

The present work, produced by the [ECOSIGN Consortium](#), is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](#).

# Eco-Design nel Food packaging

## UNITA' 10: Imballaggio attivo ed intelligente

Gabriel Laslu, Dipl. Eng. (IDT1), [gabriel.laslu@gmail.com](mailto:gabriel.laslu@gmail.com)

Gabriel Mustatea, Ph. D. [gabi.mustatea@bioresurse.ro](mailto:gabi.mustatea@bioresurse.ro)

10.1 Definizioni .....	2
10.2 Materiali ed articoli attivi .....	2
10.3 Materiali ed articoli intelligenti .....	5
10.4 La barriera funzionale .....	7

Alla fine di questa unità, lo studente sarà in grado di:

- Conoscere i principali tipi di imballaggi alimentari attivi ed intelligenti;
- Conoscere i principi alla base delle tecnologie per produrre imballaggi alimentari attivi ed intelligenti;
- Conoscere le applicazioni di imballaggi alimentari attivo ed intelligente

## 10.1 Definizioni

Il **Regolamento (CE) n. 450/2009** include le seguenti definizioni e requisiti:

"Materiali ed oggetti attivi": materiali ed articoli destinati a prolungare la durata di conservazione o a migliorare le condizioni del prodotto alimentare confezionato; sono progettati per incorporare deliberatamente componenti che potrebbero essere rilasciati o assorbire sostanze all'interno o all'esterno del cibo confezionato o dell'ambiente circostante il cibo;

- "rilascio di materiali ed oggetti attivi" sono quei principi attivi ed articoli progettati per incorporare deliberatamente componenti che potrebbero essere rilasciati all'interno del cibo confezionato o dell'ambiente circostante il cibo;

- "sostanze attive rilasciate" sono quelle sostanze che sono destinate ad essere rilasciate all'interno o sul cibo confezionato o nell'ambiente circostante.

- "componente" è una singola sostanza o una combinazione di singole sostanze che causa la sostanza attiva e/o la caratteristica intelligente di una sostanza; non include le parti passive come il materiale a cui sono aggiunte o incorporate;

L'imballaggio attivo è un tipo di imballaggio alimentare con una funzione aggiuntiva, oltre a quella di fornire una barriera protettiva contro l'influenza esterna. L'imballaggio attivo ha lo scopo di influenzare il cibo confezionato. L'imballaggio assorbe le sostanze chimiche correlate al cibo o all'ambiente che lo circonda; o che rilascia sostanze nel cibo o nell'ambiente che lo circonda come conservanti, antiossidanti, aromi ecc.

"Materiali ed articoli intelligenti" significa materiali ed articoli che monitorano le condizioni del cibo confezionato o dell'ambiente circostante.

L'imballaggio intelligente fornisce all'utente informazioni sullo stato dell'alimento. La base del componente può essere posizionata sulla superficie esterna del pacco e può essere separata dal cibo mediante una barriera funzionale.

## 10.2 Materiali ed articoli attivi

Seguendo la definizione di materiali ed articoli attivi, possiamo raggruppare gli esempi come segue:

### **A) I sistemi di assorbimento / pulizia:**

Assorbimento dell'umidità: cuscini utilizzati, ad esempio, per assorbire le gocce di carne, pollame e pesce nella confezione primaria. Possono, ad esempio, essere una rete di plastica laminata come adesivi e pastiglie contenenti solo le fibre polimeriche o poliacrilati granulari o in combinazione con la cellulosa naturale che contribuiscono alla funzione assorbente di questi cuscini.

I materiali e gli articoli che funzionano esclusivamente sulla base di componenti naturali, come pastiglie composte al 100% di cellulosa, non rientrano nella definizione di materiali ed articoli attivi perché non sono progettati per incorporare deliberatamente componenti che rilasciano o assorbono sostanze. Altri esempi di



assorbenti che entrano e che non rientrano nella definizione di materiali e oggetti attivi sono presentati nell'allegato 1.



