

UNA CONTATTOLOGIA “GREEN”

A cura di IRSOO: dal lavoro di tesi di Giulia Selene Zunino, del corso di Optometria, relatore Laura Boccardo

Le lenti a contatto sono state una svolta nel mondo dell'ottica e da più di mezzo secolo si stanno evolvendo, sia dal punto di vista dei materiali che per le nuove frontiere di utilizzo. Ad oggi infatti sono diffusissime: sono più di 120 milioni i portatori di lenti a contatto al mondo e rappresentano uno dei metodi maggiormente usati per la correzione dei difetti visivi. Sia in Europa che in Italia, sta crescendo il mercato delle lenti giornaliere e quello delle quindicinali-mensili, mentre decresce quello delle lenti rigide; le industrie di produzione hanno migliorato il comfort delle lenti a contatto e anche minimizzato il costo (Platform Optic, 2019).

Materiali costitutivi delle lenti a contatto

La contattologia è una disciplina caratterizzata da una costante ricerca scientifica, atta a scoprire materiali sempre più innovativi che assicurino la miglior biocompatibilità e comfort: è per questo che i materiali impiegati restano l'elemento centrale attorno a cui ruotano gli studi e le ricerche di studiosi di tutto il mondo, e sono in continua, rapida evoluzione (Assottica). Chimicamente tutte le lenti a contatto sono costituite da polimeri. Il termine polimero è una parola composta che deriva dal greco 'poli' (molti) e 'meros' (unità o parte) ed è usata per designare una sostanza costituita da grosse molecole ottenute dall'unione in catena di molecole più piccole (monomeri) di una o più specie. I costituenti di base dei polimeri sono carbonio e idrogeno, a cui si possono aggiungere svariati elementi quali: ossigeno, cloro, fluoro, azoto, silicio, fosforo, zolfo, ecc (Kobashi & Ciolino, 2018). Ormai a quasi 20 anni dalla prima apparizione, sempre più professionisti prescrivono lenti in silicone idrogel, che presentano numerosi benefici tra cui l'elevata trasmissione di ossigeno, grazie alla quale vengono praticamente eliminati i problemi legati all'ipossia (per esempio iperemia limbare, neovascolarizzazione corneale o edema) e un miglior comfort, rispetto alle lenti idrogel tradizionali (Fonn, 2015).

Un legame indissolubile

Come già detto, se le tendenze di mercato continueranno su questa via, circa 12.000 milioni di tonnellate di rifiuti di plastica finiranno in discarica o nell'ambiente naturale entro il 2050 (Geyer, 2017). Basti pensare che, attualmente, la massa (in peso) di tutta la plastica presente sul Pianeta è il

doppio della biomassa totale degli animali terrestri e marini messi insieme (WWF, 2022).

Da diversi anni si sta ponendo una riflessione per quello che riguarda il riciclo, la sostenibilità e la consapevolezza ambientale, anche in ambito dei professionisti della cura degli occhi (ottici-optometristi, medici oculisti, aziende produttrici di lenti a contatto, soluzioni ecc.): si stima che circa 150 milioni di persone nel mondo fanno uso di lenti a contatto e che ogni anno circa 132 milioni di kg di rifiuti siano legati ad esse e ai prodotti pertinenti (Wilhelmi, 2021).

La maggiore consapevolezza della sostenibilità ambientale e la dipendenza dalla plastica usa e getta solleva alcune questioni importanti, soprattutto per quello che riguarda lo smaltimento delle lenti a contatto, in particolare quelle morbide e i loro imballaggi; questo problema è forse più pertinente alle lenti a contatto morbide monouso giornaliere introdotte a metà anni '90 che hanno rivoluzionato il mercato delle lenti a contatto in tutto il mondo (Smith, 2021). Infatti, nonostante si stiano studiando gli effetti delle plastiche di basso valore, incluse le monouso (sacchetti per la spesa, utensili usa e getta), aventi maggior impatto sull'inquinamento da plastica globale, rispetto ai dispositivi di plastica medica, ci sono ancora pochi studi riguardo al ruolo di questi come potenziali contaminanti degli ambienti acquatici e terrestri.

