

### Scarti alimentari: quali sono le innovazioni su questo settore? – Parte 3

Basso D., Gribaudo E., Pavanetto R., Vinante C.

#### Processi termochimici

L'incenerimento è una tecnologia matura che comporta la combustione e la conversione dei materiali di scarto in calore ed energia. L'energia termica prodotta a valle del processo può essere utilizzata per la produzione di energia elettrica, attraverso l'utilizzo di turbine a vapore, oppure può essere utilizzata all'interno di reti di teleriscaldamento, provvedendo così a fornire calore alle utenze domestiche ed industriali limitrofe. Gli inceneritori sono in grado di ridurre il volume dei rifiuti fino al 80 - 85%, in questo modo riducendo la massa di rifiuto finale destinato alla discarica. La riluttanza verso l'applicazione di questi sistemi è storicamente basata sul fatto che gli inceneritori possono rilasciare emissioni tossiche in atmosfera, contenenti principalmente diossine e metalli pesanti. Tuttavia, negli ultimi anni notevoli sviluppi tecnologici sono stati fatti soprattutto per controllare le emissioni gassose dagli inceneritori e, ad oggi, è possibile avere sistemi avanzati di controllo delle stesse tali da consentire il totale rispetto dei limiti imposti dalle normative nazionali. Parallelamente, i miglioramenti apportati nella tecnologia di combustione hanno creato le condizioni favorevoli per la costruzione di molti nuovi impianti in diversi paesi (1). A causa del loro contenuto di umidità (tipicamente superiore al 60%) e a causa della presenza di costituenti non combustibili, gli scarti alimentari sono tipicamente riconosciuti come inadatti all'incenerimento (2). Kim et al. (3) ha stimato che il consumo di energia elettrica per essiccare una tonnellata di scarto alimentare è pari a 27'920 MJ. Il ricorso all'incenerimento dei rifiuti, compresi gli scarti alimentari, viene oramai considerato come una delle soluzioni a più basso valore aggiunto (Figura 1), perdendo in questo processo la possibilità di recuperare materie prime seconde, quali molecole e composti, successivamente riutilizzabili nel ciclo produttivo dell'industria.

