

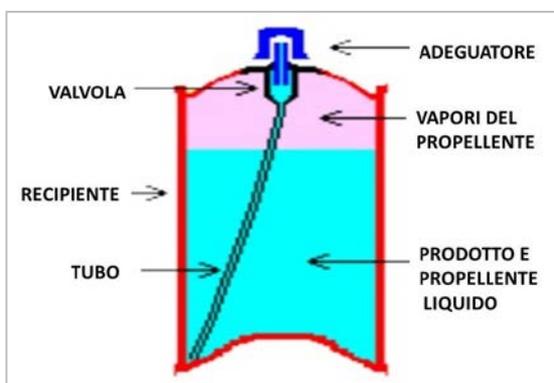
L'INDUSTRIA CHIMICA SPECIALISTICA. NOTA 4: GLI SPRAY AEROSOL

Ferruccio Trifirò

Gli aerosol sono delle particelle liquide o solide disperse da un gas propellente. I formulati a base di spray aerosol sono costituiti dal prodotto, dal propellente, dal co-solvente, dagli additivi e dal contenitore con tutti i suoi componenti. Gli spray aerosol sono utilizzati in quasi tutte le industrie specialistiche ed in questa nota si approfondirà solo uno dei componenti principali il propellente. Ci sono propellenti a base di gas compressi ed a base di gas compressi liquefatti. Gli aspetti ambientali sono stati la forza trainante dei cambiamenti dei propellenti nel corso degli anni.



Un aerosol è una sospensione colloidale di particelle microscopiche con dimensioni da 0,1 a 125 micron, liquide o solide disperse in un liquido ed emesse nell'aria sotto l'azione di un gas propellente. Sono chiamati spray aerosol i prodotti chimici che vengono venduti insieme al contenitore che genera l'aerosol [1,2,3,4,5,6]. Si riporta di seguito la definizione di spray aerosol contenuta nel Decreto del Presidente della Repubblica n° 741 del 21 luglio 1982: "Per generatore aerosol si intende l'insieme costituito da un recipiente non riutilizzabile di metallo, vetro o materiale plastico, contenente un gas compresso, liquefatto o disciolto sotto pressione, insieme o non ad un liquido, una pasta o una polvere e munito di un



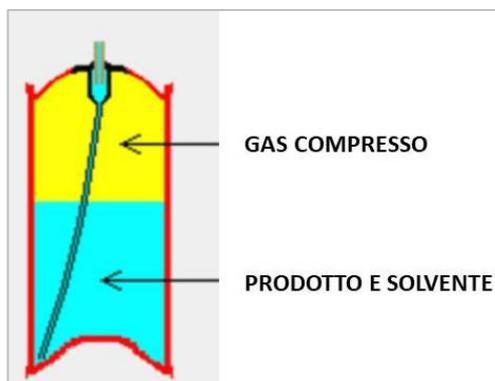
dispositivo di prelievo che permetta la fuoriuscita del contenuto sotto forma di particelle solide o liquide in sospensione gassosa, sotto forma di schiuma, di pasta o di polvere o allo stato liquido. L'aerosol è un dispositivo per la distribuzione del prodotto relativamente semplice. La bombola è di solito fatta di acciaio, alluminio o vetro". Da questa definizione si capisce che l'aerosol è un formulato unico, diverso da tutti gli altri, perché è costituito non solo dalla presenza di diverse sostanze chimiche, ma anche dal tipo

di contenitore e dalla fase di riempimento e di confezionamento. A seconda della natura del prodotto concentrato (costituito dal principio attivo e dagli additivi), dal propellente, dal solvente o co-solvente, nonché del tipo di contenitore, il prodotto dispensato sarà uno spray liquido, una schiuma, una pasta o una polvere. Per esempio la schiuma può essere un sapone da barba, una pasta un antiadesivo per saldatura, la polvere uno spray di talco ed il liquido un deodorante. Gli aerosol sono utilizzati nell'industria chimica nella produzione di diversi prodotti (cosmetici, prodotti per la casa, insetticidi, farmaci, vernici, ecc.) che vengono emessi in forma dispersa per l'azione di un gas liquefatto o compresso.

