



Nuovi prodotti per la conservazione dei beni culturali

*Dal 2015 in Enea, nel centro della Casaccia, un gruppo interdisciplinare di ricercatori del Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali e del Dipartimento Fusione e Sicurezza Nucleare svolge attività di ricerca su prodotti di specie vegetali multifunzionali per la conservazione dei beni culturali. Si tratta dell'*Opuntia ficus-indica*, dalle cui pale si estrae una mucillagine che mescolata nell'impasto di preparazione delle malte le rende più durevoli nel tempo, e il *Capsicum* da cui si estraggono alcaloidi che hanno proprietà antimicrobiche e antimicotiche.*

DOI 10.12910/EAI2022-022

di Chiara Alisi, Laboratorio di Osservazioni e Misure per l'ambiente e il clima, Loretta Bacchetta, Laboratorio Bioprodotti e Bioprocessi - ENEA, Fernanda Falcon, Funzionario Restauratore, Sovrintendenza città dell'Aquila

Dal 2015, nel centro ENEA della Casaccia, un gruppo interdisciplinare di ricercatori del Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali affiancato da due fisici del Dipartimento Fusione e tecnologie per la Sicurezza Nucleare svolge atti-

vità di ricerca su prodotti di specie vegetali multifunzionali per la conservazione dei beni culturali. Le specie vegetali prese in considerazione sono: l'*Opuntia ficus-indica*, dalle cui pale si estrae una mucillagine che mescolata nell'impasto di preparazione delle malte le rende più durevoli nel tempo,

e il *Capsicum* da cui si estraggono alcaloidi che hanno proprietà antimicrobiche e antimicotiche. Delle proprietà, dei metodi estrattivi, delle caratteristiche e del trasferimento al settore del restauro italiano si è ampiamente parlato nel libro "*Opuntia ficus-indica e Capsicum spp: prodotti sostenibili per*

*i beni culturali - Il progetto bilaterale Italia-Messico (2014-2020)*¹, pubblicato dall'Enea nel 2021. Il volume riassume l'attività svolta nell'ambito della collaborazione bilaterale tra l'ENEA e El Colegio de Michoacán, Istituto di ricerca messicano, nell'ambito di Progetti di collaborazione bilaterale e di Progetti Grande Rilevanza promossi e cofinanziati dal Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale. Su tale testo e sulle pubblicazioni in esso indicate sono riportati tutti i risultati delle indagini svolte scopo di questo lavoro è sottolineare alcuni aspetti dell'attività di ricerca e documentare con una tabella aggiornata tutti gli interventi di restauro in cui sono stati applicati i bioprodotto NopalGel e NopalCap.

Il progetto è nato con l'intento di dare scientificità a quella che in Messico, già dal periodo preispanico, era un'applicazione empirica consistente nell'aggiunta della mucillagine estratta dai cladodi del fico d'india alla malta nella fase di mescolamento della calce con l'inerte. Tale preparazione veniva utilizzata per le malte di supporto dei dipinti murali, una delle forme d'arte più importanti della produzione artistica dei nativi messicani, che sono arrivate ai giorni nostri quasi inalterate. Oltre alla verifica sperimentale, il nostro intento è stato quello di trasferire questa applicazione al settore della conservazione italiano. La preparazione dei prodotti NopalGel e NopalCap come additivi nelle malte è brevemente descritta nelle fasi riportate in figura.

Analisi chimiche fisiche per uno scale-up industriale del processo

Analisi chimiche fisiche sono state realizzate per monitorare le rese e le caratteristiche dei diversi estratti anche ai fini di uno scale-up industriale del processo per lo sviluppo di un preparato che fosse di facile uso per i restauratori e gli operatori del settore [1].

