



Liceo Scientifico Statale
RENATO CACCIOPPOLI
S. S. A. T. I.



Società Chimica Italiana

SCUOLA NAZIONALE DI DIDATTICA
DELLA CHIMICA «Giuseppe Del Re»



Consorzio Nazionale
per la raccolta,
il riciclo e il recupero
degli imballaggi
in plastica

Il Liceo Scientifico Renato
Caccioppoli presenta:

Le nanoscienze nell'insegnamento della chimica di base

Prof Anna Buono (4°B s)

Prof Giuliana Gentile (5°Bs.a.)

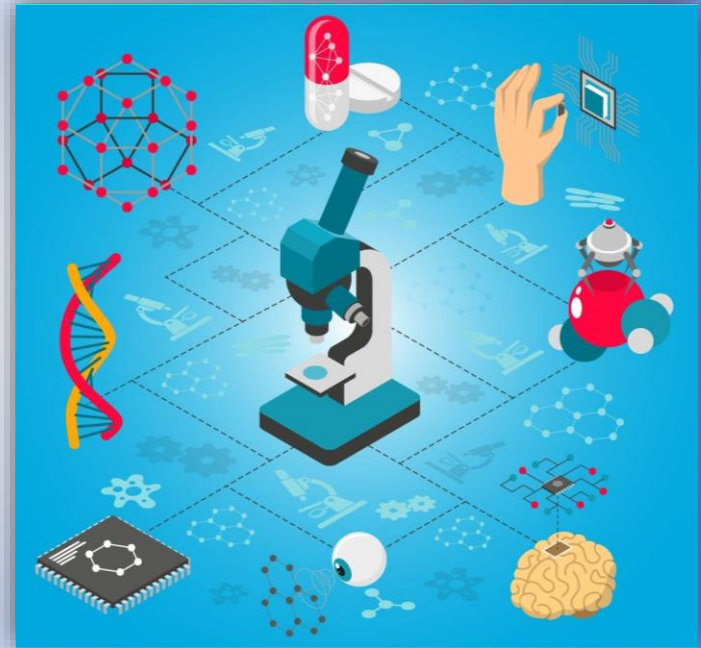
Prof Marcella Striano (5°A s.a.)

TUTOR: Maria Funicello/AnnaMaria Madaio

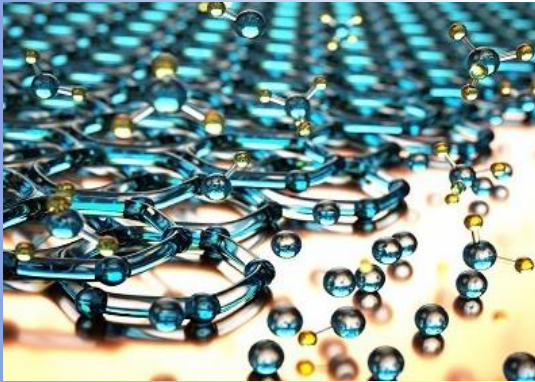


NANOSCIENZE E NANOMATERIALI

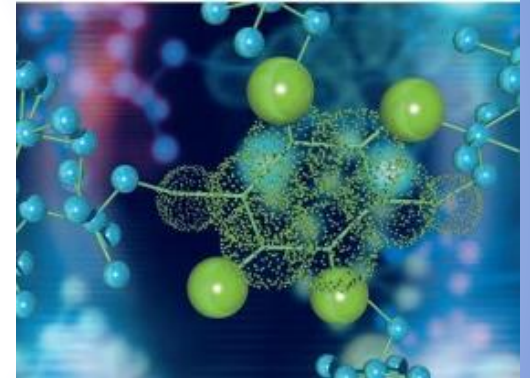
Con Nanoscienze si indicano scienze che studiano fenomeni e tecniche di manipolazione di particelle su scala atomica e molecolare. Nel mondo delle nanoscienze, il cosiddetto “**nanoworld**”, definito dalle dimensioni delle particelle comprese tra **1** e **100 nm**, si riescono a manipolare diversi tipi di materiali attraverso tecnologie adeguate (*nanotecnologie*), ottenendo nanomateriali con caratteristiche chimiche e fisiche differenti (*a causa di una maggiore superficie specifica per volume*) sia dalle corrispondenti molecole costitutive sia da un loro campione macroscopico.



La scala dimensionale delle Nanoscienze, infine, è anche quella tipica delle **macromolecole** e delle **macchine cellulari** (come i mitocondri, per esempio) il cui funzionamento ha ispirato i ricercatori a cercare di costruirne di analoghe in laboratorio (*macchine molecolari*).



Le Nanoscienze costituiscono quindi un terreno didatticamente fertile per un approccio didattico multidisciplinare, che può essere utilizzato per la comprensione delle basi chimiche di alcuni fenomeni biologici, quali le relazioni struttura-funzione.