L'oggetto di questa nota saranno gli spray aerosol, non saranno i farmaci aerosol utilizzati in aerosolterapia e gli aerosol atmosferici. Nell'aerosolterapia i farmaci sono venduti liquidi e

sono portati allo stato di aerosol successivamente da un adatto generatore e sono introdotti nell'organismo attraverso le vie respiratorie.

La parola aerosol non è solo utilizzata per caratterizzare alcuni prodotti industriali, ma anche polveri e gocce di liquido che si formano nell'aria a causa di fenomeni naturali ed attività



industriali. Questi aerosol negativi per l'uomo sono presenti nell'atmosfera e pur essendo in concentrazioni molto basse, possono variare la visibilità e il trasferimento della radiazione solare e giocano un ruolo principale nell'acidificazione e nella formazione di nubi, pioggia e nebbia, provocando effetti negativi sul clima. Gli aerosol atmosferici possono formarsi da condensazione o sublimazione di sostanze a bassa tensione di vapore provenienti dalle eruzioni vulcaniche e dalle combustioni prodotte dall'attività umana;

dalle reazioni tra gas presenti in tracce nell'atmosfera, quali per esempio la formazione di NH_4Cl da NH_3 e HCl o l'ossidazione di SO_2 a SO_3 e conseguente idratazione a H_2SO_4 ; dalla diffusione di materiale proveniente dagli spruzzi di acqua marina degli oceani o polvere di minerali dalla superficie terrestre. È bene ricordare che esiste in Italia l'Associazione Aerosol, ma questa raccoglie solo ricercatori, professionisti, studenti che per passione, interesse o lavoro si occupano di aerosol atmosferico.

Aspetti industriali degli spray aerosol

Le industrie che operano in Italia nel settore aerosol fanno parte dell'Associazione Italiana Aerosol (AIA) di Federchimica [7,8]. AIA rappresenta le imprese che contribuiscono alla realizzazione del prodotto aerosol, alla realizzazione del manufatto, al riempimento delle sostanze nel contenitore ed al confezionamento finale. Sono quindi coinvolti non solo i produttori di propellenti, del prodotto, di additivi e del co-solvente che afferiscono a industrie chimiche, ma anche i produttori di macchine, dei recipienti e degli accessori, quali valvole ed erogatori, le aziende chimiche che si occupano del riempimento per conto proprio e per conto terzi e gli importatori e i distributori di aerosol sul mercato italiano. Fanno parte dell'AIA 59 aziende che costituiscono il 70% delle imprese che operano in Italia in questo settore. Tali aziende sono coinvolte nelle seguenti categorie merceologiche: prodotti finiti aerosol in conto proprio e terzi, materie prime per prodotti aerosol, accessori per prodotti aerosol, contenitori per aerosol, macchine e impianti per aerosol. L'Italia è attualmente il quarto produttore europeo in questo settore e le percentuali di fatturato in Europa degli aerosol utilizzate nei diversi settori della chimica specialistica in Europa sono riportate in Tab. 1.

Tab. 1 - Produzione di aerosol in Europa nel 2016

Cosmetica	55,5%
Casa	20,7%
Macchine e Industria	7,8%
Alimentari	5,9%
Farmaceutica	5,2%
Pitture	4,9%

Dalla tabella risulta che il settore dei cosmetici, seguito da quello dei prodotti per la casa, è quello che ne utilizza in maggiore quantità. L'Associazione AIA aderisce alla FEA (European Aerosol Federation) e nel mondo le industrie più importanti sono Honeywell International Inc. (USA), Chemours Company (USA), Royal Dutch Shell (Olanda), Arkema Group (Francia), e Akzo

Nobel N.V. (Olanda). Le aziende che operano in Italia sono piccole e medie aziende italiane e filiali di multinazionali straniere. È utile ricordare che nel 1927 Eric Rotheim, un ingegnere norvegese, realizzò il primo brevetto sulla messa a punto di un aerosol che conteneva tutti i componenti di un moderno spray aerosol, ma gli aerosol sono stati utilizzati la prima volta per produrre insetticidi nel 1942 da parte degli americani; successivamente, nel 1950, c'è stata la prima applicazione in farmaceutica, come disinfettanti, e nel 1955 la prima applicazione per fornire sostanze terapeutiche, in particolare per azione sull'apparato respiratorio.

