

D. CUNA, P. PALLARA, V. MICELI

Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali
Divisione Biotecnologie e agroindustria
Laboratorio Sostenibilità, qualità e sicurezza
delle produzioni agroalimentari
Centro Ricerche Brindisi

SOTTOPRODOTTI DELL'INDUSTRIA DI TRASFORMAZIONE DEL POMODORO E TECNOLOGIE PER LA LORO VALORIZZAZIONE

RT/2018/7/ENEA



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

D. CUNA, P. PALLARA, V. MICELI

Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali
Divisione Biotecnologie e agroindustria
Laboratorio Sostenibilità, qualità e sicurezza
delle produzioni agroalimentari
Centro Ricerche Brindisi

SOTTOPRODOTTI DELL'INDUSTRIA DI TRASFORMAZIONE DEL POMODORO E TECNOLOGIE PER LA LORO VALORIZZAZIONE

RT/2018/7/ENEA



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

Si ringrazia il collega Nicola Colonna per il supporto, i suggerimenti e le revisioni del lavoro.

Il presente rapporto costituisce un estratto dell'analisi svolta nell'ambito della Convenzione tra ENEA e MATTM – "Attività di studio e analisi delle opzioni tecnologiche per l'efficienza nell'uso e gestione sostenibile delle risorse per una Strategia Nazionale di Sviluppo Sostenibile". Anno 2017.

I rapporti tecnici sono scaricabili in formato pdf dal sito web ENEA alla pagina www.enea.it

I contenuti tecnico-scientifici dei rapporti tecnici dell'ENEA rispecchiano l'opinione degli autori e non necessariamente quella dell'Agenzia

The technical and scientific contents of these reports express the opinion of the authors but not necessarily the opinion of ENEA.

SOTTOPRODOTTI DELL'INDUSTRIA DI TRASFORMAZIONE DEL POMODORO E TECNOLOGIE PER LA LORO VALORIZZAZIONE

D. Cuna, P. Pallara, V. Miceli

Riassunto

A livello mondiale l'Italia è il secondo produttore di pomodoro da industria dopo gli Stati Uniti, seguita dalla Cina. Questi tre Paesi coprono circa il 60% della produzione totale. A livello europeo, l'Italia risulta il primo produttore, seguito da Spagna, Turchia e Portogallo.

Nell'ambito dell'area Mediterranea, l'Italia svolge un ruolo di primaria importanza nella produzione di trasformati del pomodoro, con il 14% della produzione complessiva e il 48% di quella europea, con un fatturato di oltre 3,2 miliardi di €.

La filiera nazionale del pomodoro da industria è organizzata in due Distretti, quello del Nord e quello del Centro-Sud, con Emilia-Romagna e Puglia che rappresentano le Regioni con maggiore produzione. Sono stati analizzati i dati relativi alla superficie coltivata a pomodori da industria, alla produzione totale e a quella raccolta, i dati di import ed export e le varie fasi di trasformazione industriale per ottenere derivati, quali polpa, pelati, concentrati, pomodorini e sughi.

Il processo di trasformazione del pomodoro, inevitabilmente, comporta degli sprechi di diversa origine, rappresentati dai pomodori non idonei alla trasformazione industriale, dall'acqua utilizzata nei processi di lavorazione e dagli scarti dovuti ai prodotti secondari (bucchette, semi).

E' stato analizzato il recupero e il riuso di questi sottoprodotti, nell'ottica dell'economia circolare, ai fini della razionalizzazione dei costi del processo produttivo e dei costi per lo smaltimento degli scarti. Nel rapporto sono descritti e analizzati i processi di valorizzazione energetica dei sottoprodotti, quali la digestione anaerobica, la torrefazione e la cella microbica, in grado di produrre energia elettrica e termica da utilizzare nello stesso ciclo di trasformazione, ma da immettere anche in rete.

Da buccette e semi si possono ottenere lacche ecologiche, utilizzate come rivestimento del packaging alimentare metallico, materiali biodegradabili (buste di plastica, teli per la copertura delle serre o dei campi), composti bioattivi antiossidanti (licopene e β -carotene), utilizzati come integratori alimentari, mangimi per zootecnia e compost.

Infine, le acque reflue, attraverso un processo di separazione a membrana, possono essere filtrate e riutilizzate nel processo di lavorazione del pomodoro e per l'irrigazione della coltura stessa.

Parole chiave: pomodoro da industria, sottoprodotti, economia circolare, digestione anaerobica, tecniche estrattive e separative, licopene, recupero di acqua.

Abstract

Italy is second producer of tomatoes for industrial use in the world, behind USA and followed by China. All together they cover about 60% of total production. Italy is the leader in Europe, followed by Spain, Turkey and Portugal.

In the Mediterranean area, Italy plays a major role for the tomato derivatives production, with 14% of the total production and 48% of the European one, with a invoiced of over 3.2 milliard €.

The national supply chain of industrial tomato is organized in two District, the Northern and Central-South one, where Emilia-Romagna and Apulian are the Regions with the higher production.

Data about cultivated area with tomatoes for industry (he), total production (ton) and harvested production (ton), import and export, the various phases of industrial transformation to obtain derivatives, such as tomato pulp, peeled tomatoes, tomato concentrates, cherry tomatoes, and sauces were analysed.

The tomatoes transformation processes produce waste of different origin, such as unsuitable tomatoes for industrial processing, the water used in the line production and waste due to the secondary products (peel tomatoes, seed).

The recovery and reuse of these by-products, considered in a concept of circular economy, were analysed. These allow to rationalize and manage costs for transformation processes and to contain these for disposal of waste.

Specifically, some of the energetic valorisation processes of the by-products were described. The anaerobic digestion process, the roasting process and microbial cell to produce electric and thermic energy. This energy can be used in the same transformation cycle and also entered into power grid.

Eco-paint, used as a coating for metallic food packaging, biodegradable materials, as plastic bags, sheets for covering greenhouses or fields, bioactive antioxidant compounds, such as lycopene and β -carotene, used as alimentary integrator, animal feed and compost can be obtained from tomatoes by-products.

The waste water, at least, by membrane separation process, can be filtered and re-used in the tomato industry and for irrigation.

Keywords: tomato for industry, by-products, circular economy, anaerobic digestion, extraction and separation technologies, lycopene, water recovery.

INDICE

1 INTRODUZIONE	7
2 LE ORIGINI DEL POMODORO	8
3 FILIERA DEL POMODORO DA INDUSTRIA	10
3.1 Produzione	10
3.2 Commercio	15
3.3 Trasformazione Industriale del pomodoro	16
3.3.1 Linea Polpe di Pomodoro (Polpe e Pelati)	18
3.3.2 Linea Passata e Concentrati di Pomodoro	19
3.4 Obbligo di tracciabilità di filiera del pomodoro e suoi derivati	20
4 REFLUI DERIVANTI DALLA FILIERA DEL POMODORO DA INDUSTRIA	20
4.1 Normative sui reflui	22
4.2 Valorizzazione degli effluenti mediante tecnologie di separazione a membrana	23
5 VALORIZZAZIONE DEI SOTTOPRODOTTI DELL'INDUSTRIA DI TRASFORMAZIONE DEL POMODORO	26
5.1 Valorizzazione energetica	27
5.1.1 Digestione anaerobica degli scarti di lavorazione del pomodoro	27
5.1.2 Torrefazione di residui agroindustriali per la produzione di biocombustibili	30
5.1.3. Elettricità da scarti di pomodoro	32
5.2 Valorizzazione non energetica	32
5.2.1 Composti chimici bioattivi	35
5.2.2 Processi di estrazione dei composti bioattivi	36
6 CONCLUSIONI	37
7 BIBLIOGRAFIA	39
8 SITOGRAFIA	42

1 INTRODUZIONE

Il pomodoro è una delle specie orticole più coltivate al mondo, grazie alla facilità di trasformazione e conservazione che lo rende disponibile per tutto l'anno. L'Italia a livello europeo è il principale produttore, con oltre 5 milioni di tonnellate, seguita dalla Spagna con 2,95 milioni di tonnellate, dalla Turchia con 2,10 milioni di tonnellate e Portogallo con 1,56 milioni di tonnellate (www.wptc.to).