Lo studio di Rolsky, Kelkar & Halden (2019)

Grazie ad un importante studio condotto da Rolsky, Kelkar & Halden, dell'Arizona State University, pubblicato nel 2019, si è iniziato ad avere un quadro più completo. Visto che solo nel 2018, più del 90% di portatori di lenti a contatto in America ha optato per le lenti in silicone-idrogel, di cui l'80% sceglie lenti giornaliere, lo studio si è concentrato su questa tipologia di lenti: la loro composizione chimica unica e lo smaltimento improprio (per esempio, gettandole nello scarico) rappresentano una nuova minaccia all'ambiente, rischiando di agire analogamente alle microplastiche sotto forma di microsfero o microfibre. La maggior parte dei prodotti non contiene raccomandazioni sul corretto smaltimento delle lenti e dei loro imballaggi; infatti, è emerso come il 21% dei portatori di lenti a contatto nei soli Stati Uniti, avesse l'abitudine di gettare le lenti a contatto nello scarico del gabinetto, finendo nel sistema di trattamento delle acque reflue, considerato come una fonte importante di dispersione di microplastiche (fig. 1).

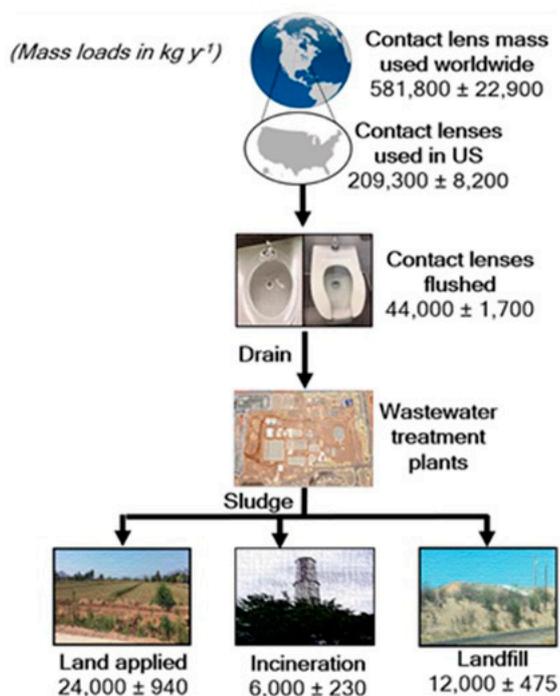


Figura 1. Ciclo di dispersione delle lenti a contatto nell'ambiente (Rolsky, Kelkar & Halden, 2019).

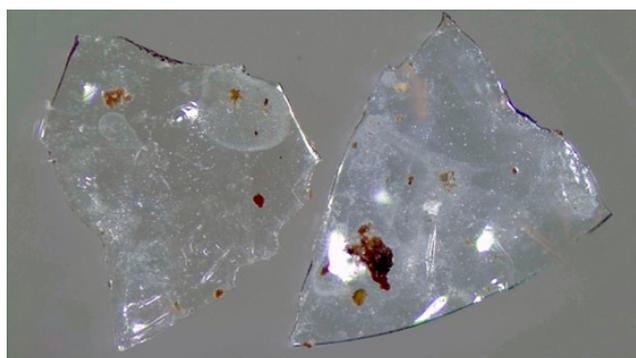


Figura 2. Frammenti di lente a contatto rinvenuti nei fanghi di depurazione (Rolsky, Kelkar e Halden, 2018).

Lo studio ha evidenziato, sia attraverso un sondaggio che con esperimenti in laboratorio, un minimo degrado chimico ma un notevole degrado fisico dei polimeri delle lenti e che queste rimangono sotto forma di frammenti (fig. 2) nei fanghi di depurazione delle falde acquifere nei terreni di coltivazione (50%), mentre il restante finisce negli inceneritori o in discarica. Lo studio ha ipotizzato anche una possibile frammentazione, di natura meccanica, delle lenti a contatto in microplastiche

che potrebbero by-passare il processo depurativo per finire direttamente nelle falde acquifere potabili o in mare aperto. Lo studio ha voluto porre l'attenzione sull'impatto che le lenti a contatto, specificatamente le silicone idrogel, hanno sull'inquinamento: in base ai dati emersi dallo studio si evince che solo lo 0.04% del riciclaggio delle lenti a contatto e loro imballaggi andava a incidere sul totale dei rifiuti generati ogni anno. Inoltre, si vuole segnalare che le lenti in idrogel possono diventare un nuovo tipo di inquinante polimerico sintetico sotto forma di macro e microplastiche e che quindi una tendenza all'incremento dell'uso delle lenti giornaliere potrebbe in futuro aumentare sempre di più gli input di polimero nell'ambiente.