Settori di utilizzo degli aerosol

I settori di utilizzo degli aerosol sono in quasi tutte le industrie specialistiche [9,10,11] e sono i seguenti: prodotti per l'industria (svitanti, grassi, oli, siliconi, lucidanti, distaccanti, detergenti industriali, disossidante per contatto, aria spray, zincanti spray, smacchiatori); prodotti per lavanderie (appretti, deodoranti, smacchiatori); prodotti per la cura degli animali (deodoranti, shampoo secco, shampoo mousse, disabitante e antipulci); prodotti per la bicicletta (grassi, gonfia e ripara pneumatici, lucidanti); prodotti per l'auto (lucida cruscotti, lucidante gomme, cera spray); prodotti per la pelle (impermeabilizzanti, deodoranti, colori, rinvigenti); prodotti per la cosmetica (deodoranti personali, schiume per capelli, lacche per capelli, schiume da barba, profumi); prodotti per la casa (insetticidi e protezione piante, deodoranti per ambiente, prodotti per cura dei tessuti, prodotti per mobili, pulitori per forni, schiume per bagni e cucine,



lucidi per scarpe); prodotti per pitture e vernici (opache, lucide o satinare, protezione dielettrica, trasparenti); prodotti tecnici e per il fai-da-te, prodotti alimentari (panna spray, staccanti, coloranti, olio spray); farmaceutici (anestetici locali, detersione ferite, antibatterici, antifungini, antinfiammatori steroidei, cerotti spray,

antiasmatici, antisetici, antianginosi, schiume contraccettive, antiallergici, decongestionanti, broncodilatatori, antivirali e farmaci per uso sistemico); detergenti industriali (lubrificanti, distaccanti, detergenti, impermeabilizzanti, adesivi, protettivi ed antiruggine); prodotti per uso professionale (spray duster, ossia spray ad aria compressa per uso in elettronica).

I vantaggi degli spray aerosol rispetto ai prodotti liquidi risiedono nel fatto che possono essere impiegati con parsimonia, più velocemente e possono essere distribuiti in modo omogeneo formando una pellicola uniforme sulla superficie da trattare. Gli aerosol hanno più efficienza nella dispersione, permettono un dosaggio preciso, possono essere portati con sé, non danno contaminazione con aria od ossigeno e la vaporizzazione del prodotto consente poi di raggiungere zone altrimenti difficilmente accessibili. Inoltre c'è il vantaggio che il prodotto può essere erogato come schiuma, polvere, spray o pasta.

La formulazione di uno spray aerosol

Un formulato aerosol è costituito da un propellente, dal prodotto (principio attivo e additivi), dagli additivi che servono proprio ad ottimizzare lo spray aerosol, dal solvente o co-solvente, dal contenitore (con la valvola, l'erogatore e il tubo interno) ed anche dalla fase di confezionamento. In questa nota si parlerà solo dei propellenti, che sono le sostanze chimiche che caratterizzano maggiormente lo spray aerosol rispetto ad altre specialità, e dei contenitori. Non si parlerà del prodotto, poiché fa parte di specifiche industrie chimiche specialistiche.

I propellenti possono essere gas compressi che rimangono sulla superficie del liquido o gas liquefatti che sono in parte liquidi ed in parte sono nella fase gassosa [12,13,14,15]. Ci sono inoltre degli additivi come diluenti, antimicrobici, solubilizzanti, stabilizzanti, emulsionanti, lubrificanti, sospendenti e tensioattivi che servono ad ottimizzare il ruolo del propellente. Il tipo di prodotto ottenuto dipende in gran parte dalla pressione all'interno del contenitore, dalle proprietà chimico-fisiche del propellente, degli additivi, del principio attivo e dalle loro relative concentrazioni, dal volume di erogazione e dal tipo di valvola dosatrice. In uno spray aerosol, il propellente deve essere un gas o un liquido con una pressione di vapore leggermente superiore a quella atmosferica e con un punto di ebollizione inferiore alla temperatura ambiente. Il propellente ideale deve avere le seguenti proprietà: non essere tossico, tensione di vapore da 1 a 12 atm, inerte e resistente all'idrolisi, non infiammabile e non esplosivo, non deve presentare odore e colore, avere un buon potere solvente, l'assenza di proprietà irritanti, non deve essere VOC (ossia creare ozono nella troposfera), non deve contribuire a distruggere lo strato di ozono stratosferico, deve avere un basso effetto serra e deve produrre gas in grado di rilasciare il prodotto attivo alle pressioni relativamente basse di