A livello nazionale, il pomodoro è diventato un elemento base della tradizione culinaria e un'eccellenza del "food" nazionale, sia grazie alle sue qualità organolettiche e nutritive sia grazie alla sua duplice utilizzazione. Infatti è possibile consumare il pomodoro sia fresco che "lavorato", nelle sue molteplici derivazioni (pelati, polpa, passata, concentrato, sughi).

Dalla lavorazione del pomodoro è sorto un settore, quello conserviero, di estrema importanza nel panorama manifatturiero italiano; un settore che impiega più di 30 mila dipendenti, che nella campagna di trasformazione del 2017, ha trasformato oltre 5 milioni di tonnellate di pomodoro, grazie all'operato di più di 120 opifici sul territorio nazionale. Soltanto nel 2016 il settore delle conserve di pomodoro ha raggiunto un fatturato di oltre 3,2 Miliardi di euro.

Non mancano però le problematiche macroeconomiche, quali l'espansione e la concorrenza dei paesi emergenti (Cina); la recente crisi economica; l'eccessivo potere della Grande Distribuzione Organizzata (GDO), che di fatto ha il controllo quasi totale della filiera mediante politiche aggressive come il "sottocosto"; la frammentazione delle imprese del settore, che impedisce di competere sui mercati internazionali (Ciconte, 2017).

L'industria di trasformazione del pomodoro comporta la produzione di considerevoli quantità di sottoprodotti, corrispondenti a circa il 2-5% della massa in ingresso all'industria di trasformazione; la parte predominante è costituita dalle buccette e dai semi.

La crescente attenzione verso i problemi ambientali, richiede alle industrie alimentari di adottare tecnologie, sicure e sostenibili, da applicare al recupero, riciclo e valorizzazione dei sottoprodotti, i quali pongono gravi problemi di smaltimento e potenziale inquinamento e rappresentano una perdita di preziosa biomassa e nutrienti.

Occorre perciò adottare un modello di "economia circolare" in cui i sottoprodotti di un settore diventano materia prima per altri settori industriali. Ciò richiede un'innovazione a livello strutturale-organizzativo per rispondere sia ai requisiti di sostenibilità dei mercati nazionali e internazionali, che a quelli di sostenibilità ambientale (MATTM e MISE, 2017).

2 LE ORIGINI DEL POMODORO

Il pomodoro è una specie ortiva appartenente alla famiglia delle *Solanaceae*, il cui centro d'origine è il Centro-Sud America, dove ancora oggi in Ecuador e Perù sono presenti le specie selvatiche; è la seconda ortiva più coltivata al mondo dopo la patata (<http://www.fao.org/hortivar/index.jsp>).

Tutte le varietà di pomodoro coltivato fanno parte della specie diploide *Solanum lycopersicum*, il cui centro di domesticazione è considerato il Messico, dove dal pomodoro selvatico che si presenta con piccole bacche verdi (*Solanum pimpinellifolium*, il progenitore dell'attuale *lycopersicum*) si arriva a piante con ampia variabilità di forme e colori del frutto (Jenkins, 1948) (Figura 1).

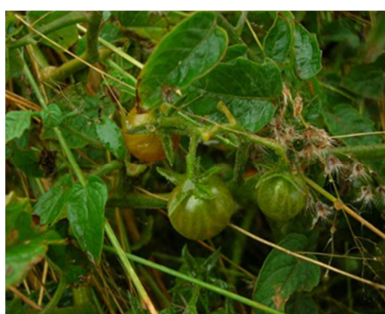


Figura 1 - *Solanum pimpinellifolium* L., 1755

Il Messico è considerato il primo centro di miglioramento genetico del pomodoro poiché le popolazioni precolombiane sceglievano e riproducevano piante con mutazioni di forma e colore della bacca. Gli Aztechi indicavano con *Tomatl* frutti che consumavano sotto forma di sugo, a cui aggiungevano peperoncino e semi di zucca, con cui condividevano la carne.

La pianta fu introdotta in Europa (Spagna e Italia) sicuramente dalle navi del conquistatore spagnolo Hernan Cortès intorno alla metà del 1500, e forse anche da Cristoforo Colombo.

La pianta del pomodoro veniva utilizzata, inizialmente, solo come pianta ornamentale perché considerata tossica a causa del suo alto contenuto di solanina e nel 1544 l'erborista Italiano Pietro Mattioli la classificò fra le specie velenose.

Nel 1576 sotto la voce *Poma amoris*, il pomodoro viene descritto dal botanico francese Mathias De L'Obel, che, nonostante l'attribuzione di malsane qualità, accenna ad un suo uso alimentare in Italia (Sentieri e Zazzu, 1992).

Nel corso degli anni avviene una selezione riguardo la forma, il colore, la dimensione e la commestibilità della bacca. Tale selezione, orientata dagli agricoltori, portò in Italia a fine 1700, allo sviluppo di coltivazioni a scopo alimentare, con la generazione di varietà locali che si adattavano bene ai diversi ambienti del nostro paese. Così nell'Italia del Nord si diffusero tipologie di pomodoro a bacca grossa e costoluta; al Sud invece tipologia allungata, ovale o a ciliegia (Soressi e Mazzuccato, 2007).

In Europa meridionale, così come in Boemia e in Inghilterra, dal XVII secolo comincia ad essere consumato fresco e per la preparazione di salse.

Nel 1810, l'inglese Peter Durand brevettò la scatola di stagno che in seguito venne utilizzata sia da Bryan Donkin sia dall'americano Woodhull Crosby, che nel 1847 mise in commercio le prime scatole di pomodori conservati.

In Italia la produzione a livello industriale di pomodori conservati è probabilmente dovuta al Piemontese Francesco Cirio verso la fine del XIX secolo. Da questo momento cominciano a nascere i primi derivati. Nel 1888 il cavaliere Brandino Vignali iniziò la produzione a livello industriale dell'estratto di pomodoro. Quasi contemporaneamente nella provincia di Salerno viene studiata e sviluppata la tecnica per produrre i pomodori pelati, tecnica utilizzata con i pomodori dalla forma allungata coltivati alle pendici del Vesuvio. Fu certamente geniale l'abbinamento della salsa di pomodoro con la pizza.

In Italia numerosi sforzi sono stati fatti, sia dalle istituzioni pubbliche che dalle compagnie private, al fine di ottenere varietà che soddisfino i bisogni dei coltivatori, degli industriali e dei consumatori.

Si calcola che dal 1920 al 1990 la produttività delle cultivar da industria sia passata da 10 a 70 ton/ha e si ritiene che circa il 50% di questi aumenti sia dovuta al miglioramento genetico classico (Soressi e Mazzucato, 2007). Dagli inizi del 1970 le specie selvatiche (Figura 2) sono state utilizzate in programmi di breeding, dato che la maggior parte della variabilità genetica utile per le caratteristiche agronomiche, quali tolleranza a stress biotici e abiotici e qualità del frutto, si trova nelle specie selvatiche (Foolad, 2007).



Solanum peruvianum L.

Solanum pimpinellifolium L.

Solanum chilense (Dunal) Reiche

Figura 2 - Specie selvatiche di pomodoro

Attualmente, il pomodoro è tra le colture più diffuse al mondo, presentando *trend* di crescita interessanti specialmente tra i paesi in via di sviluppo, grazie all'introduzione di tecnologia e meccanizzazione importate da zone più specializzate e mature nella conoscenza e sviluppo della coltura (Masetti, 2014).