Lo studio di Smith, Orsborn, Sulley et al. 2021

In questo studio si è voluto analizzare il fine vita e le modalità di smaltimento di due tipologie di lenti a contatto, giornaliere e mensili, queste ultime abbinata con l'utilizzo delle soluzioni uniche. Viene fatto riferimento allo studio di Rolsky del 2018, da cui per la prima volta emerge come, solo negli Stati Uniti, il 20% dei portatori di lenti a contatto era solito smaltire le lenti a contatto nello scarico del gabinetto o lavandino e che questo portava ad un ammontare di 20-23 tonnellate disperse nell'ambiente annualmente. Come viene fatto presente in un altro studio pubblicato nel 2003 da Morgan, vanno maggiormente a incidere sull'impatto ambientale annuale i prodotti in plastica associati alle lenti a contatto giornaliere (usa e getta), rispetto a quelle a sostituzione programmata (mensili, settimanali ecc.) e che i liquidi usati per la manutenzione non incidono sui dati.

L'analisi di Smith et al. parte dalla metodologia di Morgan, concentrandosi sulle modalità di smaltimento dei rifiuti generati dalle lenti a contatto e loro imballaggi: si è concluso che, anche se apparentemente utilizzare lenti usa e getta può sembrare più dispendioso, l'uso a tempo pieno di lenti giornaliere produce annualmente (vedi fig. 3) il 27% in più di rifiuti secchi rispetto all'utilizzo di lenti riutilizzabili (rispettivamente 1,06 kg e 0,83 kg); inoltre all'interno della modalità di utilizzo delle "usa e getta", la parte prevalente di materiale secco residuo era generato dai blister, che costituivano il 64% dei rifiuti in massa. Lo stesso vale per il sistema di lenti riutilizzabili e i loro prodotti di manutenzione (lenti, portalenti, soluzioni); anche in questo caso la maggior parte dei rifiuti, il 67%, era di plastica: le sole bottiglie di soluzione rappresentavano il 45% del totale.

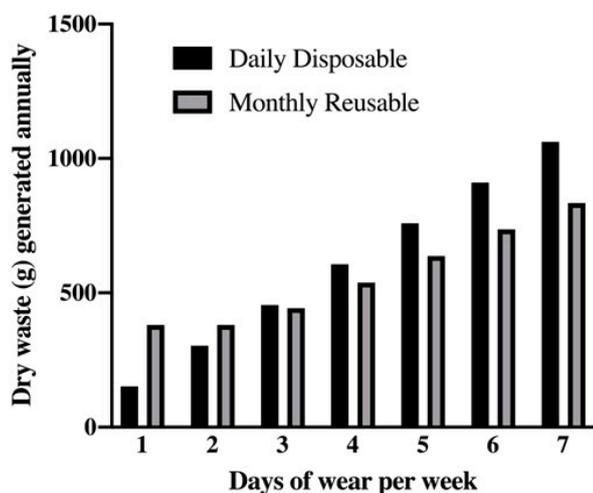


Figura 3. Rifiuti annuali generati dall'uso di lenti a contatto giornaliere e mensili, durante la settimana (Smith et al. 2021).

In conclusione, in entrambi i casi può essere fatto uno smaltimento adeguato: nel Regno Unito, per le lenti usa e getta il 100% dei rifiuti può essere smaltito e differenziato a casa (carta e blister), mentre una piccola percentuale, 19%, quella specifica per la manutenzione dei dispositivi riutilizzabili (tappi, sigilli antimanomissione, parti in metallo), finisce nei rifiuti indifferenziati. Compito dei professionisti della visione è fornire ai propri clienti le giuste rassicurazioni e indicazioni locali per il corretto smaltimento di questi prodotti ed evitare che milioni di tonnellate di rifiuti finiscano nell'ambiente.

Fortunatamente oggi tutti i rifiuti relativi alle lenti a contatto sono riciclabili e gli studi si stanno focalizzando sia per creare polimeri plastici più facilmente biodegradabili sia per ottimizzare il riciclo delle plastiche attualmente in circolazione. Su questa strada, infatti, si sono fatti grandi progressi, ricercando sia materiali in bioplastica, biodegradabili e/o compostabili, che materiali predisposti al riciclaggio chimico in cui possono essere combinati rifiuti di plastica misti, senza subire a monte un processo di differenziazione (Yeung e Davis, 2019).