In questo contesto si inscrive la ricerca sperimentale svolta: si partirà dall'osservazione di nanomateriali naturali e dal loro utilizzo, per poi ottenere materiale bioplastico

COSA SONO LE BIOPLASTICHE

Secondo l'European bioplastics, un'associazione che rappresenta gli interessi dell'industria delle bioplastiche in Europa, le bioplastiche sono una *famiglia di materiali con diverse proprietà e applicazioni, caratterizzate dall'essere bio-based o biodegradabili.*



Più precisamente, analizzando la definizione di bioplastiche possiamo affermare che il termine “bio-based” significa che il materiale è derivato dalla biomassa, ovvero da una fonte rinnovabile.

Nello specifico, invece, il termine “biodegradabile” fa riferimento al fatto che il materiale sia in grado di sottostare al processo di biodegradazione (un processo chimico durante il quale i microrganismi presenti in natura convertono il materiale in sostanza riutilizzabile dalle piante).



CARATTERISTICHE DELLE BIOPLASTICHE

BIODEGRABILITÀ

Capacità di essere decomposta in sostanze non inquinanti grazie all'azione batterica.

STABILITÀ TERMICA

Dal punto di vista termodinamico, è la condizione di minimo energetico.

TERMOPLASTICITÀ

Capacità di acquistare reversibilmente plasticità sotto l'azione del calore.



ESTRUDIBILITÀ

Capacità di assumere determinate forme per compressione.

COMPOSTABILITÀ

Capacità di trasformarsi in compost. Perché un prodotto possa riportare la dicitura "compostabile", secondo la normativa europea deve essere biodegradabile nell'arco di soli 3 mesi e deve superare i test di ecotossicità in quanto il prodotto compostato non deve esercitare alcun effetto negativo all'ambiente.

COMESTIBILITÀ

Non nocivo se ingerito

L'AMIDO

cos'è?

L'amido è un polisaccaride del D-glucosio

com'è fatto?

È costituito da due polimeri: l'amilosio e l'amilopectina

a cosa serve?

Ha una funzione di riserva di energia nei vegetali.

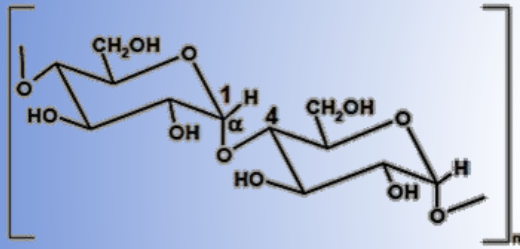
**perché impiegarlo
nelle bioplastiche?**

Permette la biodegradabilità delle bioplastiche ed è ecologico perché è ricavato da scarti alimentari.

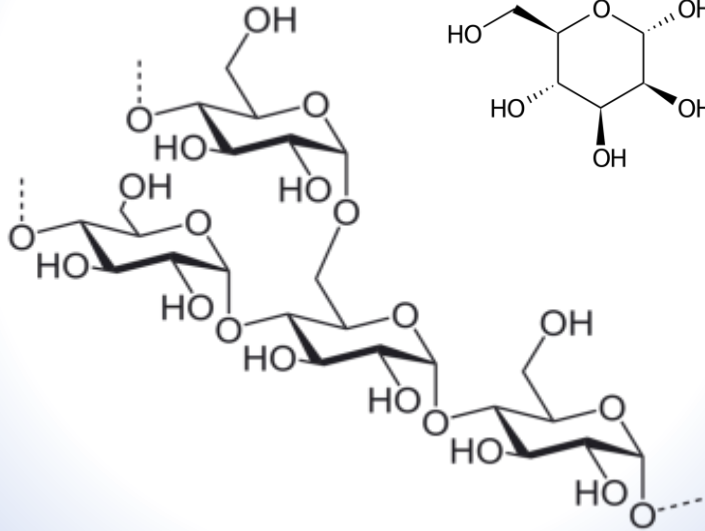


Focus on: LA STRUTTURA DELL'AMIDO

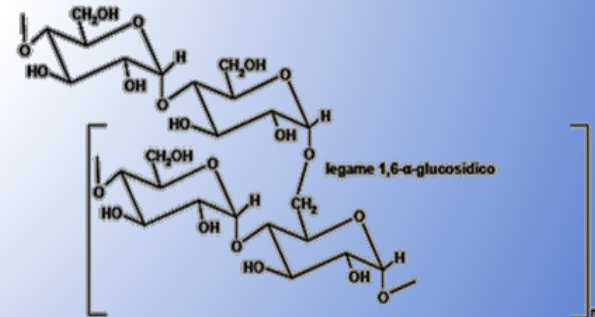
L'amido ($C_6H_{10}O_5$) è un etero-polisaccaride che svolge la funzione di riserva energetica negli organismi vegetali. L'amido, formato da unità α -glucosio, è costituito da una miscela di due polimeri diversi: l'amilosio e l'amilopectina.