**Fig. 1: Cuscini e buste assorbenti e una busta assorbente di etilene**  
**A) Assorbitori di umidità, B) Ossigenatori, C) Assorbitori di etilene**

Gli **assorbitori di ossigeno** sono utilizzati nelle confezioni di pasta, latte in polvere, biscotti ecc. Questi assorbitori sono solitamente sotto forma di buste. Rimuovono o catturano l'ossigeno residuo all'interno della confezione (dall'ambiente del prodotto alimentare o dal cibo stesso) per ridurre l'esposizione all'ossigeno. L'esposizione all'ossigeno può portare ad un aumento del cibo microbiologico, cambiamenti chimici negli alimenti, ecc. Un assorbitore di ossigeno è inteso a ridurre questi effetti prolungando così la durata di conservazione dei prodotti alimentari. Gli assorbitori di O<sub>2</sub> più comunemente utilizzati sono polvere di ferro e acido ascorbico. Il più comunemente usato è la polvere di ferro che ha una grande area di reazione. I assorbitori possono ridurre la concentrazione di ossigeno nello spazio libero della confezione allo 0,01%. È possibile utilizzare diverse quantità di ossigeno assorbente da 20 a 2000 ml di ossigeno. I moderni tamponi per la pulizia utilizzano una miscela di polvere di ferro e cloruro di sodio per O<sub>2</sub>. Spesso, anche il carbone attivo viene assorbito dai pori dei suoi altri gas e da molte molecole organiche, pur mantenendo i prodotti e rimuovendo gli odori. I fattori che portano a scegliere il tipo di contenitore includono le dimensioni, il peso e la forma del prodotto; attività dell'acqua nel prodotto; la quantità di ossigeno disciolta nel prodotto; il periodo di validità richiesto per il prodotto; la permeabilità all'ossigeno del materiale di imballaggio; il livello iniziale di ossigeno nello spazio di testa del pacchetto. Varie applicazioni sono: prodotti a base di carne macinata, cotti, conservati, pesce trattato, prodotti da forno, prodotti secchi, latte, uova essiccate, spezie, erbe e prodotti dolciari.

Gli **assorbitori di etilene** utilizzati possono essere buste o incorporati in un film polimerico. Un esempio di applicazione è un sacchetto di plastica con l'assorbente di etilene incorporato. L'etilene, un ormone naturale della crescita delle piante, è importante per il processo di maturazione di frutta e verdura, viene rilasciato durante la respirazione e quindi guida il processo di maturazione. Il componente attivo del polimero è progettato per prevenire l'eccesso di etilene e prolungare la durata di conservazione del prodotto imballato.

La maggior parte degli assorbitori di etilene sono basati sul permanganato di potassio. Altri assorbitori di etilene sono carbone attivo, bentonite e alluminosilicati (ad esempio zeoliti).



### **Assorbitori di anidride carbonica**

Gli assorbimenti di anidride carbonica possono essere di due tipi:

- a) contenenti l'assorbente fisicamente (zeolite);
- b) contenenti l'assorbente chimicamente (idrossido di calcio).

### **Assorbitori di umidità**

Una parte dei vapori ambientali del pacchetto condensa nell'imballaggio a causa del cambiamento di temperatura. Inoltre, gocce di acqua appaiono contenute nel cibo. Inoltre, l'acqua viene prodotta durante la decomposizione di grassi e carboidrati. L'acqua accumulata può causare la crescita di microrganismi che portano al degrado degli alimenti. L'acqua eccessiva può essere rimossa dall'impiego di un involucro alimentare impermeabile al vapore acqueo. I comuni sistemi di assorbimento includono un polimero superassorbente posto tra due strati di polimero microporoso o non tessuto. Utilizzare i sali del poliacrilato, carbossil metilcellulosa (carbossimetilcellulosa - CMC), copolimeri contenenti amido.