Progetti per una contattologia sostenibile

Grazie a diverse campagne di sensibilizzazione sul tema dell'inquinamento prodotto dalla plastica, già da qualche anno diverse aziende produttrici di lenti a contatto si stanno

adoperando per creare programmi di raccolta, spedizione e riciclo degli articoli che riguardano l'uso di lenti. Di seguito vengono descritte quelle più rilevanti fatte fino ad ora. Pioniera di questi progetti è stata Bausch & Lomb, la prima azienda a lanciare il programma "One-by-One Recycling Program" e il "Biotrue® Eye Care Recycling Program" con TerraCycle nel 2016: con questi programmi pluripremiati vengono raccolti, nei centri convenzionati, lenti a contatto usate, lamina superiore, blister di plastica, soluzioni umettanti e colliri aperti di qualsiasi marca che poi vengono spediti al centro TerraCycle, per un corretto riciclaggio. Una volta raccolti, le lenti a contatto e i blister vengono puliti e separati per tipo di materiale: successivamente i materiali vengono riciclati in formati grezzi che i produttori utilizzano per realizzare nuovi prodotti (Bausch & Lomb, 2021).



Figura 4. Contenitore per la raccolta delle lenti a contatto usate nella campagna di Johnson&Johnson "Acuvue di TerraCycle" (opticianonline.net, 2022).



Figura 5. Logo Plastic Bank applicato sulle confezioni delle lenti CooperVision.

Nel Regno Unito esiste la "ACUVUE® Contact Lens recycling

program” della Johnson & Johnson Vision Care sempre in collaborazione con TerraCycle: in totale sono state recuperati 4.4 milioni di lenti e blister e anche il confezionamento in blister di Acuvue Oasys è stato riprogettato in modo che i blister si annidino uno accanto all'altro, riducendo così l'utilizzo di polipropilene e imballaggi di carta (J&J Vision Care, 2021). Vedi fig. 4.

CooperVision in collaborazione con Plastic Bank® finanzia il recupero e il riutilizzo dei rifiuti di plastica generale equivalente al peso della plastica contenuta in una scatola di lenti a contatto venduta. Qui in Italia, vengono acquistati crediti pari al peso della plastica che viene utilizzata per le lenti a contatto giornaliere, includendo il blister e la confezione di vendita (scatola esterna), così che un pari quantitativo di plastica venga raccolto da Plastic Bank® (in fig. 5 il logo riportato sulle confezioni delle lenti CooperVision).

Menicon, azienda giapponese, ha creato un'idea innovativa con le sue confezioni piatte Miru 1Day Menicon ecologiche (fig. 6): le confezioni hanno uno spessore di 1 millimetro, e hanno quindi l'80% in meno di volume di imballaggio e meno soluzione salina rispetto ai blister convenzionali; inoltre, la confezione è prodotta riutilizzando il 100% della plastica utilizzata nel processo di produzione delle lenti a contatto (Yeung e Davis, 2019).



Figura 6. Blister delle lenti Miru (Menicon) a ridotto volume di imballaggi rispetto ai blister tradizionali.

Alcon ha messo in atto politiche per riciclare e ridurre al minimo i rifiuti e di conseguenza il proprio impatto ambientale, utilizzando fonti rinnovabili nei processi di produzione e recuperando il 79% di tutti i rifiuti operativi. Inoltre, il design e le dimensioni delle confezioni sono stati ridotti al minimo e semplificati per utilizzare meno materiale, riducendo così l'impatto sulle discariche (Yeung e Davis, 2019).

Uno degli studi più recenti ed esaustivi sulla plastica è quello di “Breaking the Plastic Waves” dove si evidenzia come la transizione ad un modello circolare nell'industria della plastica, unitamente ad una sua riduzione e sostituzione dove possibile, è l'unica soluzione per risolvere alla base i problemi causati dall'inquinamento plastico, che ambisce ad un ciclo ininterrotto basato sulla rivalorizzazione delle risorse e dei prodotti tramite il loro riutilizzo, la riparazione, la rilavorazione e il riciclo (Ellen MacArthur Foundation, 2020). In Italia anche diverse associazioni tecnico-scientifiche sono sensibili al problema e stanno promuovendo campagne per favorire l'informazione per un corretto recupero delle lenti a contatto usate: due di queste sono Assottica e SOPTI (Società Optometrica Italiana), vedi figg. 7 e 8.