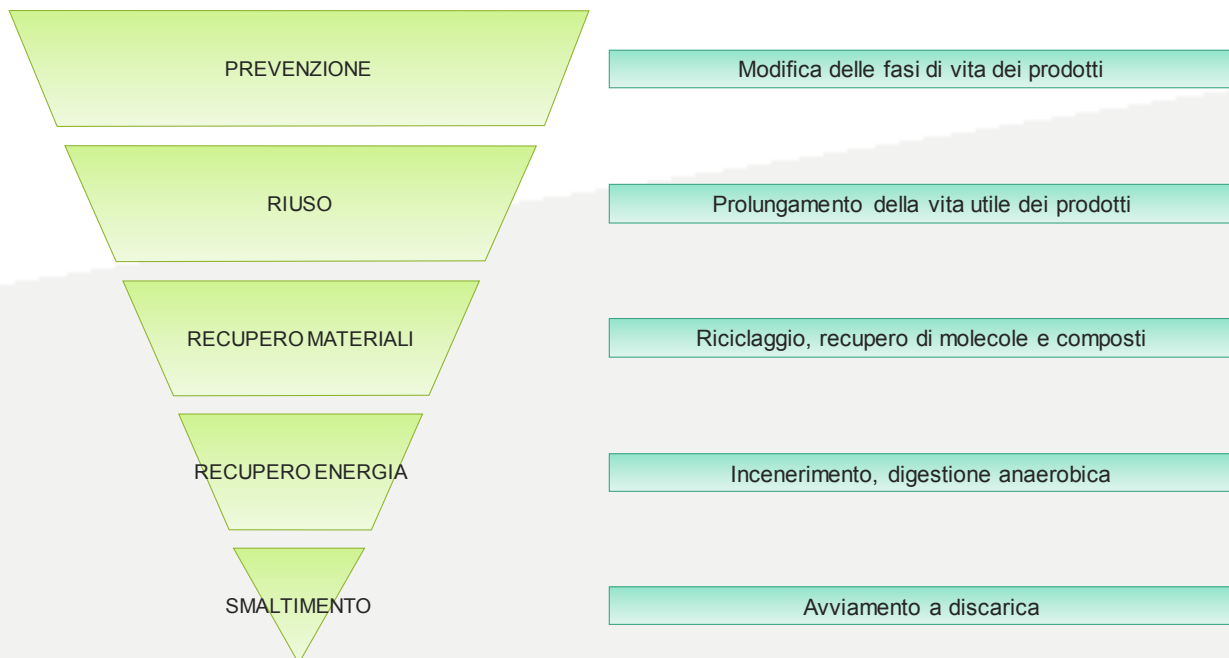


Figura 1 - Piramide gerarchica della gestione dei rifiuti

La pirolisi e la gassificazione sono entrambi dei processi termici. La pirolisi trasforma gli scarti alimentari, in un ambiente privo di ossigeno, in bio-olio come prodotto principale insieme al syngas ( $\text{CO} + \text{H}_2$ ) e al bio-char solido. La gassificazione trasforma gli scarti alimentari in una miscela di gas combustibile ossidando parzialmente gli scarti alimentari a temperature più alte rispetto alla pirolisi, tipicamente nell'intervallo 800 - 900 °C. Il gas di sintesi prodotto può essere utilizzato direttamente come combustibile per la produzione di energia elettrica e termica, oppure può essere utilizzato come materia prima per la successiva produzione di prodotti chimici (e.g. metanolo, idrocarburi liquidi e cere). Il syngas prodotto è costituito principalmente da monossido di carbonio (CO) e idrogeno ( $\text{H}_2$ ), con piccole tracce di anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ). Se paragonate ai problemi che possono insorgere dall'incenerimento dei rifiuti, sia la pirolisi che la gassificazione sono comunemente considerate come interessanti alternative alla combustione diretta degli scarti alimentari (4). I principali sottoprodotti di questi due processi sono le ceneri e il char (4). Il char da pirolisi e gassificazione oggi sta trovando un utilizzo come ammendante, anche se difficilmente le caratteristiche chimico fisiche dei char, soprattutto da gassificazione, rispettano tutti i limiti normativi imposti. Anche in questo caso tuttavia, uno dei fattori limitanti nell'applicazione di questi processi risulta essere il contenuto di acqua che, qualora superi il 50 - 60%, come nel caso degli scarti alimentari, produce degli effetti negativi sul bilancio energetico complessivo. Entrambi i processi di pirolisi e gassificazione pertanto, trovano un utilizzo interessante per i residui organici a basso contenuto di umidità (e.g. residui legnosi).

La conversione idrotermica (HTC) è una delle più recenti tecnologie di conversione termica che ha attirato l'attenzione dei ricercatori, soprattutto per il trattamento degli scarti ad alto contenuto di umidità (> 50%). Questo processo è in grado di trasformare gli scarti organici in un materiale solido carbonioso (i.e. hydrochar), con caratteristiche molto simili a quelle della lignite fossile e della torba. A differenza di queste ultime però, essendo il processo HTC condotto in acqua, l'hydrochar risulta essere pulito dagli elementi che tipicamente danno luogo ad emissioni tossiche (e.g. zolfo). Rispetto ad altri metodi di conversione degli scarti, il processo HTC presenta diversi vantaggi, tra cui minori impatti ambientali, una maggiore riduzione del volume degli scarti e l'assenza di produzione di odori (5). Inoltre, il processo HTC richiede solo poche ore rispetto ai giorni o mesi necessari per i processi biologici. L'elevata temperatura di processo aiuta ad eliminare gli agenti patogeni e inattiva altri potenziali contaminanti organici (6). Il processo si traduce nella produzione di una risorsa energetica sterile, igienica, facilmente immagazzinabile e facilmente trasportabile. L'hydrochar può quindi essere utilizzato sia come combustibile solido pulito ad alto rendimento, per esempio sotto la forma di pellet, sia come materiale filtrante/adsorbente (7), ammendante dei terreni (8), o materiale di input per celle a combustibile (9). Esiste anche la possibilità di recuperare alcune delle sostanze chimiche disciolte nell'acqua di processo HTC, per un loro successivo utilizzo come sostanze chimiche di base nell'industria. Un altro beneficio associato all'HTC è legato al recupero dei nutrienti dal liquido (e.g. azoto, fosforo e altri macro e micro nutrienti), con la possibilità di utilizzarli come fertilizzanti (5). L'HTC è quindi considerato come un processo che consente di scalare in alto nella piramide gerarchica dei rifiuti, e contestualmente di evitare il dispendio energetico dovuto ai pre trattamenti necessari per poter trattare gli scarti alimentari con gli altri processi precedentemente descritti. Inoltre questo processo è considerato come estremamente efficiente dal punto di vista del sequestro del carbonio, necessario per mitigare i cambiamenti climatici (4).

## Food waste: what are the innovations in this sector? - Part 3

Basso D., Gribaudo E., Pavanetto R., Vinante C.

