SAPER(e) CONSUMARE





RELAZIONE FINALE

Progetto "Essere sostenibile per essere alla moda"

Questo progetto si inserisce all'interno delle aree tematiche "Consumo sostenibile" e "Diritti dei Consumatori" del Concorso Saper(e)Consumare e del PTOF 2025/26 con lo scopo di poter realizzare tessuti sostenibili, con tecnologie a basso impatto ambientale, a partire dagli scarti dell'industria agro-alimentare del territorio, utilizzando batteri acetici in grado di produrre cellulosa. Considerando che la Puglia è una delle regioni italiane di maggior rilievo nel settore agricolo, gli scarti alimentari che ne derivano possono trasformarsi in byproduct da poter valorizzare nell'industria tessile.

Nella prima fase del progetto gli studenti del biennio e triennio dell'indirizzo di Biotecnologie ambientali e sanitarie sono stati indotti alla riflessione, mediante la compilazione di un questionario sulle loro abitudini di consumo, e formati con la visione di filmati, di documentari e la lettura di articoli accademici, sulle ripercussioni che lo spreco di indumenti e di cibo hanno sulla nostra salute e sull'ambiente; l'importanza di orientarsi verso tessuti biodegradabili che non rilasciano microplastiche durante i lavaggi per preservare i corsi d'acqua e i mari; l'importanza delle loro azioni verso la sostenibilità. Successivamente, si è passati a una fase attiva che ha coinvolto tutti gli studenti nell'analisi delle etichette dei capi che indossano al fine di rendere i cittadini dei consumatori consapevoli come previsto dall'articolo 4 del Codice del Consumo, entrato in vigore nel 2005 (DL 6 settembre 2005, n. 206). L'analisi delle etichette degli abiti indossati dagli studenti gli ha permesso di apprendere la differenza tra fibre naturali, sintetiche ed artificiali e l'impatto ambientale di ciascuna. Le fibre sintetiche e artificiali, infatti, sono spesso confuse dai consumatori, e anche gli studenti, inizialmente, pensavo che si trattasse di sinonimi. Inoltre, hanno scoperto che le fibre naturali hanno un notevole impatto ambientale contrariamente alle loro convinzioni iniziali. Per orientare gli studenti verso l'acquisto di tessuti sostenibili e produzioni a basso impatto ambientale si

è proceduto a una prima fase laboratoriale che ha previsto il campionamento delle acque di scarico della lavatrice, la filtrazione e l'analisi al microscopio e stereomicroscopio del filtrato per osservare la notevole quantità di microplastiche rilasciate da fibre sintetiche come poliestere, nylon, acrilico, elastan, pile, nelle fasi di lavaggio e asciugatura, che dipende anche dalla temperatura di lavaggio e dal numero di giri della centrifuga.



Figura 1. Filtrazione ed osservazione al microscopio

Terminata questa prima parte, gli studenti sono entrati nel vivo della fase laboratoriale allo scopo di produrre cellulosa da batteri e non, come si fa tradizionalmente, dalla polpa estratta dal legno di alberi come faggio, eucalipto, pino e bambù. A tal fine, hanno prima isolato dal kombucha non pastorizzato, acquistato presso un negozio bio, i batteri acetici del genere *Komagataeibacter* utilizzando il terreno coltura descritto da Hestrin-Schramm (HS). Hanno testato la capacità dei batteri isolati di produrre cellulosa mediante il test dell'idrogel che consiste nell'inoculare i batteri in HS liquido e incubare a 30 °C per 24 ore. La formazione di uno strato gelatinoso in superficie indica la produzione di cellulosa.

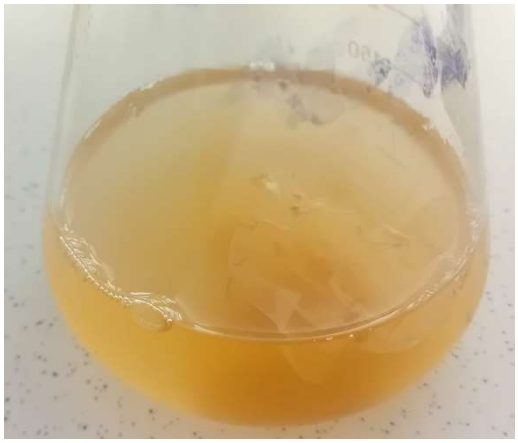
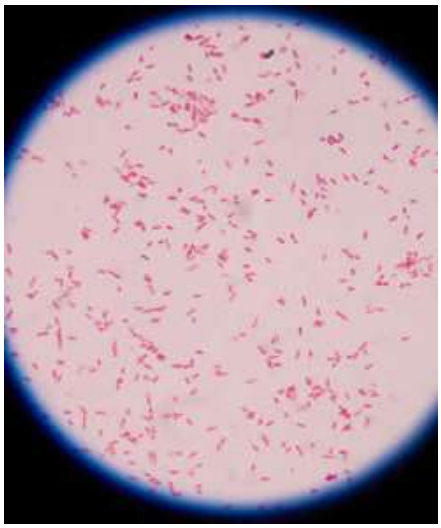


Figura 1. Test dell'idrogel

Gli studenti hanno poi osservato al microscopio ottico l'aspetto delle colonie (forma, spessore, margine e colore) dei batteri produttori di cellulosa ed effettuato la colorazione di Gram, il test della catalasi e la produzione dell'indolo.