L'amilosio è un polimero costituito da catene lineari di glucosio, unite da legami $\alpha(1 \rightarrow 4)$ glicosidici ed è solubile in acqua

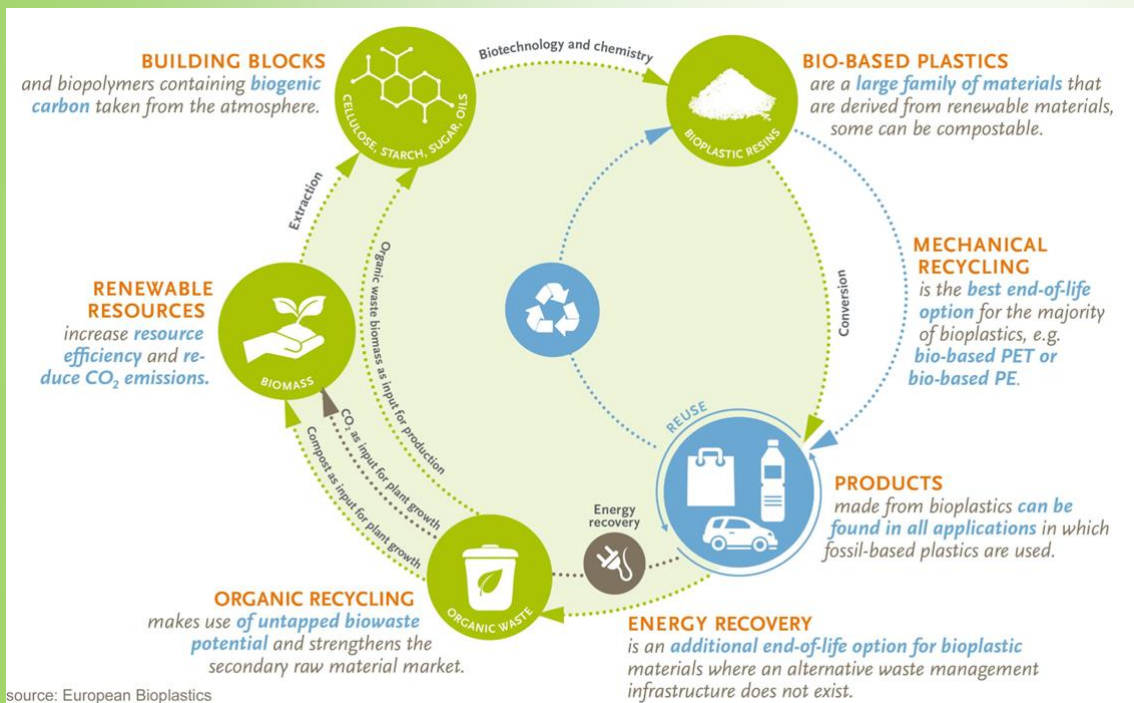


L'amilopectina è un polimero ramificato, insolubile in acqua, formato da catene lineari di glucosio, unite da legami $\alpha(1 \rightarrow 4)$ e $\alpha(1 \rightarrow 6)$ glicosidici



BIOPLASTICHE A BASE DI AMIDO

perché usare l'amido per la produzione di materiale plastico

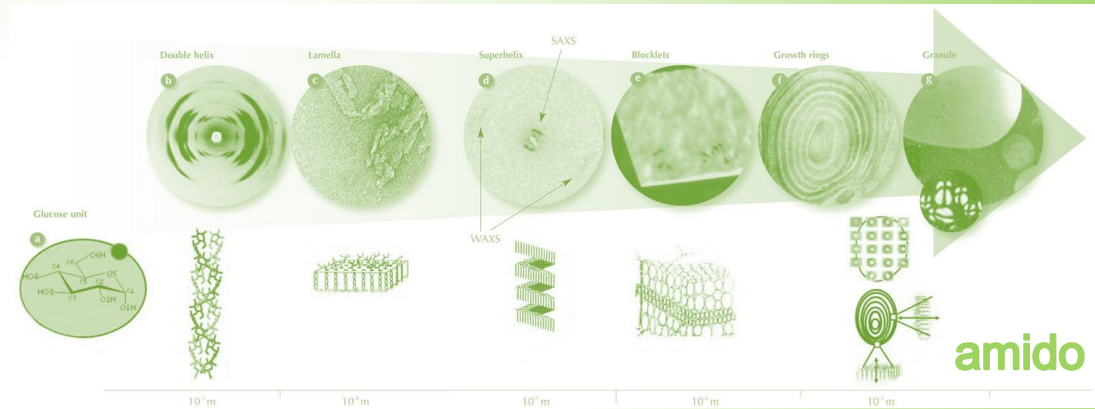


source: European Bioplastics

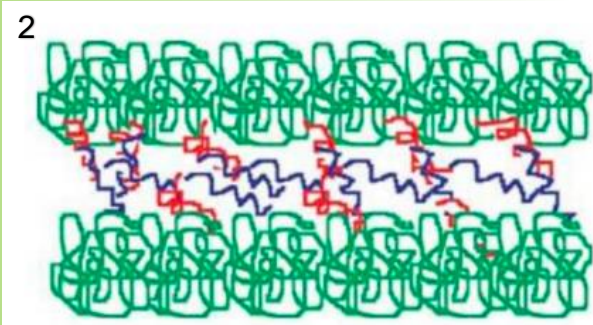
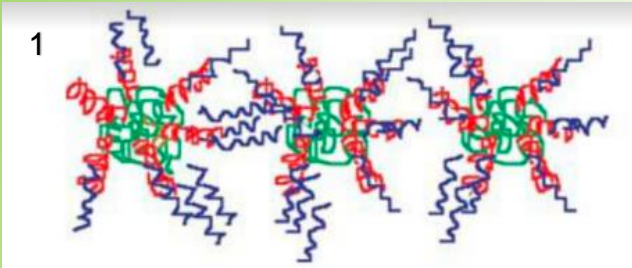
L'amido è il polisaccaride di riserva delle piante che attuano la fotosintesi clorofilliana, immagazzinato nei semi, nei tuberi, nelle radici in granuli come fonte energetica.