Un obiettivo specifico dell'attività di ricerca è stato **individuare uno o più parametri in grado di misurare la durabilità nel tempo delle malte aeree**. Poiché tale proprietà risente di molte variabili, dalla tecnica di preparazione del materiale alla qualità e quantità dei prodotti di partenza, alle condizioni espositive e ai precedenti restauri, non esiste un parametro che sia in grado di misurarne la durabilità nel tempo. Si ricorre in questi casi a misure indirette legate ad alcune proprietà chimiche o fisiche del materiale in esame, la malta nel nostro caso, e a valutazioni effettuate in senso comparativo tra un campione e l'altro.

Il parametro misurato sui campioni preparati ad hoc è stata la **velocità di propagazione delle onde ultrasonore**, in quanto la velocità con cui tali onde attraversano un corpo dipende dalle sue caratteristiche elastiche e dalla sua densità. Fessurazioni, disomogeneità e vuoti riducono la velocità di propagazione del suono; la presenza della mucillagine nell'impasto di calce porta invece alla formazione di una struttura più ordinata, con meno vuoti; ciò è

stato misurato in senso comparativo tra campioni senza additivo vegetale e campioni con diverse concertazioni di mucillagine [2]. Questo effetto è dovuto sia alla presenza dei polisaccaridi che trattenendo l'acqua rallentano il tempo di presa della malta, sia alla presenza degli acidi galatturonici che si legano in una struttura ordinata con gli ioni calcio presenti nell'impasto di calce, inerte e acqua [3]. Nei campioni di malta aerea preparati con diverse concentrazioni di NopalGel e sottoposti a diversi cicli di invecchiamento per umidità e temperatura, si è misurato un aumento della velocità ultrasonora nelle percentuali comprese tra 1,25 e 5 % p/v. Tale risultato, verificato anche con il confronto con il test a compressione ci porta a dire che **la mucillagine rende più resistente la malta** [4].

L'efficacia del NopalCap come additivo nelle malte è stata ampiamente studiata nel lavoro di tesi di Sofia Schiattone e Natalie Iacopino [5] su provini prima e dopo processi di invecchiamento e di degrado artificiale, con misure di angolo di contatto,

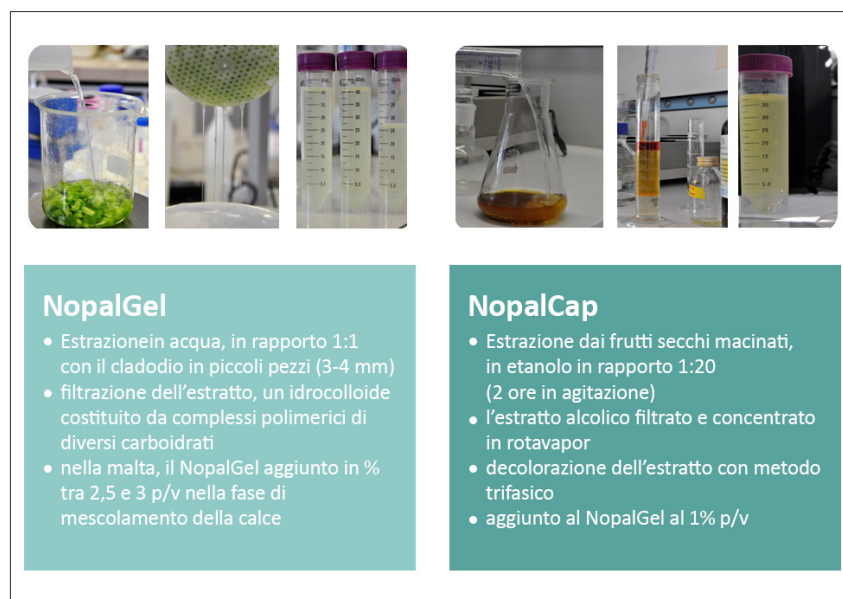


Fig. 1 Preparazione dei prodotti NopalGel e NopalCap a partire dai cladodi di Opuntia e dai frutti di Capsicum.

Tab. 1 Elenco di casi studio di interventi di restauro in situ effettuati durante i due progetti di Cooperazione bilaterale Italia Messico.