### Thermochemical processes

Incineration is a mature technology that involves the combustion and conversion of waste materials into heat and energy. The thermal energy produced downstream of the process can be used for the production of electricity, through the use of steam turbines, or can be used within district heating networks, thus providing heat to neighboring households and industrial users. Incinerators are capable to reduce the volume of waste up to 80 - 85%, thus reducing the final mass of waste to be disposed off in landfills. The reluctance towards the application of these systems is historically based on the fact that incinerators can release toxic emissions into the atmosphere, mainly containing dioxins and heavy metals. However, in recent years significant technological developments have been made mainly to control gaseous emissions from incinerators and, to date, it is possible to have advanced control systems to allow full compliance with the limits imposed by national legislations. Furthermore, improvements in combustion technology have created favorable conditions for the construction of many new plants in different countries (1). Because of their moisture content (typically above 60%) and the presence of non-combustible constituents, food waste is typically recognized as unsuitable for incineration (2). Kim et al. (3) estimated that the consumption of electricity to dry one tonne of food waste is 27,920 MJ. The use of waste incineration, including food waste, is now considered as one of the solutions with the lowest added value (Figure 1), losing in this process the possibility of recovering secondary raw materials, such as molecules and compounds, subsequently reusable in the production cycle of the industry.

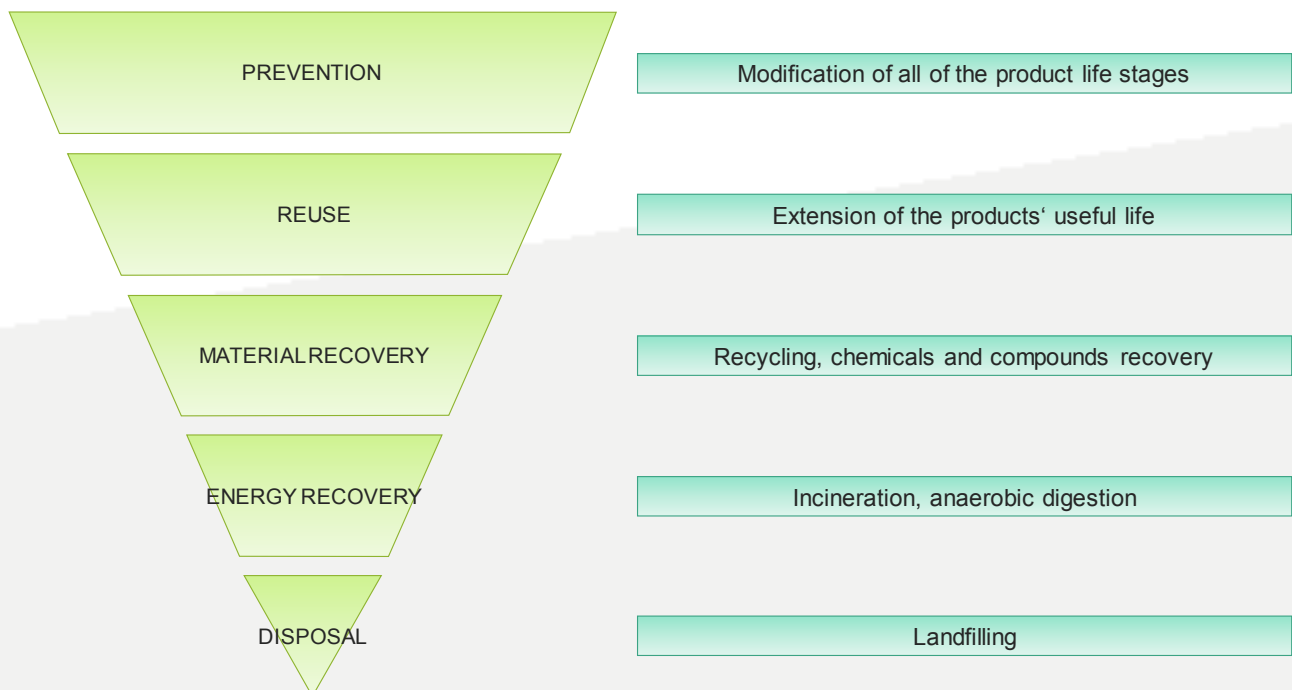


Figure 1 - Hierarchical pyramid of waste management

Pyrolysis and gasification are both thermal processes. Pyrolysis converts food waste, in an oxygen-free environment, into bio-oil as the main product together with syngas (CO + H<sub>2</sub>) and solid biochar. Gasification transforms food waste into a combustible gas mixture by partially oxidizing food waste at higher temperatures than pyrolysis, typically in the range of 800 - 900 °C. The synthesis gas produced can be used directly as a fuel for the production of electrical and thermal energy, or it can be used as a raw material for the subsequent production of chemical products (e.g. methanol, liquid hydrocarbons and waxes). The syngas produced consists mainly of carbon monoxide (CO) and hydrogen (H<sub>2</sub>), with small traces of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and methane (CH<sub>4</sub>). Compared to the problems that can arise from waste incineration, both pyrolysis and gasification are commonly considered as interesting alternatives to direct combustion of food waste (4). The main by-products of these two processes are ash and char (4). Char from pyrolysis and gasification is now recognized to be used as a soil improver, even if the chemical-physical characteristics of chars, especially from gasification, hardly comply with all the regulatory limits imposed. Also in this case, however, one of the limiting factors in the application of these processes is the water content which can produce negative effects on the overall energy balance, when it exceeds 50 - 60%, as in the case of food waste. Both pyrolysis and gasification processes are therefore interestingly used for organic residues with a low moisture content (e.g. woody residues).