È totalmente biodegradabile in una vasta varietà di ambienti e permette lo sviluppo di prodotti totalmente degradabili.

In natura, in particolare, l'amido si trova in forma di grani cristallini di circa **15-100 μm** di diametro, in tre modificazioni cristalline presenti in vari tipi di vegetali, tutte caratterizzate dalla quasi perfetta struttura a doppia elica levogira.



Nella produzione di **film bioplastici** a base d'amido, per la sua caratteristica struttura, l'amido è destrutturato. Questo polimero è prodotto attraverso un processo di destrutturazione e di "complessazione" dell'amido con quantità variabili di agenti complessanti biodegradabili. Questi complessi creano un nuovo ordine cristallino aumentando la resistenza all'acqua e cambiando le proprietà meccaniche dell'amido originale, senza modificarne la struttura chimica ma potendone graduare le caratteristiche.



Mater-Bi a goccioline

- Amilopectina
- Amilosio
- Agente complessante

Mater-Bi a strati

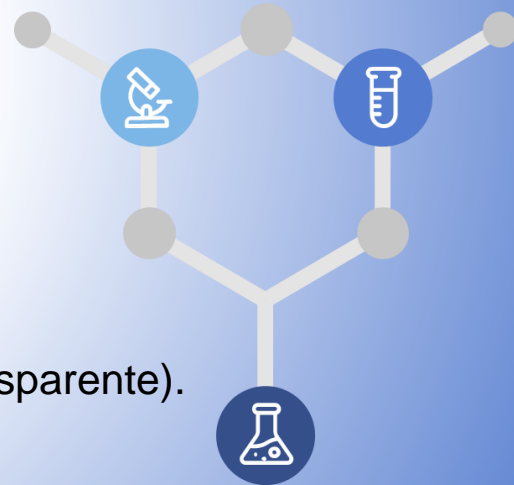
Il complesso formato dall'amilosio con l'**agente di complessazione** è generalmente cristallino ed è caratterizzato da una singola elica di amilosio formata intorno all'agente di complessazione. Diversamente dall'amilosio, l'amilopectina non interagisce con l'agente di complessazione e rimane nel suo stato amorfo. La selezione dell'amido, la proporzione tra amilosio e amilopectina, la natura degli additivi, le condizioni di lavorazione e la natura degli agenti di complessazione permettono quindi di ideare differenti strutture sopra-molecolari con proprietà molto differenti.

In particolare si ottengono due strutture: la **struttura "a goccia"** (*figura1*) costituita da un nucleo di molecole di amilopectina quasi amorse, protette da molecole complesse di amilosio, e la **struttura "a strati"** (*figura2*) costituita da strati submicronici di molecole di amilopectina alternati a strati di agente complessante, essendo questi strati compatibilizzati. Le due strutture e le molte altre derivate da esse spiegano la vasta gamma di proprietà meccaniche, fisico-chimiche e reologiche e le differenti percentuali di biodegradazione dei film bioplastici a base di amido.

BIOPLASTICHE A BASE DI AMIDO

Proprietà

- ❖ Ridotta sensibilità del comportamento meccanico alle condizioni ambientali
- ❖ Setoso al tatto;
- ❖ Ampia fascia di permeabilità al vapore d'acqua (da 250 a 1.000 g/30 μ m/m²/24h);
- ❖ Vasta gamma di proprietà meccaniche: dai materiali tenaci ai rigidi;
- ❖ Assenza di significativi fenomeni di invecchiamento dopo un anno di stoccaggio, anche nel caso di contatto con cellulosa;
- ❖ Anti-staticità;
- ❖ Colorazione con pigmenti approvati per il contatto con alimenti;
- ❖ Compostabilità in una vasta gamma di condizioni di compostaggio;
- ❖ Trasparenza (ottenuta mediante coestrusione con un materiale trasparente).



BIOPLASTICHE A BASE DI AMIDO

Applicazioni

- Imballaggio per cibi;
- Imballaggio per prodotti di consumo;
- Agricoltura;
- Igiene;
- Sacchetti di plastica compostabili;
- Sacchetti per la spesa;
- Utensili.



film

Sacchetti per la spesa, sacchi per la raccolta differenziata, confezioni per alimenti, sacchetti frutta e verdura.



termoformati

Vaschette e contenitori rigidi per alimenti, vasetti compostabili per florovivaistica.



additivi

Biofiller (es.: pneumatici).



espansi

Imballi Loose Filler dalle eccellenti proprietà antiurto, ottimi per prodotti farmaceutici, apparecchi di laboratorio, prodotti di largo consumo.



profili estrusi

Bastoncini cotonati, cannucce per bevande, tubetti flessibili per l'agricoltura.



stampati a iniezione
Posate usa e getta, penne, pettini, giocattoli.