utilizzo (in genere poche atmosfere di pressione). Praticamente nessun propellente utilizzato ha tutte queste proprietà ideali. I propellenti utilizzati sono gas inerti compressi (CO_2 , N_2 , N_2O ed in minore misura aria) o gas facilmente liquefacibili (idrocarburi leggeri, organici alogenati e dimetiletere). I propellenti a gas compressi disperdono il liquido solo per azione meccanica garantita dalla pressione del gas, mentre per i gas

compressi liquefatti la dispersione non è solo meccanica perché la miscela uscendo dall'ugello si ritrova a pressione atmosferica, quindi il gas passa dalla fase liquida a quella vapore trascinando con sé il principio attivo.

Nel formulato il prodotto è solubilizzato o sospeso come particolato solido nel solvente che può essere il propellente, addizionato a piccole quantità di tensioattivo per impedire l'aggregazione delle particelle od in emulsione ed in questo caso si aggiunge un disperdente. Quando il solvente è il propellente alle volte si addiziona un co-solvente per favorire la solubilità di tutti i componenti. Esistono anche degli spray aerosol dove il propellente è separato dal principio attivo. Per esempio viene prodotto uno spray per l'olio alimentare [16] dove l'olio è contenuto all'interno di una sacca che è poi inserita nel flacone in alluminio dove è immessa aria compressa che resta sempre separata dalla sacca e dal suo contenuto ed il propellente esercita pressione contro la sacca per fare uscire lo spray di olio. Quindi in questo caso quello che viene erogato è puro olio, perché nell'olio non sono contenuti propellenti o additivi chimici. Questo sistema viene chiamato Bag-On-Valve (BOV) [17] ed il propellente ha il solo scopo di esercitare una pressione sul sacchetto durante l'uso. Il vantaggio di questo sistema è che rende possibile confezionare prodotti molto densi (tipo gel e paste), particolarmente sensibili al contatto con il gas o l'aria, o destinati all'uso alimentare o farmaceutico.

I propellenti a gas compressi hanno il vantaggio di costare poco ed essere inerti, hanno bassa tossicità per inalazione, alta purezza, possibilità di essere sterilizzati, non provocano danni ambientali ed al clima (eccetto la CO_2), ma hanno lo svantaggio di provocare una dispersione meno efficace del prodotto e soprattutto la pressione interna diminuisce al diminuire del volume di fase liquida residua ed aumenta il volume occupato dal gas (Fig. 1). Questi gas compressi sono utilizzati maggiormente per aerosol per uso alimentare (per esempio il

protossido d'azoto è utilizzato per la panna spray) e per uso industriale e sono preferiti perché sono poco solubili. Sembra che nella cosmetica in futuro aumenterà l'utilizzo di N_2 . Attualmente il 10% di tutti gli spray aerosol utilizza gas compressi.



Fig. 1 - Aerosol con gas compresso

I propellenti a gas compressi liquefatti, invece, hanno il vantaggio di mantenere la pressione costante (Fig. 2) al diminuire del volume del liquido e danno una dispersione più efficace del prodotto. I propellenti a base di idrocarburi sono: propano, butano ed isobutano e loro miscele (propano-butano, propano-isobutano, propano-butano-isobutano).