### **Rimuovere gli odori**

Gli odori e i sapori indesiderati vengono rimossi attraverso la rimozione di ammine, aldeidi e acidi grassi prodotti durante l'ossidazione degli acidi grassi primari e secondari. Anche i composti amari (limonina) vengono eliminati dai succhi del frutto. Alcuni odori sgradevoli possono essere percepiti dai consumatori all'apertura della confezione, anche quando il cibo può essere consumato in sicurezza. La lavorazione di materie plastiche, come la fusione, l'estrusione, può causare odori sgradevoli. Gli antiossidanti possono anche essere usati per ridurre gli odori sgradevoli. Da un punto di vista commerciale, sono state utilizzate pochissime tecniche di confezionamento per eliminare selettivamente sapori e composti con gusti indesiderati, ma ci sono molte opportunità potenziali. Un esempio di tale opportunità è combattere il gusto amaro dei succhi d'arancia pastorizzati. Alcune varietà di arancia sono particolarmente inclini ai sapori amari causati dalla limonina, un composto chimico che viene rilasciato nel succo dopo aver pressato e pastorizzato le arance. Una possibile soluzione di imballaggio attivo sarebbe incorporare adsorbenti di limonina (ad es. Triacetato di cellulosa o carta acetilata) in materiali di imballaggio di succo d'arancia.

### ***B) Sistemi di somministrazione di sostanze alimentari:***

Le applicazioni sono imballaggi che contengono sostanze che vengono rilasciate nel cibo come conservanti, antiossidanti, aromi, enzimi. Questi principi attivi rilasciati sono intenzionalmente aggiunti al cibo confezionato o ad esso destinati per adempiere un compito e per mantenere o prolungare la durata di conservazione degli alimenti confezionati.

### **Agenti antimicrobici**

La carne e i prodotti a base di carne sono più suscettibili di essere danneggiati dai microbi. Lo scopo principale è ridurre, inibire o ritardare la crescita di microrganismi. L'agente antimicrobico diminuisce la fase della curva di crescita dello sviluppo microbico e, infine, riduce la crescita di microrganismi. Gli emettitori di etanolo possono essere utilizzati per migliorare la durata di conservazione del pane, prodotti ittici essiccati e semi-essiccati. Altri agenti antimicrobici sono indicati nell'allegato 1, tabella A1-1.



### **C) Sistemi con sostanze inserite o applicate sulla parete della confezione:**

Le applicazioni sono confezioni che contengono un additivo o un enzima che viene applicato sulla superficie a contatto con il cibo e ha un effetto tecnologico sul cibo. Questi materiali incorporano uno o più componenti attivi che influenzano deliberatamente le condizioni dell'alimento senza intento migratorio. Questa categoria di imballaggio è quindi simile alla precedente con la differenza che il principio attivo non viene rilasciato nel cibo, ma rimane applicato o inserito sulla superficie del pacco; qualsiasi migrazione verso il cibo non è intenzionale.

<b>Imballaggio attivo</b>	<b>Applicazioni</b>
Ossigenatori	Praticamente tutte le classi di alimenti
Emettitori di CO2	Praticamente tutti gli alimenti interessati dalla muffa
Assorbitori di vapore acqueo	Cibo secco e sensibile al movimento
Assorbitori di etilene	Prodotti orticoli
Emettitori di etanolo	Piatti cucinati (ove consentito)

Una tabella dettagliata dei sistemi attivi utilizzati negli imballaggi alimentari è riportata nell'Allegato 1.

## 10.3 Materiali ed articoli intelligenti

Lo **Smart Packaging** può essere raggruppato in:

- A) Indicatori della qualità del prodotto - Indicatori temperatura-tempo (Indicatori temperatura tempo - TTI), Indicatori gas, Indicatori nuovi ecc.
- B) Protezione del prodotto - rotture, furti, ecc.
- C) Aumentare l'utilità - durante la preparazione e la cottura del cibo.

Inoltre, ogni indicatore utilizzato nella confezione deve essere caratterizzato dalle seguenti caratteristiche:

- prezzo basso;
- la capacità di lettura senza dover utilizzare un dispositivo;
- non tossico;
- stabilità;
- sensibilità;
- la reazione deve essere irreversibile;
- facilmente inserito nel pacchetto.

### **Indicatori tempo-temperatura**

sono intesi a fornire informazioni sul fatto che una soglia di temperatura sia stata superata nel tempo e/o fino al tempo minimo stimato che un prodotto può trascorrere al di sopra di una soglia di temperatura (cronologie di temperatura nel tempo), ad es. dal momento in cui gli alimenti sono confezionati nel punto di consumo. L'indicazione è spesso un segnale visivo. Un segnale visivo positivo potrebbe indicare che un prodotto



non è più fresco o non è adatto per essere mangiato. Le informazioni fornite devono essere affidabili e accurate e non ingannare il consumatore.