ESPERIENZE DI LABORATORIO

dall'amido alle bioplastiche



ESPERIMENTO 1

Partendo dall'amido
preconfezionato



ESPERIMENTO 2

Partendo dall'amido
estratto dalle patate



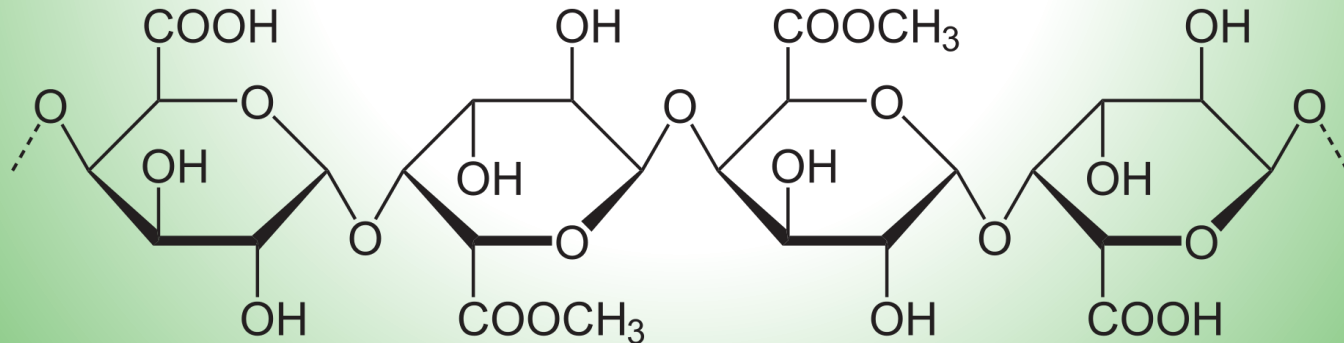
ESPERIMENTO 3

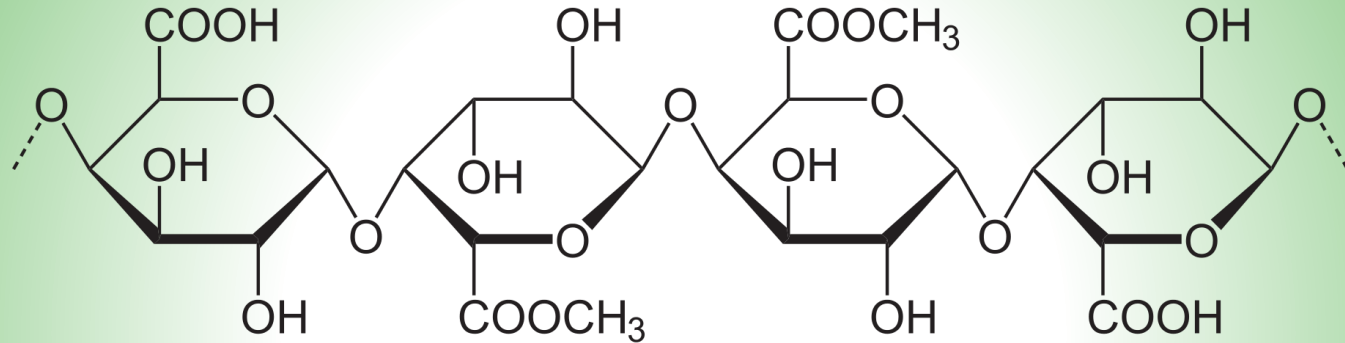
Partendo dalle pectine
da estratto di finocchi



Focus on: PECTINE

Le pectine, caratterizzano i primi strati della parete e della sostanza intercellulare (lamella mediana) che cementa le pareti di cellule contigue. Sono presenti pertanto in notevole quantità nella buccia dei frutti (mele) e nei vegetali (guaine fogliari dei finocchi). Le pectine sono eteropolisaccaridi, costituiti da molecole di monosaccaridi di natura diversa. Alcune sono principalmente costituite da catene di acido α -D-galatturonico legati da legami 1 \rightarrow 4 parzialmente esterificati con metanolo (MacDougall et al. 1996). Esse si differenziano per il loro grado di esterificazione (fondamentale per le proprietà filmanti e solubilizzanti). Le pectine manifestano caratteristiche molto interessanti ai fini della produzione di film idrocolloidali a composizione mista da utilizzare in campo alimentare come film edibili.