TIPO DI MANUFATTO	INTERVENTO	LUOGO	PRODOTTO	ESECUTORI	PERIODO
Mosaico a Ciottoli In esterno	Ripristino di stuccatura interstiziali del mosaico a ciottoli; Stuccatura in area depressa del manto musivo con probabilità di generare attacco biologico	Area archeologica di Mozia, Sicilia	NOPALGEL + Nhl e inerti; NOPALCAP + Nhl e inerti	ATI di Alessandra De Natale e Francesca Romagnoli	Ottobre 2020
Intonaco affrescato In interno	Consolidamento intonaco decoeso, circa 20 applicazioni per atomizzazione	Chiesa di San Costanzo Ronciglione (VT)	NOPALGEL + acqua di calce e 5g/lit urea;	Fernanda Falcon, Francesca Scirpa e Chiara Giuffrida	Aprile 2014
Pietra scolpita in esterno	Micro stuccatura superficie lapidea degradata per attacco biologico aggressivo	Chiesa di San Pietro a Coppito(AQ)	NOPALCAP + grassello calce e inerti ;	“Scimia Arte e Costruzioni SRL” e Fernanda Falcon	Marzo 2018
Intonaco , In interno	Ripristino intonaci	Battistero di Santa Severa (RM)	NOPALCAP + grassello calce e inerti	Consorzio Le Arti-Antonella Amoruso	2020
Muro di epoca romana In esterno	Superficie degradata per attacco biologico (biofilm di microorganismi, licheni e muschio)	Ambasciata USA- Roma	NopalCap come inibitore della crescita di biofilm complessi	Valeria Brunori	2019-2020
Dipinto su tela In interno	Stuccatura in fase di restauro Test sulle proprietà consolidanti sulla preparazione	Galleria Nazionale Arte Moderna (RM)	NOPALGEL + Colla storione e carbonato di calcio	Stefania D’Ottavio - TESI	2017
Pietra scolpita In esterno	Ripristino malta di stuccatura disgregata per esposizione agenti esterni	Conservatorio di Musica San Pietro a Majella, Napoli	NOPALCAP + Nhl e inerti	Lorenza Cardone - TESI	2019
Pavimento in opus sectile, In esterno Pietra di Lecce, In esterno	Ripristino di stuccature interstiziali del mosaico	Sito archeologico di Poggio Moscini, Bolsena (VT)	NOPALCAP + Nhl e inerti	Ilaria Cavaterra e Alessia Fusco- TESI	2019
Pietra di Lecce, In esterno	Stuccatura superficie lapidea degradata	Chiesa di San Giovanni Battista, Matera	NOPALCAP + grassello calce e inerti, NOPALCAP + Nhl e inerti	Natalie Iacopino Sofia Schiattone- TESI	2021

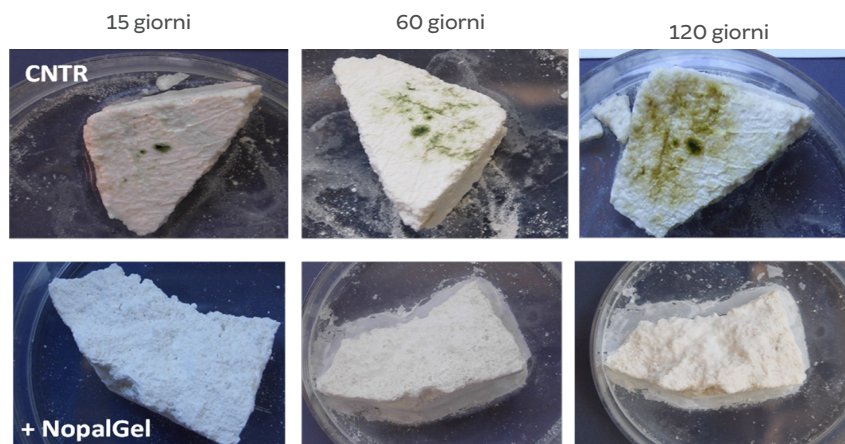


Fig. 2 Malta aerea di controllo e addizionata con Nopalgel

assorbimento d'acqua per risalita capillare, assorbimento d'acqua tramite spugnetta di contatto, indagini colorimetriche, drilling test e analisi di biorecettività.