### Negoziazione degli indicatori - TTI:

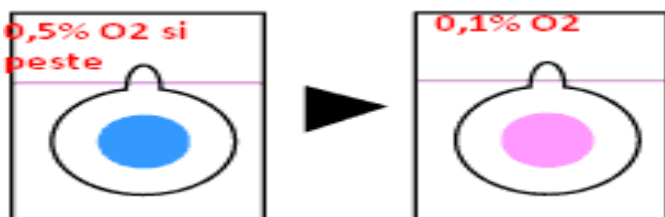
- LifeLinesFresh-Check
- o Basato sulla reazione di polimerizzazione
- Marchio del monitor 3M
- o Basato sulla diffusione del colorante
- Vitsab®TTI (Cox Technologies)
- o Basato sul cambiamento di colore della lipasi



**Fig. 2: Esempi di indicatori TTI**

### L'indicatore dell'ossigeno

Questo indicatore fornisce informazioni sulle perdite. L'indicatore è utilizzato per imballaggi alimentari controllati o con atmosfera modificata. Un tipico indicatore di ossigeno è costituito da un colorante redox (es. Metilico blu), un composto alcalino (idrossido di sodio) e un agente riducente composto (ad esempio zuccheri riduttori). Altri indicatori sono quelli dell'enzima ossidativo a base di ossigeno. Inoltre, viene aggiunto un solvente (acqua o alcool) e un agente di carica (ad es. Gel di silice, polimeri, cellulosa, zeoliti). L'indicatore può essere un'etichetta, uno strato stampato, una compressa o può anche essere laminato nel polimero (film).



**Fig.3: Indicatore di O2. Presente O2 blu, O2 rosso limitato**



Nell'allegato 2 tabella A2-1 sono presentati alcuni indicatori utilizzati all'interno o all'esterno dell'imballaggio alimentare. Vi sono indicazioni riguardanti il tipo di indicatore, il principio di funzionamento, le informazioni ottenute con essi e le attuali applicazioni degli indicatori descritti.

## 10.4 La barriera funzionale

Il **Regolamento (CE) n. 450/2009** fornisce la seguente definizione:

- "barriera funzionale": una barriera costituita da uno o più strati di materiale a contatto con il cibo che rende il materiale o l'articolo finito conforme all'articolo 3 del regolamento (CE) n. 1935/2004 e con questo regolamento.

Questa barriera è uno strato del materiale o degli articoli che vengono a contatto con il cibo impedendo la migrazione di sostanze dalla faccia della barriera nel cibo.

Il livello massimo di migrazione tollerato è 0,01 mg di sostanza / kg di cibo per una sostanza. Questo limite di migrazione è applicabile ad un gruppo di sostanze dal punto di vista strutturale e tossicologico interdipendente, in particolare se sono isomeri della stessa sostanza o delle stesse sostanze dello stesso gruppo funzionale; include anche il trasferimento possibile al di fuori del pacchetto.

Se è dimostrato che il materiale di imballaggio o uno strato funge da barriera funzionale alla migrazione è possibile utilizzare sostanze non autorizzate nello strato (strati) dietro la barriera (non a contatto con il cibo) purché non rientrino una delle seguenti categorie:

- Sostanze che sono mutagene, cancerogene o tossiche per la riproduzione.
- Le nuove tecnologie che inducono le sostanze chimiche che hanno proprietà chimiche e fisiche che differiscono significativamente dalle parti costitutive della confezione, ad esempio le nanoparticelle, dovrebbero essere valutate caso per caso per il loro rischio fino a quando non si conosceranno maggiori informazioni su questa nuova tecnologia. Pertanto, non sono coperti dal concetto di barriera funzionale.