La crescente attenzione verso l'utilizzo di questi materiali è stata infatti richiamata dalle recenti scoperte sulla nocività di alcune pellicole a base di polimeri sintetici, in particolare quelli derivati dal cloro. Questi polimeri sono sottoposti ad un ciclo di lavorazione che risulta essere ad alto impatto sia dal punto di vista ambientale che sanitario. In particolare, è stata chiaramente dimostrata la tossicità delle pellicole a base di polivinilcloruro (pvc). Tali film, comunemente impiegati per conservare cibi a basse temperature, contengono quantità considerevoli di ftalati, additivi chimici che vengono normalmente usati per ammorbidire il pvc, di cui sono stati ben documentati gli effetti dannosi sul fegato e sui reni.

Focus on: SIERO DI LATTE

Il siero di latte è ciò che si ottiene dal latte sottoposto al processo di caseificazione. È costituito per la maggior parte da acqua, e contiene le proteine del latte (tranne le caseine), grassi, vitamine e Sali minerali (tranne calcio e fosfati). Esso rappresenta un rifiuto per l'industria casearia, ma attualmente dato l'elevato valore nutrizionale dei suoi componenti, viene usato anche come fonte di integratori alimentari.

Per la produzione della bioplastica da finocchio, dunque, viene utilizzata come sorgente glucidica: l'omogenato grezzo proveniente dagli scarti del finocchio, contenente pectine, e come sorgenti proteiche: le sieroproteine presenti nel siero di latte, proteine globulari capaci di formare complessi con i polisaccaridi, in maniera da accrescerne la proprietà di formare dei film

Proteine	Bovino	Ovino	Caprino	Bufalino	P. M (Dalton)	P.I (pH)
β-Lattoglobulina	2,7	3,116	3,920	3,8	18.400-36.800	5,2
α-Lattalbumina	1,2	1,92	1,078	1,3	14.200	4,5-4,8
(BSA) albumina	0,45	2,94	0,153	0,42	69.000	4,8
Immunoglobuline	0,65	1,254	0,792	0,72	150.000-900.000	5,5-8,3
Lattoferrina	0,15	0,482	0,12	0,121	78.000	9
Lattoperossidasi	0,02	0,343	0,08	0,07	89.000	9,5
Glicomacropeptidi	1,2	-	1,5	1,5	6.700	5,1-6,0

Tabella 2.3
Concentrazioni proteiche del siero bovino, ovino, caprino e bufalino (g/L)

MATERIALI

Esperimento 1

- Becher (250ml)
- Amido di mais (9,5g)
- Glicerina (5ml)
- Acqua distillata (60ml)
- Aceto (5ml)
- Colorante
- Piastra riscaldante
- Bacchetta di vetro
- Piastre di Petri (o fogli di alluminio).



Esperimento 2

- Patate sbucciate (100g)
- Mortaio, pestello e grattugia
- 3 becher graduati (400ml, 250ml, 100ml),
- Piastra riscaldante,
- Colino e agitatore,
- Capsule di Petri, pipette
- Colorante alimentare,
- Glicerolo (2ml),
- Acido cloridrico 0,1M (10ml)
- NaOH 0.1M (10ml),
- Acqua distillata (500ml)



Esperimento 3

- Scarto di finocchio
- Siero di latte
- Bilancia
- Piastra riscaldante
- Centrifuga da cucina
- Becher di vetro
- Piastre di Petri.



PROCEDIMENTO



Esperimento 1

Dopo aver pesato i reagenti, li abbiamo versati in un becher per poi posizionarlo sulla piastra riscaldante. Abbiamo mescolato con agitatore fin quando il contenuto inizia a rapprendere. Dopodiché abbiamo steso la pasta e lasciata raffreddare.



Esperimento 2

Estrazione dell'amido: grattugiare la patata e pestarla nel mortaio con l'acqua. Filtrare il liquido e ripetere la pestatura più volte. Dopo aver lasciato decantare, eliminare l'acqua e recuperare l'amido.

Film plastico: pesare l'amido e aggiungere acqua. Mescolando aggiungere HCl e glicerolo. Riscaldare fino a ebollizione. Raffreddare e aggiungere NaOH fino a pH 7. Stendere il film plastico

Espe

Inizialmente abbiamo tagliato gli stecchi e abbiamo tagliato a pezzetti e abbiamo aggiunto abbondante acqua e messi sulla piastra riscaldante, abbiamo aspettato che bollisse.

Quando si sono raffreddati li abbiamo centrifugati fin quando non abbiamo ottenuto le pectine.

Dopodiché l'abbiamo filtrato e in seguito abbiamo aggiunto il siero di latte. Dopo averlo lasciato rapprendere, l'abbiamo versato nello stampo.

CLICCA SULLE
PAROLE
SOTTOLINEATE



Abbiamo sottoposto la bioplastica ottenuta a prove di biodegradabilità

IL PLASTICIZZANTE: IL GLICEROLO.

Questa molecola, dotata di più gruppi idrossilici, interagisce con le catene di amido, separandole.

Quando una soluzione acquosa di amido viene portata a secco, facendo evaporare buona parte dell'acqua, l'amido forma un film a causa della formazione di legami idrogeno tra le varie catene di polimero. L'amilopectina in parte inibisce la formazione del film a causa delle sue ramificazioni che rendono difficile il contatto tra le catene.