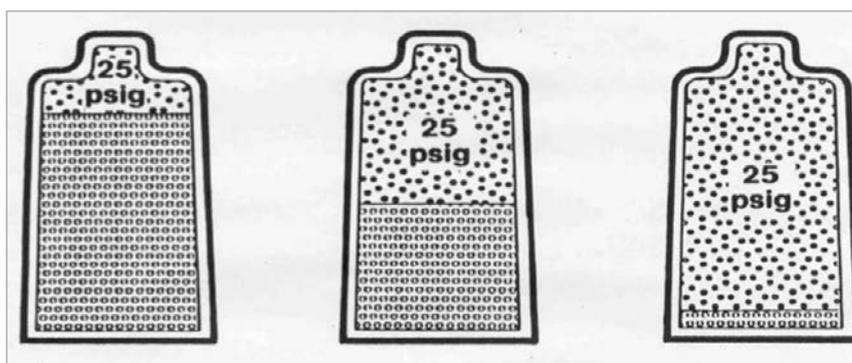


Fig. 2 - Aerosol con gas liquefatto

Queste paraffine sono prodotte con purezza che va dal 95 al 99,999% ed hanno un odore particolare, tossicità per inalazione non ancora ben conosciuta, un basso effetto serra, una bassa influenza sull'ozono stratosferico ed un buon potere solvente. Questi gas sono prodotti a partire dal GPL e vengono purificati per distillazione, ma anche con trattamenti chimici per eliminare le olefine, i perossidi, lo zolfo e l'acqua. In genere viene utilizzata la miscela dei tre gas, la cui composizione dipende dalla pressione richiesta e dalle proprietà specifiche che deve avere l'aerosol; la pressione varia da 1 a 12 atm a 20 °C, a seconda della composizione. Questi idrocarburi hanno lo svantaggio di essere infiammabili, esplosivi e VOC, ma hanno il grande vantaggio che possono avere effetto solvente per il principio attivo. Gli idrocarburi come il propano e i butani possono essere miscelati tra loro per raggiungere pressioni con punti di ebollizione specifici, rendendoli ottimali per questa applicazione. Per esempio una miscela utilizzata contiene propano al 23,9%, isobutano al 31,7% e *n*-butano al 44,4%. I co-solventi utilizzati per solubilizzare tutti i componenti del formulato possono essere acetone, etanolo e glicoli. Questi idrocarburi possono essere utilizzati come propellenti anche in miscela con i propellenti alogenati ed il dimetiletere. Sembra che in futuro sarà utilizzato l'etano che non è

VOC, ha basso effetto serra, non attacca l'ozono stratosferico e si solubilizza più facilmente rispetto agli altri idrocarburi, ma bisogna operare a più alta pressione.

Un altro propellente a base di gas compresso liquefatto è il dimetiletere (CH_3OCH_3) puro al 99,99%, noto anche Demeon[®] D, un marchio registrato da Akzo Nobel. Come propellente il dimetiletere (DME) ha il vantaggio di avere un alto potere solvente su molecole polari e non polari e di essere miscelabile con l'acqua e viene impiegato in gran parte in prodotti cosmetici e pitture spray, anche in miscela con altri propellenti. Il DME è chimicamente stabile, è incolore, è praticamente inodore, ha bassa tensione superficiale, bassa viscosità e possiede proprietà solubilizzanti che possono essere importanti nelle formulazioni che contengono ingredienti difficilmente solubilizzabili. Gli svantaggi del DME sono che è infiammabile, è VOC e che con solvente a base di acqua, quando è ad alta concentrazione, può diventare corrosivo. Il DME è utilizzato molto nel campo della cosmetica.

I propellenti a base di composti organici alogenati usati come gas liquefatti hanno una lunga storia e si possono suddividere in quattro generazioni che sono state via via eliminate nel corso degli anni a seguito di problemi ambientali (Fig. 3) e sono le seguenti sostanze: clorofluorocarburi, idroclorofluorocarburi, idrofluorocarburi e idrofluoroolefine (Fig. 4).

