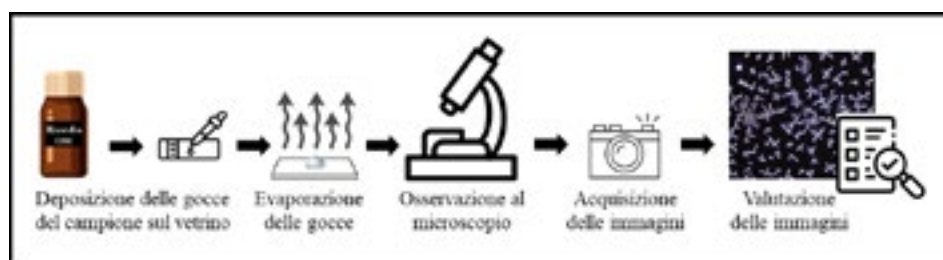


Figura 2. Schema del protocollo DEM.

solo diluiti e non dinamizzati. Le fasi operative del progetto sono mostrate schematicamente in Figura 1.

Il protocollo DEM ha previsto la deposizione delle gocce su vetrini da osservazione prima e dopo dinamizzazione (10 gocce/vetrino, 3 vetrini, per un totale di 30 gocce/campione). I vetrini sono stati posti per 2h in termostato in condizioni controllate ( $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ) per permettere l'evaporazione delle gocce. Al termine del processo, i residui essiccati sono stati osservati al microscopio ottico a campo oscuro e fotografati. Le immagini così ottenute sono state analizzate mediante un software dedicato e i dati ottenuti sono stati sottoposti ad analisi statistica (test t di Student) (Figura 2).

I parametri considerati sono stati la dimensione frattale espressa come *local connected fractal dimension* (LCFD) e la tessitura delle immagini espressa come *lacunarity* (LAC). La LCFD esprime il grado di complessità dell'oggetto frattale, assegnando un valore numerico che va da 0 a 2 al crescere di tale parametro. La LAC rappresenta una misura della trama visiva delle im-

magini ed esprime il grado di omogeneità in un'immagine: bassa lacunarietà implica omogeneità e presenza di spazi vuoti (lacune) di dimensioni simili, mentre elevata lacunarietà implica eterogeneità e presenza di molte lacune di dimensioni diverse.

## RISULTATI

Osservando nel loro complesso i *patterns* morfologici ottenuti dallo screening preliminare, è possibile affermare che, in generale, i diversi preparati sono caratterizzati da motivi di forma specifici in funzione dell'origine. In particolare,

i preparati vegetali presentano in maniera più o meno concentrata cristalli piccoli, singoli e diffusi per tutta l'area del residuo; i preparati minerali mostrano *patterns* riconoscibili e tipici per ciascuna sostanza, mentre il preparato animale non ha evidenziato alcuna struttura cristallina. Inoltre, i preparati vegetali sembrano contenere meno sostanza cristallizzabile rispetto a quelli minerali. Infine, le immagini che derivano dai residui minerali presentano una struttura più complessa e sono esteticamente più suggestive rispetto a quelle derivanti dalle sostanze vegetali. In Figura 3 sono riportate alcune immagini rappresentative per ciascun gruppo di preparazioni omeopatiche in funzione dell'origine.

Sulla base delle immagini ottenute dallo screening preliminare, per il prosieguo della ricerca è stato selezionato *Natrium muriaticum* (*Nat-m.*), in quanto è risultato il preparato

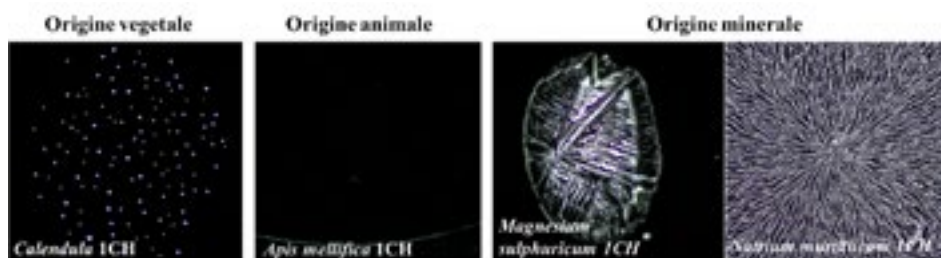


Figura 3. Immagini cristalline rappresentative per i preparati di origine vegetale, animale e minerale.