Finora, sono stati trovati in tre tipi di situazioni:

- **per materie plastiche riciclate:** i materiali plastici riciclati possono essere contaminati da diversi prodotti chimici nell'ambiente del consumatore; per impedire che tali contaminanti raggiungano il cibo viene intercalata una barriera funzionale tra plastica riciclata e cibo;

- **per sostanze non approvate dalla normativa:** secondo un progetto di regolamento UE, l'industria sarà autorizzata a utilizzare sostanze che non sono approvate dalle autorità responsabili per la salute pubblica, (i) se queste sostanze non sono cancerogene e (ii) se sono separati dal cibo da una barriera funzionale, che garantisce che non siano rilevabili nel cibo. Tali sostanze sono chiamate nel regolamento "sostanze della barriera funzionale";

- **per gli imballaggi attivi:** nell'area dell'imballaggio attivo, le barriere funzionali possono impedire la migrazione di sostanze attive o di componenti della sostanza attiva.



A differenza del vetro o dei metalli, che sono barriere assolute su uno spessore minimo, non è possibile indicare regole generali per i materiali plastici. L'efficienza dipende dalla storia del cibo o del polimero, nonché dalle proprietà geometriche dell'imballaggio, principalmente dal loro spessore. Alcune informazioni generali possono essere fornite:

- è improbabile che le poliolefine e l'EVA siano in grado di agire come barriera funzionale, qualunque sia lo spessore degli strati;
- altri polimeri, PET, EVOH, PVC, PVDC, PAN possono fungere da barriera funzionale se lo strato barriera è sufficientemente spesso.

Per decidere sullo spessore minimo è possibile utilizzare un software che tenga conto dell'intera storia del materiale per il contatto alimentare. Il software [MULTITEMP e MULTIWISE] (INRA) è in grado di descrivere successivamente:

- la diffusione nella barriera durante la lavorazione (tenendo conto di una velocità di raffreddamento);
- la diffusione nella barriera durante la conservazione della confezione vuota;
- la migrazione durante il riempimento a caldo;
- la migrazione durante la conservazione del cibo (tenendo conto degli effetti dell'inflazione).

L'efficienza degli strati di polimero può variare molto se la penetrazione avviene in poche ore, o per lo stesso spessore di lamina, in oltre 100 anni (Gross, 2014). Molti produttori hanno realizzato, ad esempio, cartoni con strati barriera sia come strato applicato dalla sostanza sia con fogli laminati. I materiali utilizzati per questa gamma vanno dagli acrilati alle combinazioni di EVOH con poliammidi e poliesteri. Le barriere sollevano molti problemi con la riciclabilità, l'aderenza del cartone, le prestazioni dell'imballaggio. Un esempio di tale materiale è Foodboard, commercializzato da Mayr-Melnhof, una grande azienda austriaca che produce imballaggi in cartone.

È stato commercializzato dopo 5 anni di ricerca da un team di 20 specialisti, per il quale sono stati effettuati oltre 14.000 test e due milioni di cartoni. Viene fornito con una barriera innovativa, ecologica e biodegradabile. Grazie a questo strato protettivo, gli alimenti confezionati sono protetti da sostanze come oli minerali, ftalati, BPA e altre sostanze che possono apparire attraverso l'imballaggio (Mayr-Melnhof Karton, 2015).