Le ultime proiezioni indicano che la popolazione mondiale raggiungerà nel 2050 i 9,6 miliardi di persone, rispetto agli attuali 6,7 miliardi, con conseguente aumento della richiesta di cibo. Come indicato dall'Agenda per lo Sviluppo Sostenibile 2030, adottata da Governi, aziende e società civile insieme alle Nazioni Unite è necessario adottare nuove politiche per un consumo e una produzione sostenibili che mirano a "fare di più e meglio con meno", riducendo l'uso delle risorse lungo l'intero ciclo di vita e aumentando al contempo la qualità della vita¹.

¹ Sustainable Development Goals (SDGs) - Goal 12: Ensure sustainable consumption and production patterns. 2030 Agenda for Sustainable Development — adopted by world leaders in September 2015.

L'agricoltura dovrà essere più produttiva per riuscire a nutrire una popolazione in continuo aumento e rispondere alle grandi sfide ambientali. Stime FAO indicano un +70% di produzione agricola necessaria, ed in questo scenario il pomodoro rappresenta una delle specie ortive con la migliore prospettiva (Masetti, 2014).

3 FILIERA DEL POMODORO DA INDUSTRIA

3.1 Produzione

Nel 2017, a livello mondiale, sono state prodotte 37,55 milioni di tonnellate di pomodoro destinato alla trasformazione, in calo dell'1,4% rispetto al 2016 (*World Processing Tomato Council, 2017*). La produzione mondiale è coperta per il 57% del totale da Stati Uniti, Italia e Cina (Figura 3) (ISMEA, 2017).

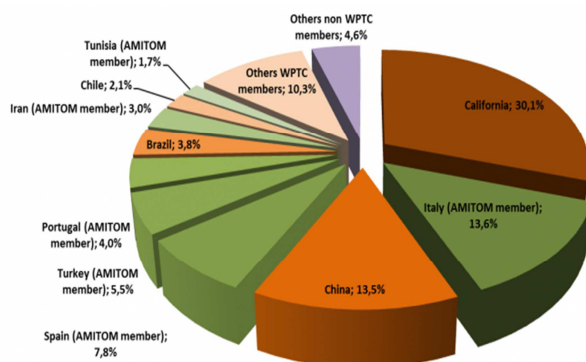


Figura 3 - Produzione mondiale di pomodoro da industria relativa all'anno 2016. Elaborazione OI su dati WPTC.

Nella Figura 4 è riportata nel dettaglio la produzione mondiale di pomodoro da industria nel triennio 2014-2016.

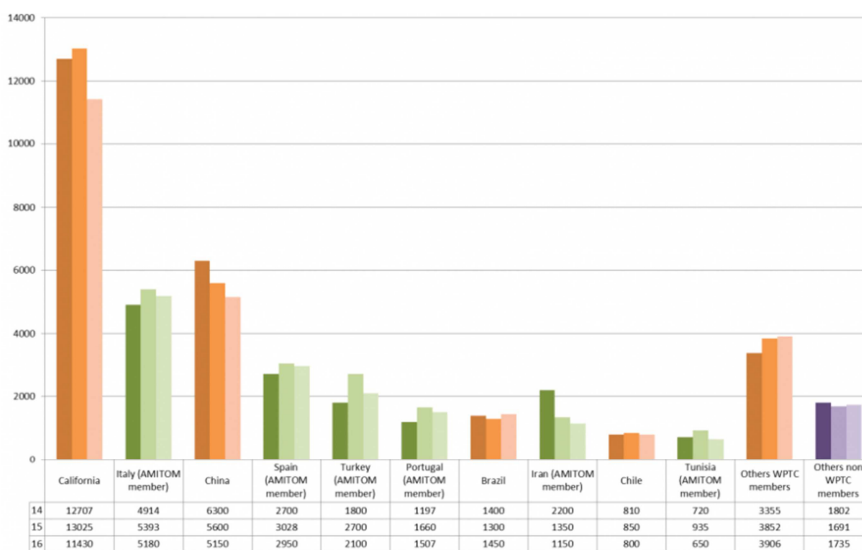


Figura 4 - Produzione mondiale di pomodoro da industria relativa al triennio 2014-2016, espressa in milioni di tonnellate. Elaborazione OI su dati WPTC

Dei 5,26 milioni di tonnellate/annue di pomodori da industria prodotti in Italia, circa il 90% è prodotto da tre regioni (Figura 3):

- Puglia, con più del 50%;
- Emilia-Romagna, con il 30%
- Campania, con circa l'8%.

Nell'ambito della AMITOM², l'Italia svolge un ruolo di primaria importanza nella produzione dei trasformati del pomodoro, con il 14 % della produzione complessiva e il 48 % della produzione europea, con un fatturato di oltre 3,2 miliardi di € (USDA Foreign Agricultural Service. GAIN Report, 2016).

Dai dati ISTAT³ relativi alla campagna 2017 risulta che nel bacino del Nord, costituito dalle Regioni settentrionali fino all'Emilia Romagna, sono stati messi a coltura 35.919 ettari, cui è corrisposto una produzione totale di 2.607.069 tonnellate ed una resa media di 72,58 t/ha.

Nel Bacino del Centro-Sud la superficie coltivata a pomodoro da industria è stata di 39.619 ettari e la produzione totale è stata di 2.639. 729 tonnellate, con una resa media di 66,63 t/ha.

Nella campagna 2017, le aziende italiane hanno trasformato 5,26 milioni di tonnellate di pomodoro, una quantità in linea con quella lavorata nel 2016. Nel bacino del Centro Sud sono state trasformate 2,36 milioni di tonnellate di pomodoro, mentre nel Distretto del Nord il trasformato finale si è attestato intorno a 2,84 milioni di tonnellate (Dati ANICAV, 2017).

La Figura 5 mostra la distribuzione nazionale delle superfici coltivate (ha) e della produzione di pomodoro da industria (tonnellate) nei due Distretti del Nord e del Centro-Sud, nella campagna 2017.

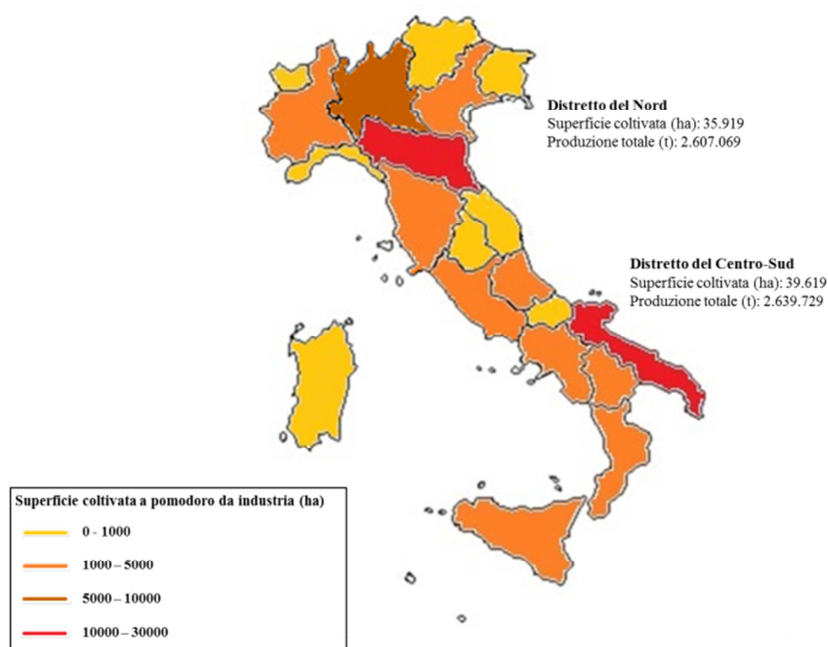


Figura 5 - Carta delle superfici coltivate (ha) e relativa produzione totale nazionale di pomodoro da industria nei due Distretti del Nord e del Centro-Sud (tonnellate). Mese di rilevazione Dicembre 2017 (Fonte Dati ISTAT, 2017)

² Associazione no-profit che raggruppa le organizzazioni professionali di trasformazione del pomodoro nell'area Mediterranea.