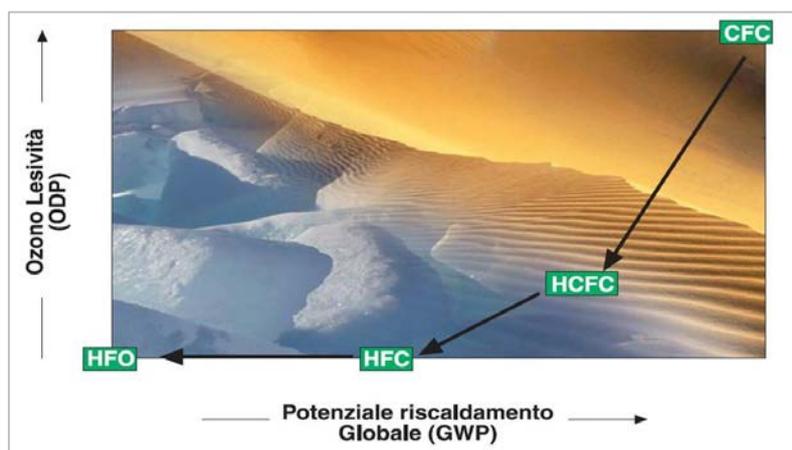


Fig. 3

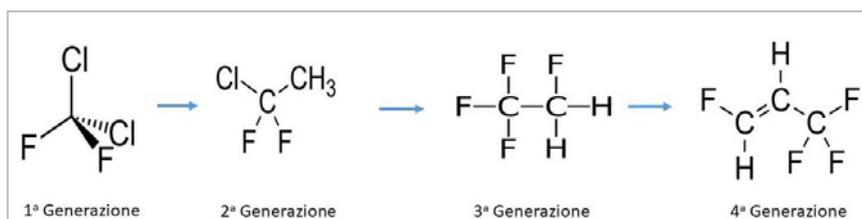


Fig. 4 - Le quattro generazioni di aerosol alogenati

Comunque nell'industria farmaceutica, dove se ne utilizzano piccole quantità, sono rimasti più a lungo della data riportata più avanti sulle singole generazioni. Questi propellenti alogenati hanno il vantaggio di essere inerti, non infiammabili e senza odore, ma a seconda della generazione possono essere distruttori dello strato di ozono stratosferico, avere un elevato effetto serra e essere VOC. I clorofluorocarburi (CFC) sono stati i primi ad essere utilizzati largamente fino al 1990, quando dopo la firma del protocollo di Montreal è iniziata la loro eliminazione, avvenuta completamente nel 1997. Questi CFC erano il CCl_3F (CFC-11) noto come freon, il CCl_2F_2 (CFC-12), il $\text{CF}_2\text{Cl}_2\text{CF}_2\text{Cl}_2$ (CFC-114) ed il CClF_2CF_3 (CFC-115). Questi gas hanno lo svantaggio di presentare un elevatissimo potere distruttore dell'ozono stratosferico e un elevatissimo effetto serra. Gli alogenati di seconda generazione proposti successivamente

sono stati gli idroclorofluorocarburi (HCFC) ed erano CClHF_2 (HCFC-22) e CClF_2CH_3 (HCFC-142b), quest'ultimo anche infiammabile, e sono stati sviluppati nel 1990 e sono rimasti fino al 2010 quando, sempre a seguito del protocollo di Montreal, è iniziata la loro eliminazione, completata nel 2015. Questi gas avevano un elevato potere distruttore dell'ozono stratosferico ed un elevato effetto serra, anche se entrambi erano minori dei CFC che avevano sostituito per alcuni anni. Il vantaggio di HCFC-22 e HCFC-142b era la loro solubilità in acqua e quindi avevano un alto potere solvente.

A partire dal 1995 fino a tuttora sono utilizzati gli alogenati di terza generazione gli idrofluorocarburi (HFC), chiamati anche clorofluoroalcani (HFA) e sono il CHF_2CH_3 (HFC-152a), il CF_3CFH_2 (HFC-134a) e il CF_3CHF_2 (HFC-227), questi propellenti non distruggono l'ozono stratosferico, non sono infiammabili ad eccezione del HFC-152a, che è leggermente infiammabile ed è anche solubile in acqua, ma hanno tutti un elevato effetto serra. Questi alogenati possono essere miscelati con altri propellenti, non sono tossici e non sono VOC e sono attualmente molto utilizzati nel campo farmaceutico. Gli HFC, rispetto agli altri alogenati, contengono il 30% in meno di propellente e questo porta a perdite ridotte nell'atmosfera nell'uso e durante il confezionamento. Comunque proprio nel 2016 è stato stabilito di eliminarli a causa dell'elevato effetto serra che presentano. Centocinquanta Paesi, nel corso di una riunione delle Nazioni Unite, hanno raggiunto a Kigali, in Ruanda, un accordo per la progressiva eliminazione dell'uso dei gas HFC. Si tratta degli idrofluorocarburi, che si trovano in condizionatori d'aria, sistemi di refrigerazione, schiume e aerosol e che hanno un forte impatto sul riscaldamento globale.