LENTI A CONTATTO SEE GREEN
 È importante saperle gestire correttamente anche nel rispetto dell'ambiente.

Le lenti a contatto sono un prezioso strumento di correzione visiva che ci accompagna durante la nostra vita quotidiana e sostituirle nel rispetto del tempo di durata indicato è un gesto fondamentale per la salute dei nostri occhi.

ASSOTTICA
 Gruppo Contattologia

Ecco alcune semplici regole sullo smaltimento delle lenti a contatto e del loro confezionamento, per fare centro nel cestino dei rifiuti giusto.

Vediamo insieme la composizione dei singoli elementi delle nostre lenti a contatto e il loro percorso di smaltimento.

CONFEZIONE ESTERNA: è nella maggior parte dei casi in cartoncino, quindi interamente riciclabile e deve essere gettata nella raccolta della **CARTA**.

BLISTER: è costituito da una parte inferiore in plastica che deve essere gettata nella raccolta della **PLASTICA** e da una parte superiore composta da una linguetta in alluminio (in questo caso bisogna far riferimento alle regole del comune di appartenenza, infatti in alcune città l'alluminio viene smaltito insieme al vetro in altre insieme alla **PLASTICA**).

LENTI A CONTATTO: sono composte da alcuni materiali che non sono biodegradabili, per questo motivo **non devono essere mai gettate negli scarichi domestici come la toilette o il lavandino**, ma devono essere raccolte nel **SECCO/INDIFFERENZIATO**.

Il liquido di mantenimento che si trova all'interno del blister può essere versato nel lavandino.

PORTALENTI*: per prevenire la contaminazione di batteri è buona norma cambiarlo ogni mese. Solitamente il portalenti è in polipropilene, che nella maggior parte dei casi viene gettato nei contenitori della **PLASTICA**, anche se alcuni comuni tendono a riciclarlo separatamente.

La soluzione per la pulizia, disinfezione e conservazione della lente a contatto non deve essere mai riutilizzata, ma sostituita quotidianamente.

*In uso per coloro che non indossano lenti a contatto a ricambio giornaliero

www.assottica.it

Figura 7. Infografica della campagna di informazione di Assottica per lo smaltimento delle lenti a contatto e loro imballaggi usati (Assottica.it, 2022).



Figura 8. Infografica della campagna di informazione di SOPTI (sopti.it, 2022).

Materiali alternativi

Diversi studi hanno calcolato che ogni anno vengono dispersi tra gli 80 e i 120 miliardi di dollari di plastica usata negli imballaggi e packaging (UNEP, 2018) e che ogni anno il 39,6% della plastica prodotta al mondo viene impiegata per gli imballaggi (Plastic Europe, 2019). Tenendo presente che poche tipologie di plastica sono biodegradabili e che, anche quando lo sono, hanno bisogno di condizioni raramente presenti in natura per decomporsi completamente, valutare opzioni diverse è fondamentale. Incorporare la plastica nell'economia circolare agendo su diversi fronti è la vera sfida del futuro: nuove sperimentazioni e progetti riguardano la ricerca sulle bioplastiche. L'aumento dell'uso di queste sta gradualmente riducendo i rifiuti nelle discariche, utilizzando materie prime rinnovabili e creando prodotti che hanno prestazioni analoghe, se non spesso migliori, delle plastiche tradizionali (GreenDot, 2020).

Classificazione e proprietà dei biopolimeri

Esistono tre grandi macrocategorie (fig. 9):

1. polimeri direttamente ottenuti da fonti naturali, vegetali o animali; per esempio, polisaccaridi, come amido e

cellulosa, o proteine, come caseina e glutine;

2. polimeri prodotti per via sintetica a partire da monomeri bio-derivati; un esempio è il polilattato, un bio-poliestere ottenuto da acido lattico di fermentazione;
3. polimeri ottenuti da microrganismi anche geneticamente modificati; per esempio, il pullulano e molti poliesteri termoplastici non aromatici come i poliidrossialcanoati.