con la maggior quantità di materiale e una elevata capacità di auto-organizzazione nel formare strutture cristalline caratterizzate da un *pattern* riconoscibile. *Nat-m*. 1CH è stato, dunque, diluito e dinamizzato per ottenere la potenza 2CH al fine di valutare l'impatto della fase di dinamizzazione rispetto alla sola diluizione e confrontare i diversi tipi di dinamizzazione.

I risultati relativi alla dinamizzazione verticale sono mostrati in Figura 4. L'istogramma mostra che la dinamizzazione verticale ha indotto un aumento altamente significativo della complessità frattale, accompagnato da una diminuzione altrettanto significativa della disomogeneità rispetto a *Nat-m*. solo diluito (rappresentato dalla linea blu posta a 100). Questi risultati, come si osserva dalle immagini del potentizzato di Figura 4, si traducono in strutture cristalline più ampie, complesse e al contempo più omogenee, ordinate e armoniose. Tale percezione estetica può essere correlata al maggior grado di simmetria presente nelle strutture cristalline del potentizzato, come si nota in particolare nell'immagine in alto che mostra una netta simmetria pentaraggiata.

I risultati relativi alla dinamizzazione orizzontale - direzione Nord-Sud (Figura 5) evidenziano, al contrario di quanto osservato per la dinamizzazione verticale, una significativa diminuzione della complessità frattale rispetto al solo diluito, indicando in questo caso la presenza di un *pattern* morfologico meno complesso, costituito da cristalli meno connessi fra loro e dall'aspetto puntiforme. Nessuna differenza significativa fra il diluito e il potentizzato è

stata riscontrata per il parametro della disomogeneità.

Infine, anche nel caso della dinamizzazione orizzontale - direzione Est-Ovest (Figura 6) i risultati sono opposti rispetto a quanto osservato nel caso della dinamizzazione verticale; in particolare, si è osservato nel potentizzato un aumento significativo della disomogeneità di struttura, indicando la formazione di strutture cristalline puntiformi, sconnesse fra loro, più frammentate e, quindi, meno ordinate e armoniose, caratterizzate dalla presenza di numerosi spazi vuoti di diversa estensione.

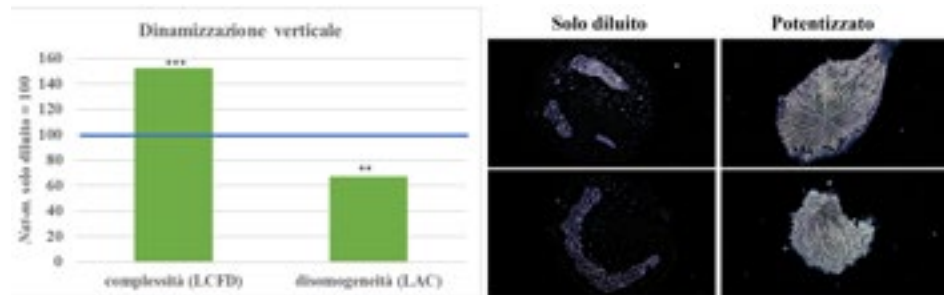


Figura 4. Nell'istogramma sono riportati i valori di LCDFD e LAC di *Nat-m*. 2CH (dinamizzazione verticale) rispetto a *Nat-m*. solo diluito posto a 100; \*\*\*  $p < 0.001$ , \*\*  $p < 0.01$ ; a destra, sono mostrate due immagini rappresentative delle strutture cristalline per *Nat-m*. solo diluito e *Nat-m*. potentizzato.