Già da alcuni anni sono stati proposti i propellenti di quarta generazione, le idrofluorolefine (HFO). In particolare da parte della Honeywell è stato proposto il $\text{CHF}=\text{CHCF}_3$ (HFO-1234ze),



utilizzato anche come refrigerante. Questa HFO non è solubile in acqua, ha un effetto serra molto basso, non ha effetti sull'ozono stratosferico e non è infiammabile. Inoltre HFO-1234ze non presenta particolari problemi di compatibilità con i materiali (plastiche ed elastomeri) ed è simile al HFC-134a e lo può sostituire facilmente, infatti può essere manipolato, trasportato, distribuito e stoccato come l'HFC-134a. L'HFO-1234ze, il cui nome commerciale è Solstice, può essere utilizzato in applicazioni

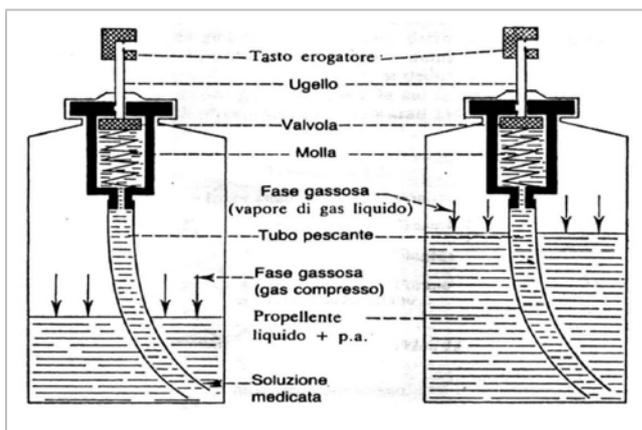
aerosol varie, tra cui, per esempio, la cura personale e i prodotti per la casa, spray per capelli, colonia, deodoranti, spray industriali e tante altre applicazioni.

I gas liquefatti possono anche essere miscele di idrocarburi leggeri, idrocarburi alogenati e DME, per variare la pressione parziale e l'infiammabilità della miscela. Per esempio una miscela di propellente può avere 11% propano, 69% isobutano e 20% DME. Negli aerosol in soluzione acquosa sono utilizzati tutti i propellenti eccetto CO_2 che produce acido carbonico corrosivo e sono utilizzati in gran parte idrocarburi come propellente con additivi anticorrosivi, antiossidanti e biocidi; invece negli aerosol in solvente organico possono essere utilizzati tutti i propellenti. Alcuni miscele di propellenti sono degli azeotropi per non variare la pressione durante la distillazione; alcuni esempi sono: 152a/iso-butano, DME/propano e 152a/n-butano. Infine si può ricordare la direttiva 75/324/CEE che è stata la prima a stabilire norme per l'immissione sul mercato dei generatori aerosol, armonizzando le prescrizioni di sicurezza del loro uso comprese quelle relative alle capacità nominali, al riempimento e ad altri rischi di pressione, nonché le prescrizioni sull'etichettatura dei generatori aerosol immessi sul mercato a norma delle disposizioni di tale direttiva. Successivamente è stata proposta la direttiva

2008/47/CE della Commissione Europea [18] che ha aumentato la pressione massima ammissibile dei generatori aerosol con propellenti non infiammabili da 11,76 a 12,74 atm, che, all'epoca, era il limite massimo di pressione che consentiva di garantire la sicurezza. Grazie all'aumento della pressione ammissibile dei generatori aerosol con propellente non infiammabile i fabbricanti hanno avuto una scelta più ampia ed è possibile utilizzare tali aerosol per più applicazioni e sostituire i propellenti infiammabili con quelli non infiammabili.