Uno dei prerequisiti dei biopolimeri fa riferimento ai concetti di biodegradabilità e di compostabilità. Per essere compostabile, un materiale deve soddisfare i seguenti requisiti:

- deve essere biodegradabile, ovvero convertibile metabolicamente in anidride carbonica;
- deve essere disintegrabile, ovvero frammentabile e non più visibile nel compost finale;
- non deve avere effetti negativi sul processo di compostaggio;
- non deve avere effetti negativi sul compost finale (Piergiovanni e Limbo, 2010).

Tra quelli presenti in fig. 9, sono qui riportati quelli che per caratteristiche chimico/fisiche potrebbero essere di maggior interesse nell'ambito della contattologia e suo packaging (soluzioni uniche, blister delle lenti a contatto e portalenti).

Del primo gruppo abbiamo l'amido, che fa parte dei polisaccaridi, ricavabile da più fonti comuni quali mais, frumento, tapioca e riso, che è sia malleabile che facilmente biodegradabile: aggiungendo agenti plasticizzanti naturali (es. urea, glicerolo ecc.) diventa termoplastico, utilizzabile negli imballaggi e pellicole. Sempre di questo gruppo abbiamo il chitosano, una macromolecola contenuta nell'esoscheletro di numerosi invertebrati e utilizzato per esempio nella produzione di membrane gas-selettive e come antimicrobico. Abbiamo le caseine, proteine derivate dal latte, che consentono di ottenere materiali con proprietà meccaniche variabili da rigide-fragili a elastiche-flessibili; la zeina, proteina derivante dal mais, con ottima capacità filmogena, già ampiamente utilizzata nel packaging alimentare. Nel secondo gruppo c'è l'acido polilattico (PLA), derivante dall'acido lattico, biodegradabile e compostabile, con eccellenti proprietà meccaniche e fisiche grazie alle quali può essere utilizzato in diversi settori, essendo processabile con gli apparecchi già predisposti alla lavorazione della plastica normale. Tra i polimeri prodotti direttamente da microrganismi naturali (terza categoria) si trova anche una miscela di poliesteri, costituita da poliidrossibutirrato e poliidrossivalerato (PHBV) perfettamente biodegradabile e

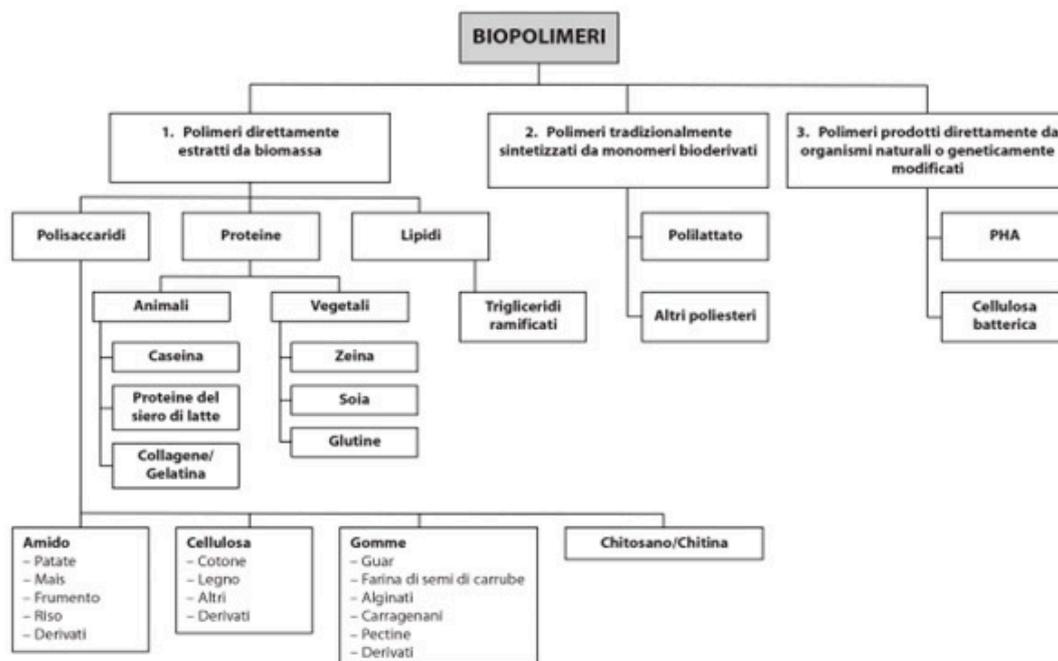


Figura 9. Schema descrittivo dei principali biopolimeri (Piergiovanni e Limbo, 2010).