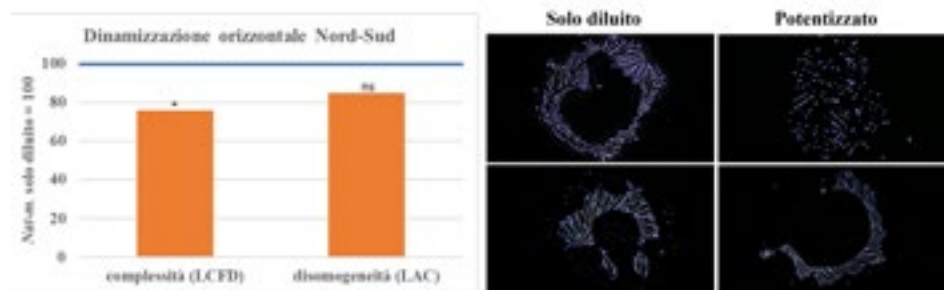


Figura 5. Nell'istogramma sono riportati i valori di LCDFD e LAC di *Nat-m*. 2CH (dinamizzazione orizzontale Nord-Sud) rispetto a *Nat-m*. solo diluito posto a 100; \*  $p < 0.05$ , ns = non significativo; a destra, sono mostrate due immagini rappresentative delle strutture cristalline per *Nat-m*. solo diluito e *Nat-m*. potentizzato.

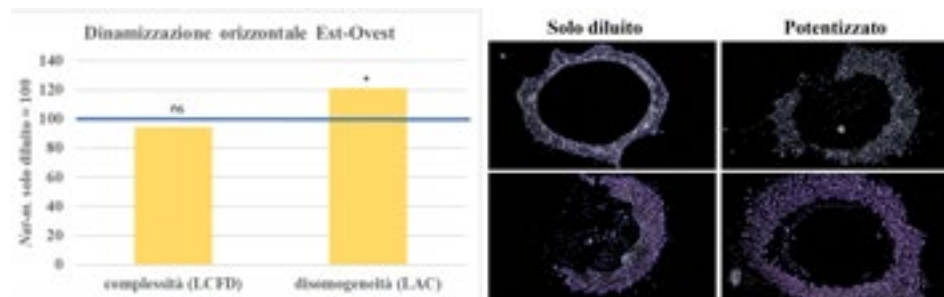
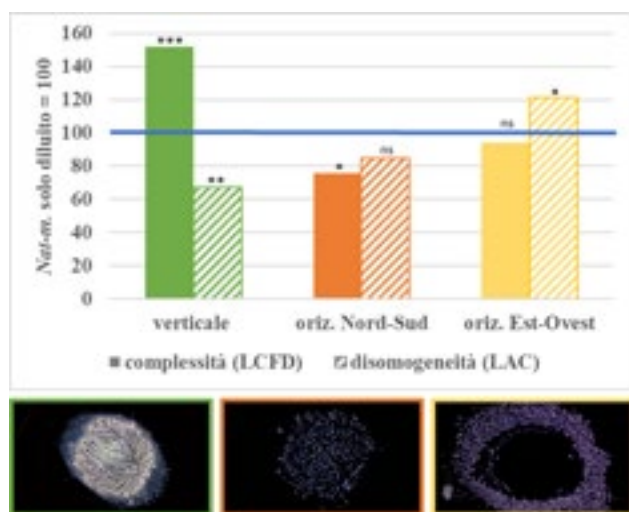


Figura 6. Nell'istogramma sono riportati i valori di LCDFD e LAC di *Nat-m*. 2CH (dinamizzazione orizzontale Est-Ovest) rispetto a *Nat-m*. solo diluito posto a 100; \*  $p < 0.05$ , ns = non significativo; a destra, sono mostrate due immagini rappresentative delle strutture cristalline per *Nat-m*. solo diluito e *Nat-m*. potentizzato.