Un altro obiettivo della ricerca è stato quello di verificare che l'aggiunta nelle malte di una miscela di sostanze organiche, principalmente polisaccaridi, non desse luogo alla proliferazione di microrganismi con

possibili effetti negativi per le opere d'arte. Si è valutata la biorecettività sui provini di materiali realizzati (malte aeree ed idrauliche [2]) o trattati (carte moderne ed antiche [6]) con i prodotti NopalGel e NopalCap: i risultati ottenuti hanno indicato un effetto inibente sulla naturale biorecettività dei materiali trattati. Grazie a questi risultati ottenuti su campioni di laboratorio, si è potuto procedere

ad applicare i prodotti negli interventi di restauro reali i cui principali sono elencati in tabella 1.

Tutti i casi riportati nella tabella 1 sono oggetto di un monitoraggio a lungo termine che ancora oggi dimostra l'efficacia e la validità degli interventi effettuati.

Oltre ai risultati scientifici ottenuti, la cooperazione Messico Italia ha contribuito a migliorare l'uso di risorse biologiche di interesse sia culturale che economico per i due Paesi, arricchendo il repertorio di prodotti per il restauro dei beni culturali, con materiali più rispettosi della salute dei restauratori, efficienti e allo stesso tempo a basso impatto ambientale. Inoltre, il riuso in Italia di scarti di potatura come le pale del fico d'india da cui estrarre al mucillagine, ha aiutato a minimizzare rifiuti della filiera, creando nuove opportunità per il territorio nell'ottica dei principi dello sviluppo sostenibile e dell'economia circolare.

Per info: chiara.alisi@enea.it

BIBLIOGRAFIA

1. <https://www.pubblicazioni.enea.it/le-pubblicazioni-enea/edizioni-enea/anno-2021/da-opuntia-ficus-indica-e-capsicum-spp-prodotti-sostenibili-per-i-beni-culturali-il-programma-bilaterale-italia-messico-2014-2020.html>.
2. Alisi, C.; Bacchetta, L.; Bojorquez, E.; Falconieri, M.; Gagliardi, S.; Insaurralde, M.; Martinez, M.F.F.; Orozco, A.M.; Persia, F.; Sprocati, A.R.; et al. Mucilages from Different Plant Species Affect the characteristics of Bio-Mortars for Restoration. *Coatings* 2021, 11, 75. <https://doi.org/10.3390/coatings11010075>
3. Grant, G.T.; Morris, E.R.; Rees, D.A.; Smith, P.J.C.; Thom, D. Biological interactions between polysaccharides and divalent cations: The egg-box model. *FEBS Lett.* 1973, 32, 195–198
4. Persia, F.; Alisi, C.; Bacchetta, L.; Bojorquez, E.; Colantonio, C.; Falconieri, M.; Insaurralde, M.; Meza Orozco, A.; Sprocati, A.R.; Tati, A. Nopal as organic additive for bio-compatible and eco-sustainable lime mortars. *Proceedings VII International Conference "Diagnosis, Conservation and Valorization of Cultural Heritage, 2016, 245-251, ISBN: 978-88-942118-0-1*
5. Schiattone, S. e Iacopino, N. Tesi di Laurea dal titolo "Il restauro del portale lapideo della Chiesa di San Giovanni Battista: Le biotecnologie per la conservazione" Istituto Centrale per il Restauro. AA 2019-2020
6. P. Prudentino, C. Alisi, G. Pasquariello, L. Bacchetta, A.R. Sprocati, A. Meza-Orozco, F. Persia (2018) Application of a natural plant product as consolidant for paper heritage. In: *Cultural Heritage Conservation Science, 6th International Conference: YOCOCU, Youth in Conservation of Cultural Heritage, Matera (Italy), May 22-26 2018.*