³ Istat stima delle superfici e produzioni delle coltivazioni agrarie. Dati definitivi 2017. Mese di rilevazione 12-2017.

Nel dettaglio possiamo confrontare la produzione totale e la produzione raccolta di pomodoro da industria nelle differenti Regioni italiane, espressa in tonnellate (Figura 6).

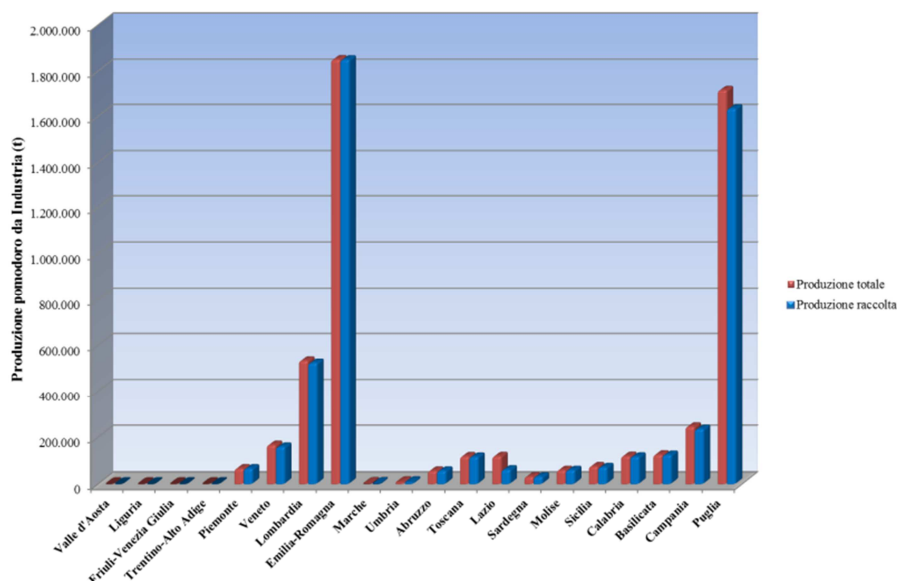


Figura 6 - Produzione totale e produzione raccolta di pomodoro da industria nelle Regioni italiane (tonnellate) (Fonte Dati ISTAT, 2017)

Nella campagna 2017, la regione Puglia, che aveva il primato di produzione nazionale di pomodoro da industria, è seconda dopo l'Emilia Romagna. Questa riduzione è da attribuire ai cambiamenti climatici (temperature elevate, protratte nel tempo) e scarsità idrica, che hanno stressato le coltivazioni, determinando un indice di pagamento della qualità del pomodoro mediamente basso e un calo delle rese di trasformazione; sulla base della piovosità media dell'autunno-inverno precedente, le previsioni per la produzione della campagna 2018 sono a forte rischio. In particolare, nella Capitanata (FG), che trasforma la quasi totalità dei pomodori pelati in vendita in Italia e nel mondo e il 30% dei pomodori italiani da industria, l'acqua nell'invaso di Occhito sul Fortore (diga al confine tra Puglia e Molise) è la metà rispetto all'anno precedente. Pertanto, se la situazione rimarrà immutata il Consorzio di bonifica della Capitanata, che gestisce la diga di Occhito, non potrà garantire la dotazione complessiva e la durata della stagione irrigua e le ricadute occupazionali sarebbero tutt'altro che trascurabili.

La differenza tra produzione totale e produzione raccolta è, invece, da imputare alla debolezza strutturale e alla subordinazione del comparto agricolo all'industria di trasformazione, che ha speculato per abbattere il prezzo di acquisto, costringendo molti agricoltori a lasciare il pomodoro sulle piante (www.confagricoltura.it).

Le imprese di trasformazione sono state 120 (con il 60% dei derivati prodotti che è destinato all'export) per un valore di 3,15 miliardi di euro. Il solo bacino del Centro-Sud con il 60% del fatturato nazionale del comparto vale 1,9 miliardi di euro.

La regione Puglia produce più della metà del pomodoro da industria italiano; ma nella Regione esistono poche fabbriche di trasformazione e di conseguenza i pomodori sono trasportati con camion presso gli

impianti della Campania. Il distretto del Sud associa 70 imprese di trasformazione e 30 Organizzazioni di Produttori (OP). La principale zona di produzione in Puglia è Foggia, ma il pomodoro da industria è coltivato anche più a sud intorno a Bari e Brindisi. I coltivatori sono organizzati in cooperative, facenti parte di una più vasta Organizzazione di Produttori, il cui compito principale è quello di fare offerte congiunte, firmare contratti con imprese di trasformazione e fornire anche semi, fertilizzanti e mietitrici.

Il Distretto del pomodoro da industria del Nord Italia, invece, conta 24 aziende di trasformazione, 16 Organizzazioni di Produttori (OP), 5 Aziende/Cooperative di auto-trasformazione, rappresentanti delle organizzazioni agricole e della trasformazione, province (PR, PC, CR, MN, LO, AL, PV) e camere di commercio (PR, PC, CR). All'interno del Distretto del pomodoro opera il CIO (Consorzio Interregionale Ortofrutticoli) con sede a Parma. Esso rappresenta la più importante Associazione di Organizzazione Produttori di pomodoro da industria in Europa con oltre 800 Aziende Agricole Associate e 900.000 t di pomodoro fresco prodotto, delle quali 550.000 trasformate nei propri stabilimenti (Moretto e Pavanello, 2014).

Nel Bacino del Sud la raccolta dei pomodori destinati alla produzione di concentrato (30% del volume) è tutta meccanica, mentre quella dei pomodori in scatola è fatta principalmente a mano. Nelle aziende più grandi è utilizzata principalmente l'irrigazione a goccia e la resa è mediamente di 75 t/ha.

La produzione e la trasformazione dei pomodori nelle regioni del Nord Italia è completamente meccanizzata, con mietitrici semoventi italiane, e controllata da esperti. I rendimenti produttivi sono in media pari a 65 t/ha. L'irrigazione è ancora in parte svolta con irrigatori, ma l'irrigazione a goccia è quella più diffusa (Figura 7).

Le esigenze idriche del pomodoro sono elevate: l'apporto complessivo oscilla intorno ai 5.000-7.000 m³/ha per la tipologia allungata e tonda ed a 1.500–2.000 m³/ha per il pomodorino. L'irrigazione “a goccia” permette alla pianta di avere un apporto idrico continuo e costante, con conseguente vantaggio sulla formazione degli zuccheri, ed inoltre consente notevoli risparmi d'acqua.



Figura 7 - Irrigazione a goccia

Altre strategie per il risparmio idrico sono l'irrigazione deficitaria, l'utilizzo di sensori wireless che monitorano lo stato idrico di terreno e piante, e l'uso di acque reflue. Negli ultimi anni una nuova tecnica di irrigazione, “*la fertirrigazione*”, ha trovato ampia diffusione nel pomodoro da industria, soprattutto nelle aree di produzione più vocate del Grossetano. Metodi irrigui a bassa efficienza (scorrimento, aspersione, etc.) vanno esclusi.

Il numero di interventi irrigui varia da 30 a 50, durante l'intero ciclo colturale, in funzione dell'andamento climatico, della natura del terreno e della durata dei turni. È opportuno effettuare interventi irrigui nei

momenti critici: subito dopo il trapianto per favorire l'attecchimento delle piantine, nella fase di sviluppo dell'apparato fogliare e nella fase che va dalla allegazione all'invaiaura per sostenere l'ingrossamento dei frutti (Organizzazioni Produttori ed ANICAV, 2017).

Negli ultimi anni, l'intero comparto ha dovuto fronteggiare due sfide importanti: la riforma PAC del 2007, che ha sancito il passaggio da un regime di aiuto diretto ad uno di pagamento disaccoppiato⁴ rispetto alla produzione, (Arfini *et al.*, 2007; Branca, 2008) e la crescente competitività di aree di produzione estere (Cina, India, Turchia).