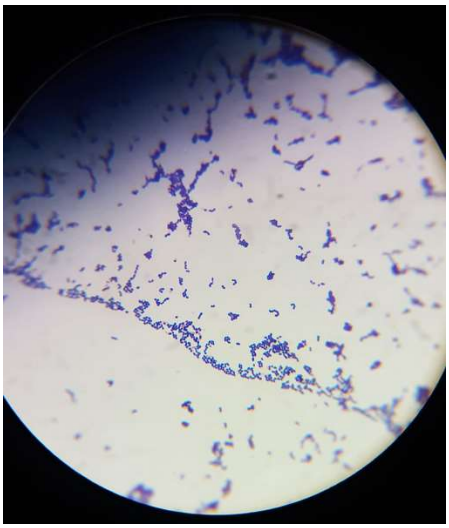


Figura 2. Batteri gram negativi Batteri gram positivi



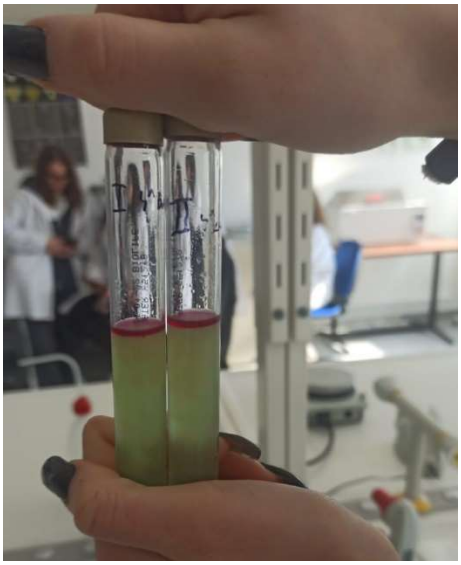


Figura 3. Batteri non produttori di indolo Batteri produttori di indolo



Figura 4. Batteri catalasi positivi

Sui batteri gram negativi, catalasi positivi e non produttori di indolo hanno effettuato l'estrazione ed amplificazione del DNA utilizzando primers specifici (geni 16S e bcsA1, quest'ultimo responsabile della produzione dell'enzima cellulosa sintetasi) col supporto del personale del dipartimento DiSPPA dell'Università degli Studi di Bari "Aldo Moro". Hanno, poi, visualizzato i prodotti della PCR mediante corsa elettroforetica su gel di agarosio.



Figura 5. Alcune fasi della caratterizzazione genotipica

A questo punto gli studenti sono passati alla fase di produzione della cellulosa a partire dagli scarti alimentari perlopiù di frutta. Per preparare il substrato di coltura hanno frullato una parte di frutta con due parti di acqua di rubinetto, poi, hanno filtrato per separare i residui di frutta dal succo e portato il pH a 6 utilizzando NaOH o HCl. Successivamente hanno inoculato i diversi batteri produttori di cellulosa, isolati precedentemente, e incubato a 30°C per 72 ore. Al termine hanno osservato la cellulosa prodotta.



Figura 6. Fermentazione del succo estratto dagli scarti alimentari con i batteri produttori di cellulosa