Riunendo i dati in un unico istogramma (Figura 7), i risultati mettono in evidenza che il processo di dinamizzazione sia verticale che orizzontale ha un effetto significativo rispetto alla sola diluizione; in particolare, il movimento verticale causa un significativo aumento della dimensione frattale rispetto sia al solo diluito, sia alla tecnica orizzontale. Questo effetto si traduce qualitativamente in cristalli più sviluppati, ampi, complessi e con maggiori ramificazioni ad andamento dendritico-frattale. Tale comportamento può essere interpretato come un aumento della capacità auto-organizzativa della materia contenuta nella goccia. Al contrario, nel caso della dinamizzazione orizzontale i risultati ottenuti indicano che essa induce l'effetto opposto ovvero una diminuzione della dimensione frattale con l'ottenimento di strutture più semplici e meno complesse, più compatte, meno ramificate e meno connesse fra loro. L'aumento di complessità frattale indotto dalla tecnica verticale si accompagna inoltre a una diminuzione di disomogeneità, indicando una maggiore similarità e omogeneità fra gli spazi vuoti presenti nelle strutture. Questo si traduce in una maggiore armonia complessiva del disegno cristallino e una maggiore simmetria di forma (bilaterale e/o radiale). Nel caso della dinamizzazione orizzontale, la diminuzione di complessità, significativa solo nel caso di agitazione Nord-Sud, è corrispondente a un aumento di disomogeneità, significativo solo quando la direzione di agitazione è Est-Ovest. La comprensione e l'interpretazione di quest'ultimo risultato richiede ulteriori indagini per poter trarre conclusioni accurate. Le immagini



**Figura 7.** Nell'istogramma sono riportati i valori di LCDF e LAC di *Nat-m. 2CH* (dinamizzazione verticale, orizzontale Nord-Sud e Est-Ovest) rispetto a *Nat-m.* solo diluito posto a 100; \*\*\*  $p < 0.001$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.05$ , ns = non significativo; in basso sono mostrate tre immagini rappresentative delle strutture cristalline di *Nat-m.* potenziato mediante dinamizzazione verticale (sinistra), orizzontale Nord-Sud (centro) e Est-Ovest (destra).

riportate sotto al grafico in Figura 7 sono rappresentative dell'effetto del tipo di dinamizzazione e mettono in risalto le differenze morfologiche fra i *patterns* ottenuti.

## DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I risultati ottenuti permettono di stabilire che il DEM può essere considerato idoneo per la caratterizzazione dei preparati omeopatici, riuscendo a distinguere su base morfologica sia sostanze di origine diversa, sia effetti relativi alla procedura di preparazione. Per quanto riguarda la caratterizzazione morfologica, le preparazioni omeopatiche di origine minerale mostravano la più grande varietà di forme (dendritiche, poligonali, bastoncellari), confermando quanto già osservato da Kokornaczyk *et al* (2019); inoltre esse presentavano il maggior contenuto di sostanza cristallizzabile, dato prevedibile in quanto il materiale che cristallizza più facilmente è costituito proprio dai sali minerali. Inoltre, l'effetto significativo della dinamizzazione sulla modalità di cristallizzazione di *Nat-m. 2CH* rispetto alla stessa soluzione non dinamizzata rappresenta un'ulteriore evidenza a supporto dell'ipotesi secondo cui il processo di agitazione di un liquido può modificare le sue caratteristiche chimico-fisiche rispetto allo stesso liquido non agitato. È stato infatti già evidenziato (Gudkov *et al*, 2020) che l'esposizione dell'acqua a uno stress meccanico è un processo fisico complesso che porta a cambiamenti delle proprietà chimico-fisiche (saturazione con i gas atmosferici, diminuzione dell'ossigeno molecolare e di anidride carbonica, aumento di perossido di idrogeno e radicali dell'ossigeno all'aumento della frequenza della vibrazione meccanica, generazione di ROS). Il diverso *pattern* cristallino caratteristico del preparato potenziato è stato osservato sia con la dinamizzazione verticale che con quella orizzontale, ottenendo un effetto significativo ma opposto (aumento e diminuzione, rispettivamente) rispetto al solo diluito. In particolare, con il movimento verticale i cristalli formati presentavano una maggior compattezza di forma ed erano caratterizzati da una maggior complessità, omogeneità e simmetria. Al contrario con il movimento orizzontale le strutture erano caratterizzate da una maggior frammentazione e una minore complessità e omogeneità. Sembra dunque che la direzione dell'agitazione (verticale od orizzontale) influisca sul movimento del fluido all'interno del contenitore: da un'osservazione visiva del moto del fluido durante la dinamizzazione (da parte del Responsabile scientifico del progetto) appare che la succussione verticale induce un movimento rotatorio del fluido all'interno del contenitore (senza però