In una situazione così complessa, i due poli hanno mostrato tempi di reazione molto differenti, che riflettono le differenze Socio-Culturali e la tradizione imprenditoriale delle due aree. Il Distretto del Pomodoro del Nord è una realtà già da alcuni anni, ed ha ottenuto risultati molto incoraggianti; mentre il Distretto del Pomodoro del Sud è diventato operativo nel Giugno del 2014.

I due bacini produttivi sono caratterizzati da un differente assetto organizzativo-strutturale e da una differente specializzazione della produzione:

- nel bacino settentrionale, la dimensione media delle aziende che coltivano pomodoro è superiore a quella nazionale, con un alto livello di meccanizzazione, ampio ricorso al lavoro esterno e all'affitto di terreni. In questo modo, tali aziende sono riuscite a ridurre progressivamente i costi di produzione. Di conseguenza, la coltivazione del pomodoro da industria garantisce un buon livello di redditività. A Nord si producono prevalentemente concentrati (39,3%), polpe (35%), passate (27,3%), sughi pronti (1,7%) (Fonte Organismo Interprofessionale pomodoro da industria Nord Italia, 2016);
- il bacino meridionale, invece, è rappresentato da aziende mediamente più piccole, caratterizzate da una minore dotazione di capitali investiti e da un ricorso maggiore alla manodopera per le operazioni di raccolta, spesso di provenienza extra-comunitaria, disponibile a costi molto bassi (Branca, 2008); nel Centro-Sud si producono prevalentemente pelati (44%), polpe, passate e pomodorini (48%) e concentrati (8%) (ANICAV, 2016).

La Figura 8 mette a confronto le percentuali di prodotti ottenuti dalla trasformazione del pomodoro da industria nei due Distretti del Nord e Centro-Sud.

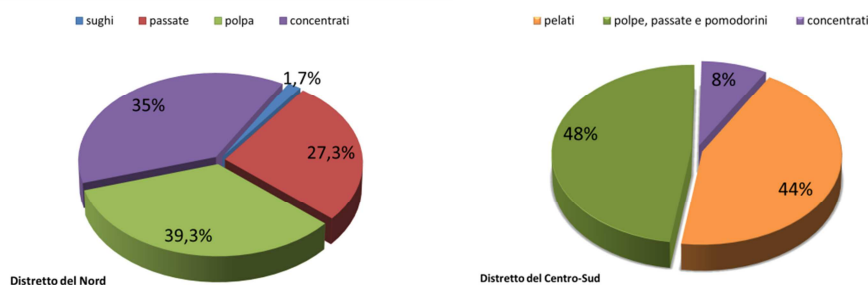


Figura 8 - Pomodori lavorati dalle imprese di trasformazione dei Distretti del Nord e del Centro-Sud, ripartiti per categoria merceologica di destinazione

⁴ Il pagamento disaccoppiato indica genericamente la separazione del sostegno al reddito degli agricoltori dall'effettiva produzione di pomodori

Il prezzo al produttore fissato per la materia prima nel 2016 è stato di circa 81 €/ton per i pomodori tondi (destinati per lo più alla produzione di passate e concentrati), 103,4 €/ton per la varietà di pomodori lunghi (destinati a pelati e polpe) e 137,2 €/ton per i pomodorini da industria (ISMEA 2017).

Per l'anno 2017 l'accordo quadro è stato raggiunto per il Nord Italia, con un prezzo pari a 80,75 €/ton (comprensivo di 1 euro per i servizi).

Per la campagna del pomodoro da industria 2018 è stato raggiunto l'accordo nel Nord tra le rappresentanze industriali e le OP del pomodoro. L'intesa fissa una penale di 20 €/tonnellata, nel caso di superamento dell'obiettivo di produzione. Il prezzo indicativo, da ratificarsi poi nei singoli contratti, sarebbe pari a 79,75 €/tonnellata.

Non è invece ancora stato raggiunto un accordo per il Centro-Sud, ovvero per circa il 50% della produzione nazionale (www.ilpuncocoldiretti.it).

3.2 Commercio

L'Italia è sia un esportatore che un importatore di derivati del pomodoro. Le esportazioni italiane di prodotti a base di pomodori su tutta la linea sono aumentate del 6% nei primi sette mesi del 2016, rispetto a 1.882.674 di ton del 2015. In particolare le esportazioni di polpe e pelati, nel 2016, hanno raggiunto il 77% rispetto al valore mondiale; per quanto riguarda le esportazioni di passate e concentrati siamo sempre leader mondiali, coprendo il 26% della domanda (Figura 9) (ISMEA, 2017).

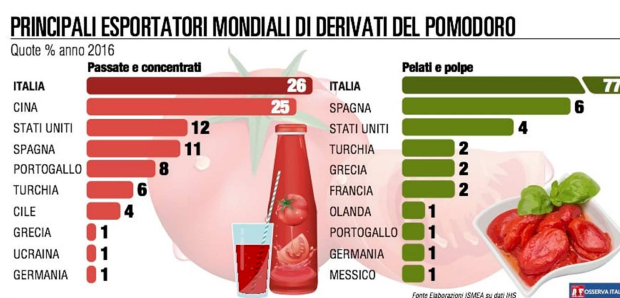


Figura 9 - Valori in % delle esportazioni di derivati del pomodoro a livello mondiale (Fonte Elaborazioni ISMEA su dati IHS)

L'Italia è il secondo importatore mondiale di passate e concentrati di pomodoro (soprattutto di questi ultimi) con una quota del 10%, dopo la Germania che assorbe una quota pari al 15% dei flussi complessivi. Per quanto riguarda le polpe e pelati, il primo importatore mondiale è il Regno Unito (23%), seguito dalla Germania (15%) e dalla Francia (9%) (Fonte elaborazione ISMEA su dati IHS, 2017). Secondo il monitoraggio delle vendite al dettaglio Nielsen-Ismea, nel 2016, rispetto al 2015, le vendite di prodotti a base di pomodoro sono rimaste per lo più stabili in volume e valore (rispettivamente +0,3% e -0,4%); in particolare, le performance migliori sono state segnate dai sughi pronti, che rappresentano il 26% dell'aggregato in valore (+5,1% sia in volume, sia in valore), dalle passate (+1,1% in valore e +3,1% in volume) e dai pomodorini (+0,9% in valore e +3,8% in volume). È proseguita, al contrario, la dinamica flessiva dei consumi di pelati (-10% in valore e -6,4% in volume) e polpe (-3,2% in valore e -3% in volume).

Dati più recenti, relativi al periodo gennaio-aprile 2017, dimostrano che nel complesso le vendite dei prodotti dell'aggregato sono salite dell'1,7% in volume e dell'1,1% in valore (ISMEA, 2017).

3.3 Trasformazione Industriale del pomodoro

L'industria di trasformazione del pomodoro italiano produce passata, salse, e concentrati ed è completamente separata dal mercato del fresco. Caratteristiche specifiche differenziano i due tipi di pomodori: le varietà di pomodoro fresco sono più succose e raccolte prima di essere mature, mentre le varietà destinate alla trasformazione contengono alte percentuali di solidi, vengono fatti maturare sulla pianta e in genere hanno una pelle più spessa.

Le innovazioni tecnologiche dell'industria conserviera del pomodoro, un prodotto dalla stagionalità ridotta, ha permesso la conservazione e la disponibilità sulle tavole tutto l'anno. Le industrie conserviere hanno creato e messo sul mercato una vasta gamma di derivati (Figura 10).