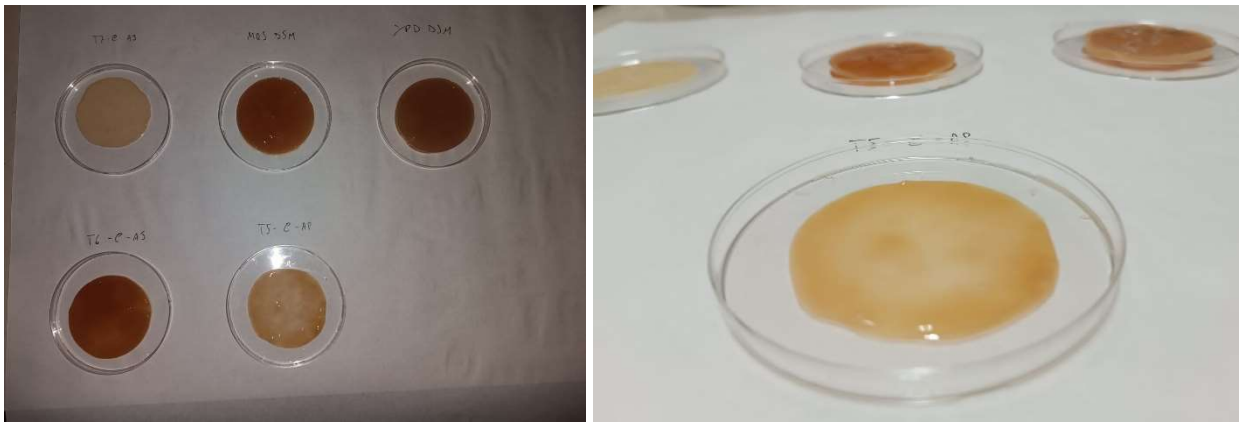


Figura 7. Dischi di cellulosa prodotti dalla fermentazione

Sulla cellulosa batterica ottenuta gli studenti hanno determinato la capacità di ritenzione idrica e la il contenuto di ceneri mediante metodo gravimetrico. La capacità di ritenzione idrica è una delle proprietà più importanti da valutare al fine dell'impiego della cellulosa nell'industria tessile. Rappresenta la capacità di una fibra di trattenere l'acqua ed è strettamente correlata alla sua struttura chimica. Gli studenti hanno pesato la cellulosa prima e dopo la centrifugazione e calcolato il rapporto tra la massa di acqua allontanata rispetto alla massa di cellulosa disidratata per cento. La determinazione del contenuto di ceneri nella cellulosa batterica permette di quantificare le sostanze inorganiche e impurità residue dopo la combustione completa del materiale cellulosico e misura il grado di purezza della cellulosa. Per la determinazione gli studenti hanno, prima, essiccato la cellulosa in stufa a 105°C fino a peso costante per rimuovere l'acqua, e, poi, pesato la cellulosa all'interno di un crogiuolo in porcellana. Successivamente hanno posizionato il crogiuolo nel forno a muffola e portato gradualmente la temperatura a 600 °C per 4 - 5 ore, fino a completa scomparsa della materia organica e ottenimento di ceneri bianche o grigie. La percentuale in ceneri è espressa come rapporto tra i grammi di ceneri e i grammi di cellulosa disidratata per cento.



Figura 8. Determinazione del contenuto di ceneri nella cellulosa batterica

Infine, nell'ultima fase laboratoriale, per ottenere una fibra dalla cellulosa batterica, gli studenti hanno utilizzato il metodo Lyocell, a minore impatto ambientale rispetto a quello di produzione della viscosa, dissolvendo la cellulosa batterica in una soluzione acquosa al 50% di N-Ossido di N-metilmorfolina (NMMO) che viene poi recuperata per separazione. Sapendo che la NMMO non può essere riscaldata a temperature superiori a 120° poiché dà origine a reazioni autocatalitiche, gli studenti hanno, inizialmente, riscaldato a 60°C e, poi, completato la fase di dissoluzione della cellulosa al rotavapor impostando la pressione a 30mbar e la temperatura a 110°C. Raffreddando la soluzione in un bagno di acqua fredda gli studenti hanno osservato la coagulazione delle fibre di cellulosa



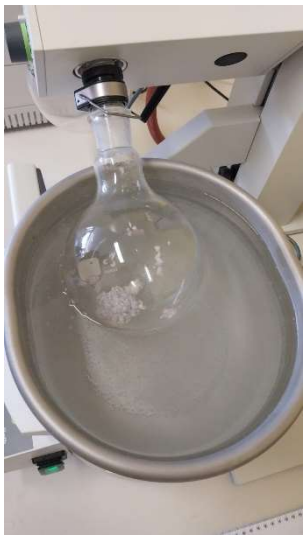


Figura 9. Dissoluzione della cellulosa al rotavapor Coagulazione della fibra di cellulosa

L'innovazione principale del progetto sta nella modalità con la quale viene ottenuta la cellulosa e la produzione della fibra tessile. Attualmente, la cellulosa si estrae dalla polpa del legno, quindi è necessaria la coltivazione intensiva delle piantagioni con conseguente sfruttamento del suolo, di acqua, utilizzo di pesticidi e diserbanti. Inoltre, per produrre viscosa, il tradizionale processo prevede il trattamento della cellulosa con idrossido di sodio, disolfuro di carbonio e acido solforico che sono sostanze inquinanti per l'aria e l'acqua.

L'industria tessile è tra i maggiori responsabili del consumo di materie prime e di acqua, dello sfruttamento del suolo, dell'emissione di gas serra e impiego di una grande varietà di sostanze chimiche con grave impatto climatico e ambientale. Attualmente, a livello mondiale, meno dell'1% della produzione tessile viene riciclata o poiché le fibre naturali e sintetiche sono spesso mischiate tra loro o per la presenza di sostanze chimiche tossiche. Il progetto ha coinvolto attivamente gli studenti in tutte le fasi ed abbracciato trasversalmente diverse materie (Microbiologia, Chimica organica, Chimica analitica, Scienze Integrate, Educazione Civica) permettendo loro di trasformare le conoscenze (il sapere teorico) in competenze (saper agire in contesti reali). Inoltre, gli studenti hanno acquisito consapevolezza sull'importanza delle loro scelte nella vita quotidiana e come queste si ripercuotono sull'intera comunità.

"*Ogni azione della nostra vita, anche la più piccola, è responsabile della bellezza o bruttezza del mondo*."(Augusto Daolio)