Hydrothermal conversion (HTC) is one of the most recent thermal conversion technologies that has attracted the attention of researchers, especially for the possibility to treat high moisture content residues (> 50%). This process is able to transform organic residues into a solid carbonaceous material (i.e. hydrochar), with characteristics very similar to those of fossil peat and lignite. Unlike the latter, however, since the HTC process is performed in water, the hydrochar is cleaned of the elements that typically give rise to toxic emissions (e.g. sulphur). Compared to other waste conversion methods, the HTC process has several advantages, including lower environmental impacts, a greater reduction in waste volume and the absence of odor production (5). In addition, the HTC process takes only a few hours compared to the days or months required for biological processes. The high process temperature helps to eliminate pathogens and inactivates other potential organic contaminants (6). The process results in the production of a sterile, hygienic, easily stored and easily transportable energy resource. Hydrochar can therefore be used either as a clean, high-performance solid fuel, for example in the form of pellets, or as a filter/adsorbent material (7), soil improver (8), or fuel cell input material (9). There is also the possibility of recovering some of the chemicals dissolved in the HTC process water for later use as basic chemicals in industry. Another benefit associated with HTC is related to the recovery of nutrients from the liquid (e.g. nitrogen, phosphorus and other macro and micro nutrients), with the possibility of using them as fertilizers (5). The HTC process is therefore considered as a process that can reach higher levels on the hierarchical pyramid of wastes, while avoiding the energy expenditure due to the pre-treatment necessary to treat food waste with the other processes described above. Moreover, this process is considered to be extremely efficient from the point of view of carbon sequestration, which is necessary to mitigate climate change (4).

## References

1. Efficiency of energy recovery from waste incineration, in the light of the new Waste Framework Directive. Grosso M., Motta A., Rigamonti L. 7, s.l. : Waste Management, 2010, Vol. 30.
2. Food processing and the environment. Mardikar S.H., Niranjana K. 3, s.l. : Environmental Management and Health, 1995, Vol. 6.
3. Evaluation of food waste disposal options in terms of global warming and energy recovery. Kim M.H., Song H.B., Song Y., Jeong I.T., Kim J.W. s.l. : Korean International Journal on Energy Environment, 2013, Vol. 4.
4. Food waste-to-energy conversion technologies: Current status and future directions. Pham T.P.T., Kaushik R., Parshetti G.K., Mahmood R., Balasubramanian R. s.l. : Waste Management, 2015, Vol. 38.
5. Hydrothermal carbonization of food waste and associated packaging materials for energy source generation. Li L., Diederick R., Flora J.R.V., Berge N.D. 11, s.l. : Waste Management, 2013, Vol. 33.
6. Hydrothermal carbonization of biomass residuals: a comparative review of the chemistry, processes and applications of wet and dry pyrolysis. Libra J.A., Ro K.S., Kammann C., Funke A., Berge N.D., Neubauer Y., Titirici M.M., Fühner C., Bens O., Kern J., Emmerich K.H. 1, s.l. : Biofuels, 2014, Vol. 2.
7. Hydrothermal conversion of urban food waste to chars for removal of textile dyes from contaminated waters. Parshetti G.K., Chowdhury S., Balasubramanian R. s.l. : Bioresource Technology, 2014, Vol. 161.
8. Greenpeat: An innovative sustainable material recovered from waste. Basso D., Pavanetto R. s.l. : Procedia Environmental Science, Engineering and Management, 2017.
9. Carbon Colloids Prepared by Hydrothermal Carbonization as Efficient Fuel for Indirect Carbon Fuel Cells. Paraknowitsch J.P., Thomas A., Antonietti M. 7, s.l. : Chemistry of Materials, 2009, Vol. 21