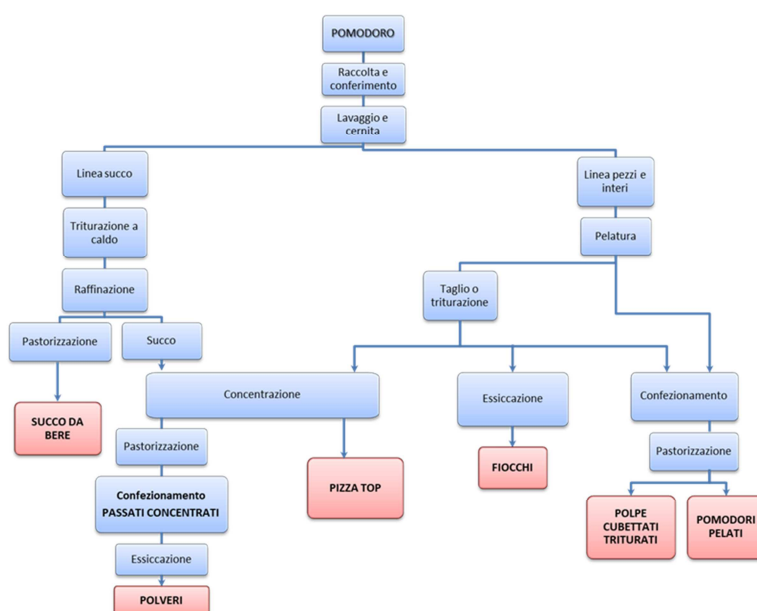


Figura 10 - Schema riassuntivo dei derivati industriali del pomodoro (Fonte: Leoni, 2010)

La filiera agroindustriale delle conserve di pomodoro si articola, sinteticamente, nelle seguenti fasi: fase agricola; fase di trasformazione industriale; fase relativa alla distribuzione, consumo e gestione dei rifiuti a fine vita.

La fase agricola comprende l'insieme delle pratiche agronomiche relative alla preparazione del terreno, semina, irrigazione, concimazione, difesa fitosanitaria e raccolta del prodotto fresco, seguita dal relativo trasporto.

La fase della trasformazione industriale prevede differenti tipologie di operazioni, alcune delle quali comuni e altre, invece, specifiche in quanto collegate ai diversi prodotti da realizzare (pelato, passata, concentrato, ecc.).

Nella Figura 11 vengono schematizzate le fasi, di norma, comuni alle differenti tipologie di conserve di pomodoro.

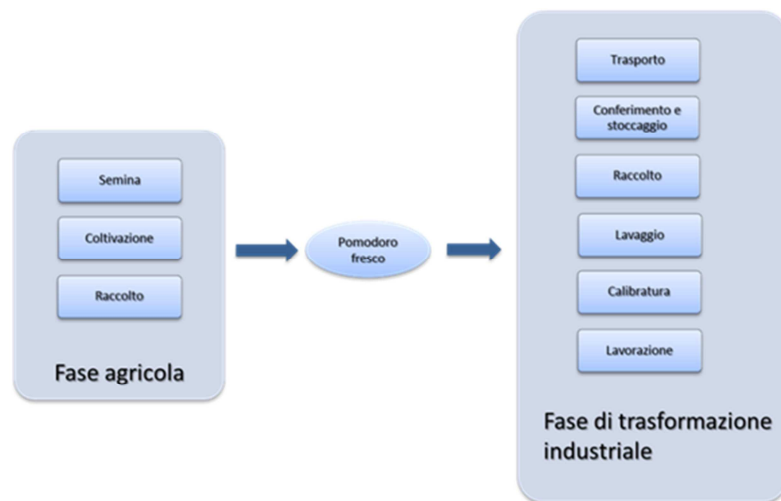


Figura 11 - Fasi comuni alle differenti tipologie di conserve di pomodoro (Fonte: Progetto PRIN, 2008)

Al ricevimento, il pomodoro è controllato dal laboratorio Controllo di Qualità (CQ) circa il rispetto degli standard di qualità. Se è conforme, dopo la pesatura e la registrazione dei dati di rintracciabilità, è scaricato dai mezzi di trasporto, tramite getti d'acqua, in apposite canalizzazioni, dove il pomodoro è lavato con acqua di riciclo per la rimozione di terra, sassi, ecc.; dopo, esso passa attraverso calibratrici e "diserbatrici" a pettine, raggiunge un sistema di elevatori, dove avviene il lavaggio vero e proprio con docce alimentate da acqua potabilizzata (Figura 12). L'acqua utilizzata in questa fase è filtrata e riutilizzata per lo scarico del pomodoro e il lavaggio iniziale. Infine il pomodoro è condotto ai piani di cernita per la rimozione delle bacche non idonee e di eventuali corpi estranei rimasti.

Da questo punto in poi iniziano le fasi tipiche per ogni tipologia di prodotto: Pelati e Polpa, Passata e Concentrati.



Figura 12 – Lavaggio del pomodoro con acqua potabilizzata

3.3.1 Linea Polpe di Pomodoro (Polpe e Pelati)

Per produrre i Pelati vengono utilizzati pomodori dalla forma allungata (tipo San Marzano) e dalla buccia di facile estrazione; per la Polpa non è obbligatorio partire da pomodoro lungo.

Il pomodoro dopo la fase di lavaggio e cernita, entra in una scottatrice a pressione dove viene sottoposto a temperature di circa 100 °C e poi in una camera sotto vuoto dove la pelle esplodendo si stacca per essere eliminata da batterie di macchine separapelli.

Il pomodoro pelato è cernito manualmente (Figura 13), quindi è tagliato in cubetti con il passaggio forzato attraverso taglierine. I cubetti ottenuti, dopo un'ulteriore cernita e sgrondatura vengono miscelati al succo di pomodoro concentrato. Gli scarti (pelli e succo) che si generano da queste fasi sono recuperati nella linea del concentrato.



Figura 13 – Cernita manuale del pomodoro

Per i Pelati l'inscatolamento è semiautomatico perché ad un primo riempimento meccanico si aggiunge una fase di finitura, detta "appareamento", manuale (Leoni, 1993). Segue l'aggiunta di succo o di semiconcentrato con l'apposito dosatore.

La fase di preriscaldamento, durante la quale i barattoli di pomodoro vengono elevati ad una temperatura superiore ai 50°C, serve ad eliminare la maggior parte dell'aria inglobata tra i frutti attenuando così gli effetti negativi dell'ossigeno (degradazione dei costituenti ossidabili, aumento della velocità di corrosione della scatola).

Le ultime fasi della linea sono rappresentate dal trattamento termico (sterilizzazione/pastorizzazione) e dal raffreddamento, eseguito quasi esclusivamente con acqua (Figura 14).

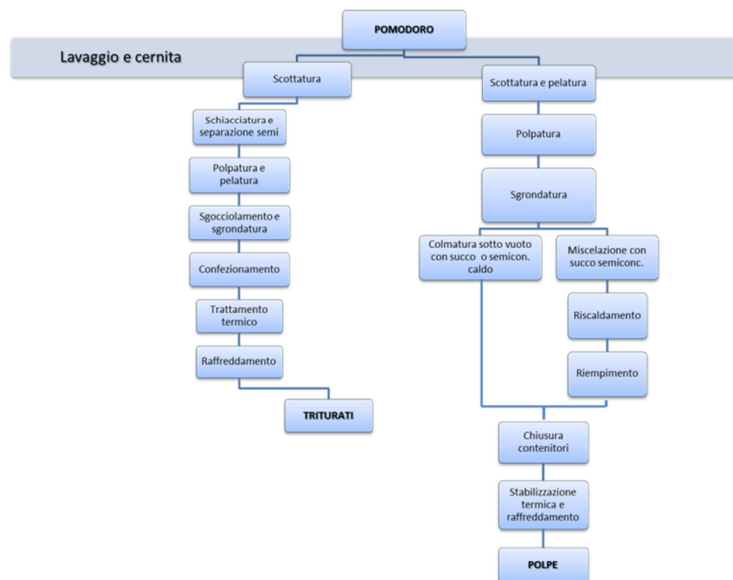


Figura 14 - Fasi di lavorazione del pomodoro per produrre polpa di pomodoro e pelati (Fonte Leoni, 1993)

3.3.2 Linea Passata e Concentrati di Pomodoro

Il pomodoro dopo la cernita è triturato a caldo all'interno di brovatrici. A seconda delle temperature di trattamento si otterrà un prodotto con caratteristiche organolettiche e consistenza diverse. Il triturato viene quindi inviato al gruppo di passata/raffinazione per separare il succo da buccette, semi e parte della cellulosa che, raccolti in un cassone, sono venduti come mangime animale o per uso energetico.