con buone caratteristiche di barriera; troviamo anche un altro polimero, il pullulano, che ha natura termoplastica (trasformabile con attrezzature convenzionali), presenta buona barriera ai gas ed è completamente biodegradabile (Piergiovanni e Limbo, 2010). Molti di questi biopolimeri vengono già ampiamente utilizzati, abbinando elementi diversi tra loro allo scopo di ottenere un prodotto specifico e versatile, questo soprattutto nell'industria alimentare, ma le ricerche e le sperimentazioni proseguono per allargare il loro utilizzo anche in altri settori e ottimizzare sempre di più un'economia della plastica circolare, dove "compostabile" e "riutilizzabile" diventeranno le parole chiave.

Conclusioni

In questo articolo si è voluto analizzare step by step come la plastica influenza la nostra vita, svolgendo un ruolo chiave sia come materiale di costruzione, sia come fattore di stoccaggio, protezione e conservazione in tantissimi settori. Dall'industria (automobilistica, edile, elettronica), al packaging, agli accessori per il tempo libero e non. I materiali plastici, sin dalla loro invenzione, hanno rivoluzionato il modo di vivere, acquistare e interagire con i prodotti. Il vero boom è avvenuto dopo la Seconda guerra mondiale (che diede inizio a quello che chiamiamo "consumismo di massa") e la produzione si è fatta

sempre più intensiva, sottovalutando il potenziale problema dello smaltimento dei prodotti, una volta finito il loro ciclo di vita. Questo fatto ha portato ad avere una quantità incredibile di rifiuti di plastica che, a causa della scarsa conoscenza nel campo del riciclo e dell'impatto di questi polimeri in natura, è stata (e lo è ancora) dispersa nell'ambiente marino e terrestre di tutto il mondo (270 milioni di tonnellate solo nel 2010). Oltre ai danni provocati direttamente sulla fauna marina e terrestre, le microplastiche che si creano dalla frammentazione graduale dei polimeri plastici, vanno a incidere sull'ambiente, sulle falde acquifere e sulla salute umana.

L'ambito in cui c'è la più alta domanda di plastica è quello degli imballaggi, che, come ben sappiamo, riguardano anche il mondo dell'ottica, o meglio della contattologia: le lenti a contatto, i blister che le contengono, i portalenti e i flaconi delle soluzioni per la detersione/disinfezione sono costituiti da plastica. Come analizzato nell'articolo, ad oggi ci sono stati pochi studi sull'impatto ambientale del mercato delle lenti a contatto (packaging e lenti vere e proprie) e, sebbene sia stato riscontrato da questi un impatto minimo in confronto ai dati totali dell'inquinamento della plastica generale, il trend di crescita di questo mercato rende necessario il monitoraggio di questo fenomeno e l'attuazione di strategie in grado di

risolvere il problema prima che possa diventare un ulteriore fattore incidente sull'inquinamento. A questo scopo sarebbe già possibile intervenire sugli imballaggi quali blister, portamenti e flaconi di soluzioni, realizzandoli con nuovi materiali derivanti dalle bioplastiche quali ad esempio amido, acido polilattico, pullulano ecc., ciò abbinato all'attuazione di strategie di economia circolare (riutilizzo, riparazione, a rilavorazione e riciclo). Riguardo alle lenti a contatto, considerato che i materiali che le compongono sono costituiti da polimeri di natura sintetica, non biodegradabili, sarebbe necessario che ogni azienda produttrice di lenti e ausili per la loro manutenzione riportasse, sulle confezioni dei prodotti, delle linee guida sullo smaltimento degli stessi, in abbinamento ad un programma ben strutturato, magari in collaborazione con enti territoriali specifici, di recupero e riciclo di tutti i componenti.