formare un vortice ben definito), mentre il movimento orizzontale imprime un moto più caotico e disordinato. Tale differenza di moto potrebbe influire sulle caratteristiche chimico-fisiche della soluzione dopo la dinamizzazione. Un altro fattore da considerare è l'ampiezza della superficie del fluido a contatto con l'aria contenuta nel contenitore durante il movimento agitato. A parità di rapporto volume fluido/contenitore, la superficie del liquido a contatto con l'aria è maggiore nella posizione orizzontale rispetto a quella verticale. Questo parametro potrebbe aver influito diversamente sulle caratteristiche chimico-fisiche del liquido dopo la dinamizzazione verticale od orizzontale. Diversi studi hanno già evidenziato gli effetti correlati al volume del contenitore: diminuendo tale volume si è osservato un corrispondente aumento di conducibilità e di calore di miscelazione (Belon *et al* 2008; Elia *et al* 2006, 2024; Tournier *et al* 2021).

In conclusione, è possibile confermare che la dinamizzazione rappresenta un passaggio fondamentale nell'induzione degli effetti del trattamento omeopatico. I risultati ottenuti nel presente lavoro potranno avere ricadute pratiche per le aziende farmaceutiche produttrici di medicinali omeopatici che avranno la possibilità ottimizzare la fase di dinamizzazione utilizzando la tecnica che implementa maggiormente la formazione di strutture cristalline più armoniose e complesse, già in precedenza correlate a una maggiore efficacia del trattamento stesso (Kokornaczyk *et al* 2014). La ricerca qui riportata si è focalizzata sul processo di dinamizzazione per succussione; sarebbe interessante ampliare l'indagine valutando anche altri sistemi di dinamizzazione quali la vorticazione e il movimento a lemniscata. Infine, la conferma che la fase di dinamizzazione induce modificazioni nell'auto-organizzazione della materia rispetto al controllo non dinamizzato potrebbe avere ricadute anche nell'ambito della progettazione e utilizzazione di apparecchiature dinamizzanti ad uso privato per il miglioramento della qualità dell'acqua potabile, supportando l'idea che l'acqua dinamizzata possa essere qualitativamente diversa da quella non dinamizzata.

In una prospettiva futura l'approccio morfologico basato sul DEM, finora impiegato solo per le basse potenze omeopatiche, potrebbe costituire un promettente campo d'indagine per lo sviluppo di un protocollo DEM applicabile anche alle alte diluizioni in forma liquida o solida al fine di valutarne i potenziali effetti.

## RINGRAZIAMENTI

Questo lavoro fa parte del progetto di ricerca dal titolo "Caratterizzazione morfologica delle preparazioni omeopatiche a bassa potenza mediante la formazione di pattern indotti dalla transizione di fase: effetti del tipo di dinamizzazione", finanziato dal contributo di F.I.A.M.O. nell'ambito del BANDO FIAMO 2023 per il conferimento di un assegno di ricerca a tantum per progetti innovativi di ricerca nell'ambito della medicina omeopatica.

Gli Autori desiderano ringraziare la F.I.A.M.O. per aver finanziato il presente lavoro, il Dott. Pindaro Mattoli per i preziosi consigli nella scelta dei preparati per lo screening preliminare e la Dott.ssa Renata Calieri per l'interesse mostrato per l'argomento di ricerca e lo stimolo a pubblicare i risultati; un sentito ringraziamento va anche alla Ce.M.O.N. srl per avere fornito i preparati omeopatici e, in particolare, al Dott. Giuseppe Spinelli per il supporto tecnico.