Il succo ottenuto è inviato agli impianti di evaporazione/concentrazione costituiti da fasci tubieri nei quali il pomodoro perde per evaporazione parte dell'acqua che lo costituisce e si concentra fino al valore desiderato. Il concentrato o la passata vengono quindi sottoposti al trattamento termico di sterilizzazione o pastorizzazione, utilizzando apparecchiature a scambio di calore, quindi raffreddato e confezionato (Figura 15).



Figura 15 – Impianti di evaporazione-concentrazione e di sterilizzazione o pastorizzazione

Nella figura 16 è riportato lo schema di lavorazione della linea passata e concentrato.

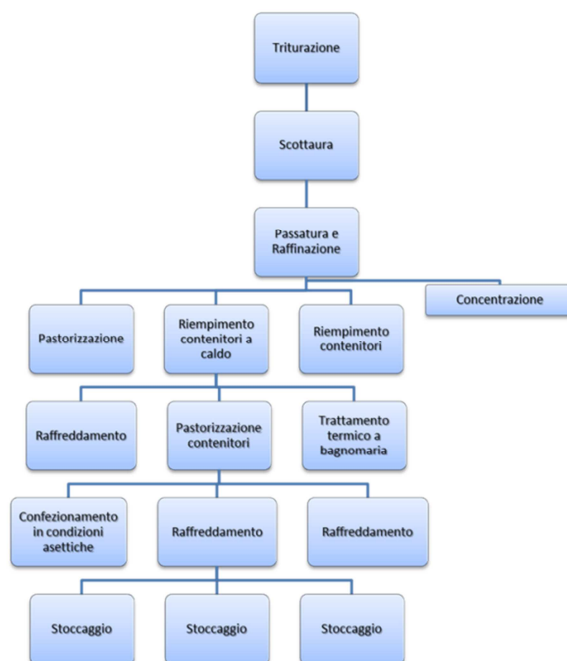


Figura 16 - Schema di lavorazione di passata e concentrato (Fonte: Progetto PRIN 2008)

3.4 Obbligo di tracciabilità di filiera del pomodoro e suoi derivati

E' stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale il decreto interministeriale, per introdurre l'obbligo di indicazione dell'origine dei derivati del pomodoro, come conserve, salse, concentrato e sughi. Il provvedimento introduce la sperimentazione per due anni del sistema di etichettatura, nel solco della norma già in vigore per i prodotti lattiero caseari, per la pasta e per il riso. Il decreto si applica ai derivati come conserve e concentrato di pomodoro, oltre che a sughi e salse che siano composti almeno per il 50% da derivati del pomodoro.

Il provvedimento prevede che le confezioni di derivati del pomodoro, sughi e salse prodotte in Italia dovranno avere obbligatoriamente indicate in etichetta le seguenti diciture:

- a) Paese di coltivazione del pomodoro: nome del Paese nel quale il pomodoro viene coltivato;
- b) Paese di trasformazione del pomodoro: nome del paese in cui il pomodoro è stato trasformato.

Se queste fasi avvengono nel territorio di più Paesi possono essere utilizzate, a seconda della provenienza, le seguenti diciture: Paesi UE e non UE.

Se tutte le operazioni avvengono nel nostro Paese si può utilizzare la dicitura "Origine del pomodoro: Italia".

4 REFLUI DERIVANTI DALLA FILIERA DEL POMODORO DA INDUSTRIA

Gli stabilimenti di trasformazione del pomodoro danno origine ad effluenti idrici, costituiti dalle acque di lavaggio e di trasporto della materia prima, di quelle di processo, di raffreddamento delle scatole, di condensazione dei vapori eliminati nella concentrazione, di lavaggio degli impianti, dei piazzali e dei locali.

In queste acque si trova del materiale organico (sfrido di lavorazione), che determina un inquinamento di carattere biodegradabile, in gran parte allo stato soluto, caratterizzabile mediante i parametri BOD₅ (domanda biochimica di ossigeno), COD (domanda chimica di ossigeno), SSS (solidi sospesi sedimentabili), SST (solidi sospesi totali) e azoto ammoniacale (Leoni, 1997).

Mediante la metodologia ufficiale del *Water Footprint Network*⁵, è stato quantificato il consumo di acqua per la produzione del pomodoro, dalla coltivazione al confezionamento del prodotto finito. Ne risulta che l'84% dell'impronta idrica di un'azienda è dovuta alla coltivazione del pomodoro, mentre il resto viene utilizzato dall'industria di trasformazione. E' necessario, perciò, razionalizzare l'uso delle risorse idriche impiegate per la coltivazione, riducendo l'acqua blu (relativa ai volumi di acqua dolce sottratta al ciclo naturale per scopi agricoli o industriali), che costituisce il 35% dell'impronta della fase agricola, e limitare l'uso di fertilizzanti, riducendo l'acqua grigia, (relativa ai volumi di acqua inquinata), che costituisce il 50% dell'impronta della fase agricola (Chiesi e Ranieri, 2012).

Alcune Organizzazioni di Produttori per ridurre l'impiego di acqua durante l'irrigazione, hanno promosso l'irrigazione a goccia/manichetta, che permette di dosare meglio l'acqua e consente una sua riduzione a parità di pomodoro fresco prodotto. In pratica, le coltivazioni con manichetta producono di più utilizzando la stessa quantità di acqua adottata nell'irrigazione a pioggia (Chiesi e Ranieri, 2012).

Uno studio svolto presso la Stazione sperimentale per l'industria delle conserve alimentari (SSICA) di Parma (Leoni,1997) ha dimostrato che l'acqua utilizzata durante il processo di trasformazione del pomodoro viene in parte restituita non modificata all'ambiente (acque di sterilizzazione, raffreddamento, condensazione) e parte invece viene restituita in condizioni di inquinamento organico, derivante dalla dissoluzione di componenti biodegradabili (zuccheri, acidi organici, ecc.).

La quantità di acqua utilizzata nel processo dipende strettamente dal tipo di lavorazione, dalla materia prima lavorata e dalla gestione dello stabilimento; mentre la quantità di acqua scaricata si differenzia in base al prodotto finito: nella produzione del concentrato di pomodoro il volume di effluente è circa 10-13 m³/t di pomodoro lavorato; nel caso di produzione di pelati, triturati e polpe la quantità di acqua scaricata è notevolmente più bassa, considerando che il fabbisogno idrico è pari a 6-7 m³/t.

Il carico organico relativo a passate e concentrati è 9 kg COD/t, mentre per pelati e polpe è pari a 4,5 kg COD/t. Di conseguenza, le concentrazioni negli scarichi non saranno inferiori a 350 mg/l per il concentrato e 1.300 mg/l per pelati, triturati e polpe (Leoni, 1997).

Un ulteriore spreco della filiera è rappresentato dalla quantità di pomodoro trasformato che si perde con la sostanza organica disciolta nell'effluente idrico. Si calcola che a 1 kg di COD corrispondono 0,9 kg di sostanze organiche, che corrispondono ad una perdita di 81 kg/t di pomodoro lavorato a passate e concentrati e 162 kg/t di pomodoro per pelati, triturati e polpe.

Le acque reflue, generalmente, vengono trattate in un impianto di depurazione a fanghi attivi, dove sono raccolte in una vasca di sollevamento, filtrate, flottate e smistate nelle vasche di ossidazione, da cui passano per tracimazione nei rispettivi sedimentatori, dove i fanghi appesantiti si depositano sul fondo. Dai sedimentatori l'acqua chiarificata viene inviata, tramite un canale di adduzione, allo scarico; mentre il fango ispessito è inviato in una vasca di raccolta e da qui alle centrifughe per la disidratazione. Il fango, disidratato e stabilizzato, è riversato in un cassone e utilizzato come ammendante agronomico.