I contenitori dello spray aerosol

Quando si parla dei contenitori di aerosol si fa riferimento al recipiente, alle valvole ed all'erogatore [1, 3, 13]. I recipienti destinati alle formulazioni di aerosol possono essere realizzati con acciaio inossidabile ricoperto o non da stagno, alluminio e vetro rivestito da pellicola di plastica o materiale plastico, a seconda del tipo di applicazione. I recipienti di acciaio sono quelli ideali, ma sono i più costosi. I recipienti di alluminio sono i più utilizzati, essendo leggeri robusti, inerti, resistenti alla rottura e l'inerzia può essere aumentata con un film di resina epossidica, un altro vantaggio dell'alluminio è il fatto che è opaco e facile da etichettare. Il vetro ha il vantaggio di essere completamente inerte, ma ha lo svantaggio di essere fragile e per questo poco usato, praticamente solo per i cosmetici. I recipienti di vetro erano usati quando i propellenti erano il CFC11 e CFC114 che, in presenza di etanolo, potevano dare luogo alla formazione di radicali liberi in grado di attaccare l'alluminio. In futuro sembra che i recipienti in plastica saranno maggiormente utilizzati.



Le valvole per spray possono essere di due tipi: valvole continue e valvole dosatrici. Le valvole continue erogano il prodotto finché viene premuto il tasto di erogazione; le valvole dosatrici, invece, quando viene premuto il tasto di erogazione fanno uscire solo il volume prestabilito. Le valvole dosatrici sono complesse e sono formate dall'assemblaggio di sette parti differenti realizzate con materiale diverso.

Il tasto erogatore consente di direzionare lo spruzzo ed è costituito da una cavità in cui si innesta lo stelo della valvola e da una piccola camera di espansione che ha una cavità che permette di far uscire il prodotto all'esterno. Inoltre il tasto erogatore permette di aprire e chiudere la valvola, di diffondere il prodotto ed ha forme diverse a seconda del suo utilizzo.

BIBLIOGRAFIA

- ¹J.J. Sciarra, C.J. Sciarra, Aerosols, in Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, pub. on line, Dec. 2011.
- ²<http://www.treccani.it/enciclopedia/aerosol>
- ³<http://users.unimi.it/gazzalab/wordpress/wp-content/uploads/2011/12/29-Sistemi-per-la-somministrazione-nasale-e-polmonare.pdf>
- ⁴<https://elearning2.uniroma1.it/mod/resource/view.php?id=81026>
- ⁵<http://dctf.uniroma1.it/galenotech/inalatori.htm>
- ⁶<https://www.slideshare.net/Ashutoshpanke/formulation-development-of-aerosol>
- ⁷<http://www.federchimica.it/associazioni/aia>
- ⁸http://www.aerosol.org/wp-content/uploads/2017/09/FEA_AnnRep2017.pdf
- ⁹http://aia.federchimica.it/docs/default-source/documenti-vari/Annuario_Associazione_Italiana_Aerosol.pdf
- ¹⁰http://www.msds-europe.com/data/files/2016_2037_it_plCHhv.pdf

-
- ¹¹ <https://www.slideshare.net/revathireddypharma/aerosol-13798952>
 - ¹² <https://pharmlabs.unc.edu/labs/aerosols/formulation.htm>
 - ¹³ <http://win.spazioinfo.com/public/FORME%20FARMACEUTICHE%20PRESSURIZZATE%202006-2007.pdf>
 - ¹⁴ <http://southernaerosol.com/Power%20Point/Spring%202011/Formulation%20Considerations.pdf>
 - ¹⁵ <http://www.diversifiedcpc.com/PDF/intro.pdf>
 - ¹⁶ <http://www.sprayleggero.it/content/1-cosa-e-sprayleggero>
 - ¹⁷ <http://www.fresharoma.it/gruppo-bm-lancia-leco-valvola-ad-alta-prestazione-aerosol>
 - ¹⁸ <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:096:0015:0028:IT:PDF>