Tale difficoltà può essere superata trattando l'amido con **HCl** che frammenta l'amilopectina e quindi elimina gli impedimenti alla formazione del film. In tal modo si ottiene un film dotato di un buon grado di cristallinità che ne determina una certa fragilità.

È possibile migliorare le proprietà del film aggiungendo un plastificante quale ad esempio **il glicerolo**. Questa molecola è igroscopica, lega a sé un certo numero di molecole d'acqua e disponendosi tra le catene di polimero ne impedisce la disposizione ordinata e quindi ne riduce il grado di cristallinità.

Anche nell'esperimento con le pectine il glicerolo serve per migliorare la plasticità perché si inserisce tra le molecole con legami a H.

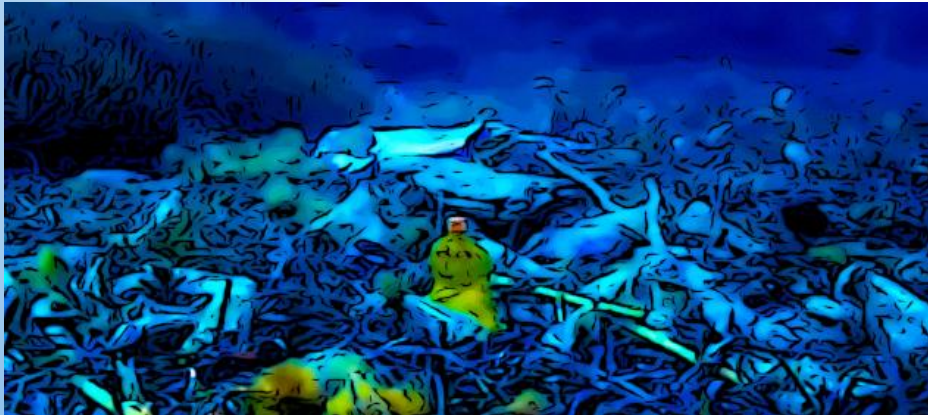
N.B. Le prove sono state fatte con quantità di glicerolo crescente: 0 mL, 5 mL, 10 mL

Il materiale ottenuto utilizzando il glicerolo come reagente è morbido e deformabile, ha quindi delle caratteristiche plastiche, mentre senza glicerolo il prodotto risulta rigido e fragile e, se sottoposto a deformazione, si rompe.

PERCHÉ UTILIZZARE LE BIOPLASTICHE

Agenda 2030 obiettivi: **3** (Salute) **12** (Consumo e produzione responsabili) **15** (Vita sulla terra)

A seguito della Seconda Guerra Mondiale, la produzione e lo sviluppo di nuovi prodotti in plastica ottenuta da carburanti fossili, ha avuto un'accelerazione inimmaginabile, trasformando l'età moderna in modo così profondo che ad oggi, la vita senza plastica sarebbe irriconoscibile.



Le comodità offerte dalla plastica, però, hanno portato ad una cultura dell'usa e getta che rivela il “*lato oscuro*” di questo materiale: le plastiche monouso costituiscono infatti il **40%** di tutte quelle prodotte ogni anno, e molti di questi prodotti, pur avendo una vita di poche ore, rimangono nell'ambiente per **centinaia di anni**, perché non smaltiti nel modo corretto; infatti, in media solo il 15% della plastica monouso viene riciclata a livello mondiale, tutto il resto viene liberata nell'ambiente o finisce nella raccolta indifferenziata, da qui in discarica o nei termoconvettori, e tutta la plastica che viene smaltita scorrettamente o abbandonata è destinata a raggiungere l'Oceano, dove sarà degradata da agenti atmosferici e ambientali in piccole particelle spesso inferiori al mezzo centimetro di larghezza, denominate “*microplastiche*” (figura3: Gyres).