Riferimenti bibliografici

- Aretoulaki, E., Ponis, S., Plakas, G., et al. (2020). A systematic meta-review analysis of review papers in the marine plastic pollution literature. *Marine Pollution Bulletin*, 161, 111690. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111690>
- Assottica, sito web. "Materiali delle lenti a contatto", consultato in aprile 2022 <https://www.assottica.it/portatori/materiali/>
- Biotrue One Day Lenses. Sito web, consultato in aprile 2022 <https://www.biotrueonedaylenses.com/one-by-one-recycling>
- Carugo, O. (2019). *L'età della plastica*. Roma: Castelvecchi.
- Chandran, M., Tamilkolundu, S., & Murugesan, C. (2020). Conversion of plastic waste to fuel. In *Plastic Waste and Recycling* (pp. 385–399). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817880-5.00014-1>
- Davis, H. (2005). *Life & Death in the Anthropocene: A Short History of Plastic*.
- Ellen MacArthur Foundation. (2020). *Study confirms need for urgent transition to a circular economy for plastic*. Tratto da Ellen MacArthur Foundation: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/news/new-study-confirms-need-for-urgent-transition-to-a-circular-economy-for-plastic>
- Fonn, D., & Sweeney, D. (2015). The benefits of silicone hydrogel daily disposable lenses. *Contact Lens Spectrum*, 30, 42-45.
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. <http://advances.sciencemag.org/>
- GreenDotBioplastic (2020), sito web "Bioplastics role in the New Plastic Economy" <https://www.greendotbioplastics.com/bioplastics-role-new-plastic-economy/>
- Istituto Oikos - articolo visionato il 5/04/2022 <https://www.istituto-oikos.org/mareinclasse/cosa-dice-la-scienza>
- IUPAC.ORG sito web, articolo visualizzato in aprile 2022 <https://iupac.org/polymer-edu/what-are-polymers/>
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768–771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- Johnson & Johnson Vision Care, Inc. (2021). *Sustainability At Acuvue®: A World Worth Seeing*. Acuvue. <https://www.acuvue.com/sustainability>.
- Kobashi, H., & Ciolino, J. B. (2018). Innovative Development of Contact Lenses. www.corneajrnl.com
- Letcher T.(2020) "PLASTIC WASTE AND RECYCLING: Environmental Impact, Societal Issues, Prevention, and Solutions"
- Morgan S.L. et al.(2003) "Environmental impact of three replacement modalities of soft contact lens wear", *Contact Lens & Anterior Eye* 26 (2003) 43–46
- Napper, I. E., & Thompson, R. C. (2020). Plastic Debris in the Marine Environment: History and Future Challenges. *Global Challenges*, 4(6), 1900081. <https://doi.org/10.1002/gch2.201900081>
- Piergiovanni, L., & Limbo, S. (2010). *Food packaging: Materiali, tecnologie e soluzioni*. Springer Science & Business Media.
- Plastic Europe (2019), sito web <https://plasticseurope.org/plastics-explained/how-plastics-are-made/>
- Platform Optic (2022) sito web :<https://www.platform-optic.it/il-mercato-delle-lenti-a-contatto-e-sicuramente-un-settore-in-evoluzione/>
- Rhodes, C. J. (2018a). Plastic pollution and potential solutions. In *Science progress* (Vol. 101, Issue 3, pp.207–260). NLM (Medline). <https://doi.org/10.3184/003685018X15294876706211>
- Rolsky, C., Kelkar, V. P., & Halden, R. U. (2020). Nationwide Mass Inventory and Degradation Assessment of Plastic Contact Lenses in US Wastewater. *Environmental Science and Technology*, 54(19), 12102–12108. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c03121>
- Smith, S. L., Orsborn, G. N., Sulley, A., Chatterjee, N. B., & Morgan, P. B. (2022). An investigation into disposal and recycling options for daily disposable and monthly replacement soft contact lens modalities. *Contact Lens and Anterior Eye*, 45(2), 101435.
- Science History Institute. (2013, ottobre 25). *History and Future of Plastics*. *TratScience*: <https://www.sciencehistory.org/thehistory-and-future-of-plastics>
- UNEP. (2018). "The State of Plastics: World Environment Day Outlook" <https://www.unep.org/resources/report/state-plastics-world-environment-day-outlook-2018>
- Vescovo (2019) <https://time.com/5588691/victor-vescovo-plastic-oceans/>
- Vifra (2019). *Storia della plastica* https://vifra.com/storia-della-plastica/?cli_action=1648829661.798
- Wilhelmi, Abigail, "Environmental Impacts of Contact Lens Waste" (2021). *Arts & Sciences Undergraduate Showcase*. 7. <https://commons.und.edu/as-showcase/7>
- WWF, 2022 <https://www.wwf.it/cosa-facciamo/mari-e-oceani/plastica>
- Yeung & Davis (2019) The environmental impact of contact lens waste. *Contact Lens Spectrum*, Volume: 34, Issue: August, 27-30