**Tabella A1-1 Sistema di imballaggio attivo <sup>1</sup>**

<b>Sistema di imballaggio attivo</b>	<b>Elementi attivi</b>	<b>Applicazioni alimentari</b>
Ossigenatori	Catalizzatore ferro-metallico / acido, metallo (ad es. Platino), ascorbato / sali metallici, enzimi e nylon	Pane, dolci, riso cotto, biscotti, pizza, pasta, formaggio, carne e pesce trattati, caffè, snack, cibi secchi e bevande
Emettitori di anidride carbonica	Ossido di ferro / idrossido di calcio, carbonato ferroso / alogenuri metallici, ossido di calcio / carbone attivo e acido ascorbico / bicarbonato di sodio	Caffè, carni fresche e pesce, frutta secca e altri snack e pan di spagna
Assorbitori di etilene	Permanganato di potassio, carbone attivo e argille / zeoliti attivate	Frutta e verdura
Imballaggio antimicrobico (AM)	Acidi organici, zeolite d'argento, estratti di spezie ed erbe, antiossidanti BHA / BHT, antiossidante della vitamina E, biossido di cloro e biossido di zolfo	Cereali, carni, pesce, pane, formaggio, snack, frutta e verdura
Emettitori di etanolo	Etanolo incapsulato	Croste di pizza, dolci, pane, biscotti, pesce e prodotti da forno
Assorbitori di umidità	Polietilene, argille attivate e minerali e gel di silice	Pesce, carne, pollame, snack, cereali, cibi secchi, panini, frutta e verdura
Adsorbitori di sapore / odore	Triacetato di cellulosa, carta acetilata, acido citrico, sale ferroso / ascorbato (vitamina C o acido ascorbico) e carbone attivo / argille / zeoliti	Succhi di frutta, snack fritti, pesce, cereali, pollame, latticini e frutta
Auto-riscaldamento e auto-raffreddamento	Calce viva / acqua, nitrato di ammonio / acqua e cloruro di calcio / acqua	Piatti pronti e bevande
Modifica della permeabilità ai gas	Polimeri cristallizzabili a catena laterale	Frutta e verdura

<sup>1</sup> Simran Kaur, 2 Divya Puri, Active and intelligent packaging: A boon to food packaging, International Journal of Food Science and Nutrition ISSN: 2455-4898, July 2017



	BHA e BHT sono antiossidanti. L'ossigeno reagisce preferenzialmente con BHA o BHT piuttosto che con grassi o oli, proteggendoli così dal deterioramento.	
--	--	--



## ***Allegato 2: Sistemi di imballaggio intelligenti***

### ***a) Indicatori***

- Indicatori tempo-temperatura - TTI
- Indicatore di ossigeno
- Indicatore di biossido di carbonio
- Indicatore di colore
- Indicatore di crescita microbica
- Indicatore di rottura dell'imballaggio
- Indicatore di freschezza (danno microbico o patogeni)
- Indicatore di perdite
- Dispositivi per il rilevamento di gas

### ***b) Dispositivi di tracciabilità***

- Chip / etichette per identificazione a radiofrequenza - RFID

### ***c) Sensori***

- Sensori intelligenti
- biosensori
- Sensori di gas di identificazione
- Sensori di ossigeno basati sulla fluorescenza



## Allegato 2: Sistemi di imballaggio intelligenti

**Tabella A2.1 Diversi indicatori utilizzati all'interno o all'esterno dell'imballaggio alimentare <sup>2</sup>**

Indicatori	Principi/ Reagenti	Informazioni ottenute	Applicazioni
Indicatori tempo-temperatura (esterno)	Enzimatico chimico meccanico	Condizioni di archiviazione	Cibi freddi e surgelati
Indicatori di ossigeno (interno)	Indicatori Redox (riduzione-reazione di ossidazione), indicatori di colori, indicatori di pH (indicatori di colore con enzimi)	Perdita dalla confezione a causa delle condizioni di stoccaggio	Alimenti immagazzinati in confezioni con concentrazione di ossigeno ridotta
Anidride carbonica - Indicatori (interni)	chimico	Perdita dalla confezione a causa delle condizioni di stoccaggio	Imballaggi alimentari a atmosfera modificata o controllata
Indicatori di crescita microbica (interno / esterno)	Indicatori di colore per pH. Tutti i coloranti che reagiscono con determinati metaboliti (volatili o non volatili)	Spoilage (qualità microbica degli alimenti)	Alimenti deperibili come carne, pesce e pollame
Indicatori patogeni (interni)	Vari metodi chimici e immunochimici che reagiscono con le tossine	Batteri patogeni specifici come Escherichia coli 0157	Alimenti deperibili come carne, pesce e pollame
<b>Prodotti intermedi e metabolismo</b>			
IMMUNOCHEMISRTY s. f. Filiale di biochimica che si occupa dello studio della natura chimica dell'immunità per la preparazione di sieri e vaccini purificati. - Da fr. immunochimie.			

<sup>2</sup> Simran Kaur, 2 Divya Puri, Active and intelligent packaging: A boon to food packaging, International Journal of Food Science and Nutrition ISSN: 2455-4898, July 2017