## BIBLIOGRAFIA

- BELON P, ELIA V, ELIA L, MONTANINO M, NAPOLI E, NICCOLI M. 2008 *Conductometric and calorimetric studies of the serially diluted and agitated solutions. On the combined anomalous effect of time and volume parameters.* JTherm Anal Calorim 93: 459-469.
- BETTI L, TREBBI G, KOKORNACZYK MO, NANI D, PERUZZI M, DINELLI G, BELLAVIDE P, BRIZZI M. 2017 *Number of succussion strokes affects effectiveness of ultra-high-diluted arsenic on in vitro wheat germination and polycrystalline structures obtained by droplet evaporation method.* Homeopathy 106: 47-54.
- DE RUBERTIS, 2012. *Analisi morfologica* <https://www.teknoring.com/wikitecnica/rappresentazione-e-media/morfologica-analisi/> ultimo accesso: 07/10/2025.
- ELIA V, ELIA L, NAPOLI E, NICCOLI M. 2006 *Conductometric and calorimetric studies of serially diluted and agitated solutions: the dependence of intensive parameters on volume.* Int J Ecodyn 1: 361-372.
- ELIA V, NAPOLI E, GERMANO G, OLIVA R, NAVIGLIO D, LONGO A, PALOMBA M, VECCHIONE R. 2024 *New physicochemical properties of water. Experimental study of physicochemical changes in pure water by iterative flowing procedure induced by peristaltic pump apparatus.* Water 14: 11-34. DOI: 10.14294/WATER.2024.2
- GUDKOV S, PENKOV N, BAIMLER I, LYAKHOV G, PUSTOVOY V, SIMAKIN A, SARIMOV R, SCHERBAKOV I. 2020 *Effect of mechanical shaking on the physicochemical properties of aqueous solutions.* Int J Mol Sci 21: 8033. DOI: 10.3390/ijms21218033
- KOKORNACZYK MO, DINELLI G, MAROTTI I, BENEDETTELLI S, NANI D, BETTI L. 2011 *Self-organized crystallization patterns from evaporating droplets of common wheat grain leakages as a potential tool for quality analysis.* Sci World J 11:1712-1725.
- KOKORNACZYK MO, TREBBI G, BETTI L, DINELLI G, MAROTTI I, BREGOLA V, NANI D, BORGHINI F AND BETTI L. 2014 *Droplet evaporation method as a new potential approach for highlighting the effectiveness of ultra-high dilutions.* Complement Ther Med 22: 333-340.
- KOKORNACZYK MO, WÜRTEMBERGER S, BAUMGARTNER S. 2019 *Phenomenological characterization of low-potency homeopathic preparations by means of pattern formation in evaporating droplets.* Homeopathy 108(2):108-120. DOI: 10.1055/s-0038-1676325
- KOKORNACZYK MO, WÜRTEMBERGER S, BAUMGARTNER S. 2020 *Impact of succussion on pharmaceutical preparations analyzed by means of patterns from evaporated droplets.* Sci Rep. 2020 10(1): 570. DOI: 10.1038/s41598-019-57009-2
- KOKORNACZYK MO, WÜRTEMBERGER S, BAUMGARTNER S. 2023 *Self-assembled patterns formed in evaporating droplets to analyze bi-component homeopathic preparations in the low dilution range.* Homeopathy. DOI: 10.1055/s-0042-1759543
- PLOTNICK R, GARDNER R, HARGROVE W, PRESTEGAARD K, PERLMUTTER M. 1996 *Lacunarity analysis: A general technique for the analysis of spatial patterns.* Phys Rev E 53: 5461-5468. DOI: 10.1103/PhysRevE.53.5461
- SMITH TG, LANGE GD, MARKS WB. 1996 *Fractal methods and results in cellular morphology — dimensions, lacunarity and multifractals.* J Neurosci Methods 69(2): 123-136. DOI: 10.1016/S0165-0270(96)00080
- TOURNIER A, KLEIN S, WÜRTEMBERGER S, WOLF U, BAUMGARTNER S. 2019 *Physicochemical investigations of homeopathic preparations: a systematic review and bibliometric analysis — Part 2.* J Altern Complement Med 25 (9): 890-901. DOI: 10.1089/acm.2019.0064
- TOURNIER A, WÜRTEMBERGER S, KLEIN S, BAUMGARTNER S. 2021 *Physicochemical investigations of homeopathic preparations: a systematic review and bibliometric analysis — Part 3.* J Altern Complement Med 27 (1): 45-57. DOI: 10.1089/acm.2020.0243