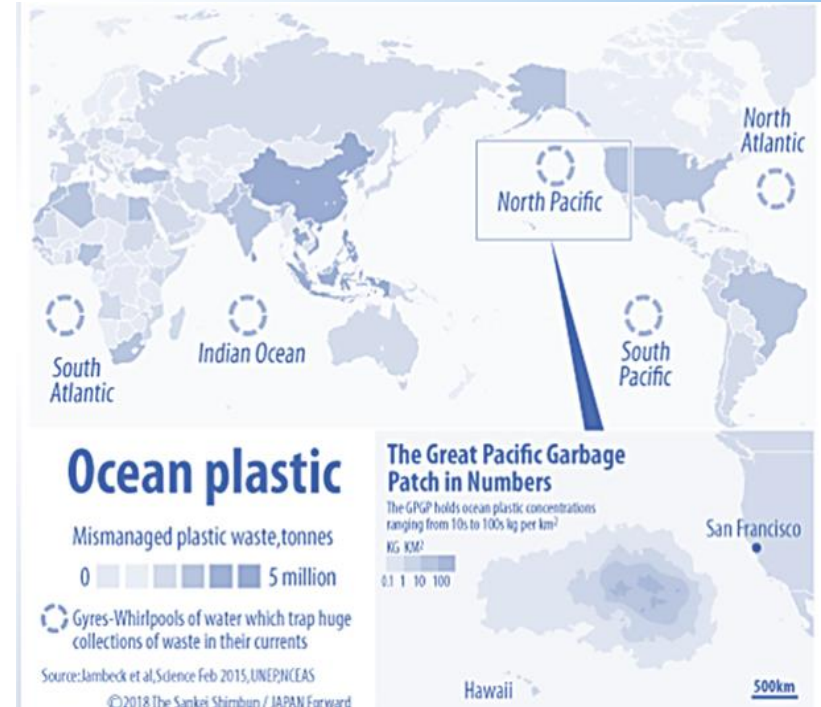
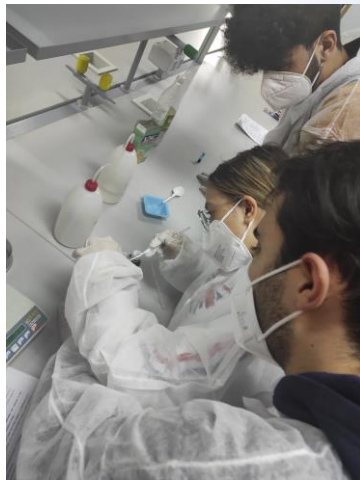
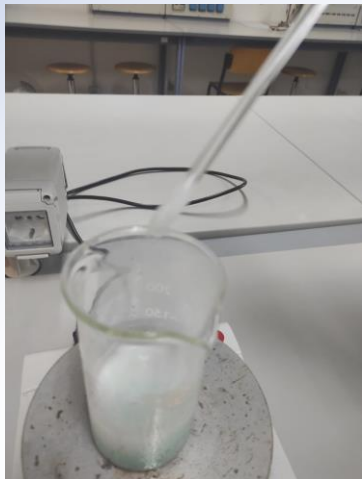


Figura 3: Diffusione delle microplastiche

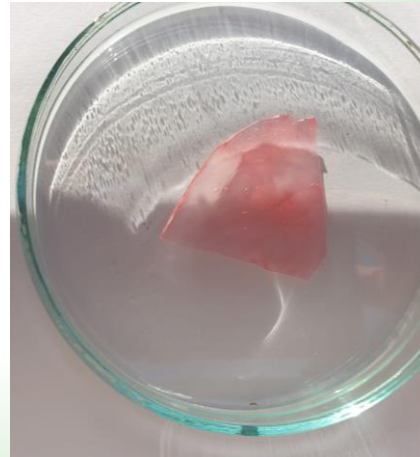
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- “Produzione di bioplastiche da scarti alimentari” (Madaio, Di Nardi, Siano, Romano)
- “Le nanoscienze” (Funicello-UNIBAS)
- <https://asvis.it/notizie/2-10291/la-rivincita-delle-bioplastiche>
- <http://www.materbi.com/>
- Chimica organica, biochimica e biotecnologie (Sadava, Hillis, Posca et al)
- “Prodotti biodegradabili a base di amido” (C. Bastioli) –La chimica e l’industria-2002
- https://d197for5662m48.cloudfront.net/documents/publicationstatus/72294/preprint_pdf/840105da2aa295c04ad052fda6244797.pdf
- <https://switchtoeco.com/uncategorized/cos-e-bioplastica-o-plastica-biologica-caratteristiche-vantaggi/>
- <http://it.joyful-printing.org/info/starch-based-biodegradable-plastic-49726446.html>
- <http://natureplast.eu/it/il-mercato-delle-bioplastiche/produzione-di-bioplastiche/>
- <http://www2.unibas.it/plschimicabasilicata/images/laboratori/AS20192020001.pdf>
- <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/waste-management/#>
- C. V. L. Giosafatto - uso dell’ enzima transglutaminasi come strumento biotecnologico per la preparazione di film idrocolloidi a composizione mista - Dottorato in scienze biotecnologiche











PRESENTAZIONE DEL FILM PLASTICO

ottenuto da amido



Prova di
trazione
meccanica
qualitativa

Non è stato possibile eseguire prove di trazione meccanica quantitative per la difficoltà di estrusione del film plastico in lunghi «nastri»



Prova in acqua



Il film plastico appare viscido al tatto e semi-disciolto dopo alcune ore immerso in acqua



VIDEO



Prova di infiammabilità

PROVE DI BIODEGRADABILITÀ:

La degradazione batterica

I Batteri sono il gruppo più numeroso degli organismi presenti nel suolo, e sono concentrati principalmente nei primi 15 centimetri. Il loro peso complessivo va dai 400 ai 5.000 kg per ettaro. Hanno caratteristiche e compiti molto diversi: ad es. fissazione dell'azoto atmosferico (*Azotobacter sp.*, *Rhizobium sp.*, *Frankia sp.*), ossidazione dello zolfo, degradazione della cellulosa (*Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*). Hanno un ruolo fondamentale nella formazione dell'humus.



Le bioplastiche sono
totalmente dissolte



Bioplastiche in terreno umido in un contenitore aperto