⁵ L'impronta idrica (water footprint) di un prodotto è il volume totale di acqua dolce consumata e inquinata, durante tutto il processo di produzione.

Per valutare l'efficacia del trattamento di depurazione è stato individuato come indicatore specifico il parametro COD che, fornisce indicazione sul carico di sostanze organiche disciolte, abbondanti nel refluo da trattare (Figura 17).

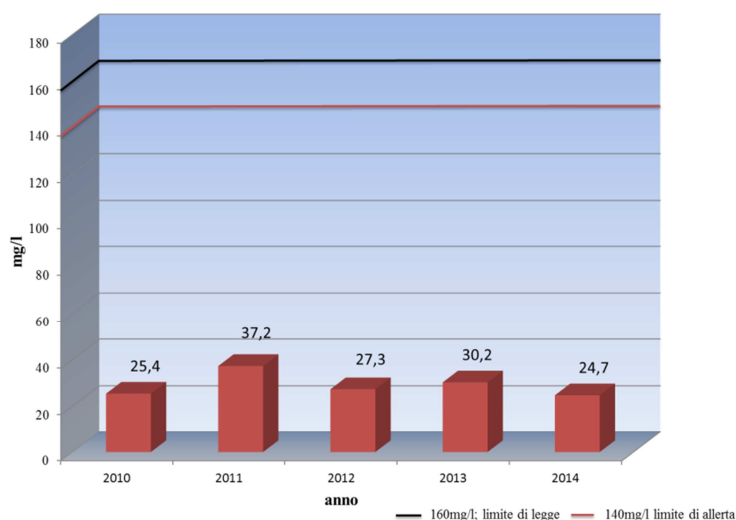


Figura 17 - COD medio dello scarico idrico di uno stabilimento di trasformazione del pomodoro (Fonte CCdP Soc. Agr. Coop. – Dichiarazione Ambientale, 2015)

4.1 Normative sui reflui

Sebbene a livello comunitario non esista una regolamentazione univoca sul tema, sono state emanate alcune importanti direttive: la 91/271/CEE, la 2000/60/CE e Decisione 2001/2455/CE.

Nella Direttiva 91/271/CEE (recepita a livello nazionale con D. L.vo 152/99) la Comunità Europea ha dichiarato che “i reflui trattati possono essere utilizzati qualora risultino appropriati” e “I percorsi dello smaltimento devono ridurre al minimo gli effetti avversi per l’ambiente”. Pertanto, la Commissione Europea ha avviato, alla fine del 2015, una consultazione tra i diversi Stati membri per la stesura di linee guida, per supportare le autorità competenti nel promuovere l’uso di acque reflue trattate per irrigazione in agricoltura e per il ravvenamento delle falde acquifere (<http://ec.europa.eu/environment/water/reuse-actions.htm>).

In Italia gli interventi mirati alla gestione, al controllo e all’uso delle risorse idriche sono regolati da un quadro normativo riconducibile alla L. n.36 del 5/1/94 (“Disposizioni in materia di risorse idriche”), nota come “legge Galli”. A questa hanno fatto seguito numerosi interventi normativi, alcuni dei quali di competenza regionale, che complessivamente costituiscono le linee guida per la corretta pianificazione delle risorse idriche.

Nel 2003 è stato emanato il D.M. 185/2003, che all’art. 12 prevede che il riutilizzo debba avvenire in condizioni di sicurezza ambientale, evitando alterazioni a ecosistemi, suolo e colture, e di sicurezza igienico-sanitaria per la popolazione esposta. Inoltre, il riutilizzo deve svolgersi nel rispetto delle vigenti disposizioni in materia di sanità e sicurezza e secondo le regole di buona prassi industriale e agricola.

Alla fine di aprile 2006, è entrato in vigore il D.Lgs. 152/06 recante “Norme in materia ambientale”, che introduce una nuova disciplina per la tutela della risorsa idrica, la regolamentazione delle acque reflue, la produzione e gestione dei rifiuti e la regolamentazione delle emissioni in atmosfera. In particolare, l’articolo

74 del D.Lgs. 152/06, distingue tre tipologie di acque reflue: “acque reflue domestiche”; “acque reflue industriali”; “acque reflue urbane”. Per acque reflue industriali si intende qualsiasi tipo di acque reflue provenienti da edifici o installazioni in cui si svolgono attività commerciali o di produzione di beni, differenti qualitativamente dalle acque reflue domestiche e da quelle meteoriche di dilavamento, intendendosi per tali anche quelle venute in contatto con sostanze o materiali, anche inquinanti, non connessi con le attività esercitate nello stabilimento.

In Italia, i requisiti di qualità delle acque per riuso irriguo sono meno permissivi rispetto alle raccomandazioni fornite a livello internazionale da vari organi scientifici. Ai fini della tutela della salute umana, sono stati fissati limiti molto restrittivi per i parametri microbiologici.

Il riutilizzo delle acque reflue, in Italia, è finalizzato sia alla necessità di sopperire alla carenza idrica (nelle Regioni Meridionali), sia a esigenze di tutela ambientale (al Nord dove l’acqua è abbondante).

4.2 Valorizzazione degli effluenti mediante tecnologie di separazione a membrana

La quantità media di acque reflue che escono dall’industria del pomodoro di medie dimensioni è di circa 300 m³/giorno. Il flusso di acque reflue prodotto durante la lavorazione di pomodori è caratterizzato da un colore scuro e un cattivo odore, ed è fortemente inquinato da sostanze organiche, solidi sospesi e particelle disciolte (Jaquinta *et al.*, 2006). Le caratteristiche delle acque residue delle industrie conserviere sono naturalmente variabili a seconda della fase di lavorazione e della tipologia del prodotto finito, della modalità di raccolta del prodotto, della provenienza, del grado di maturazione e di trasporto e delle condizioni climatiche. In tali acque non sono presenti sostanze tossiche e/o bioaccumulabili, idrocarburi, metalli pesanti, tensioattivi, oli e/o grassi.

Per limitare l’impatto ambientale, recuperare i grossi volumi di acqua prodotti e le biomolecole ancora presenti, si possono utilizzare le *tecnologie di separazione a membrana*, in cui l’ENEA ha una notevole esperienza per le acque di vegetazione provenienti dalla lavorazione delle olive e per il siero di latte del settore lattiero-caseario (Miceli *et al.*, 2016).

Nel settore agroindustriale del pomodoro, l’ENEA non ha esperienza di trattamento dei reflui. Pertanto, menzioniamo due casi studio di aziende italiane.

Il primo caso studio è rappresentato dall’azienda Ferrara Food, appartenente al gruppo S.F.I.R., specializzata nella produzione, trasformazione e commercializzazione del pomodoro fresco a prodotti semilavorati e finiti. L’azienda ha un impianto, realizzato nel 2009, per la produzione di acqua di processo e trattamento delle acque reflue. Esso opera con tre diverse fasi del processo: potabilizzazione, depurazione e veicolazione del pomodoro. Tutte le acque reflue del ciclo produttivo, trattate e depurate, vengono riutilizzate per la veicolazione del pomodoro ed il suo lavaggio, permettendo un notevole risparmio idrico. Un ulteriore vantaggio è rappresentato dal recupero e dalla condensazione del vapore prodotto durante la lavorazione del pomodoro. Diviene possibile, infatti, riutilizzare anche l’acqua proveniente dal processo di trasformazione del prodotto, evitando sprechi ed ottimizzando le risorse disponibili.

L’impianto di depurazione produce 900 m³/h di acqua di processo. La figura 18 mostra lo schema dell’impianto di potabilizzazione presente nell’azienda Ferrara Food.

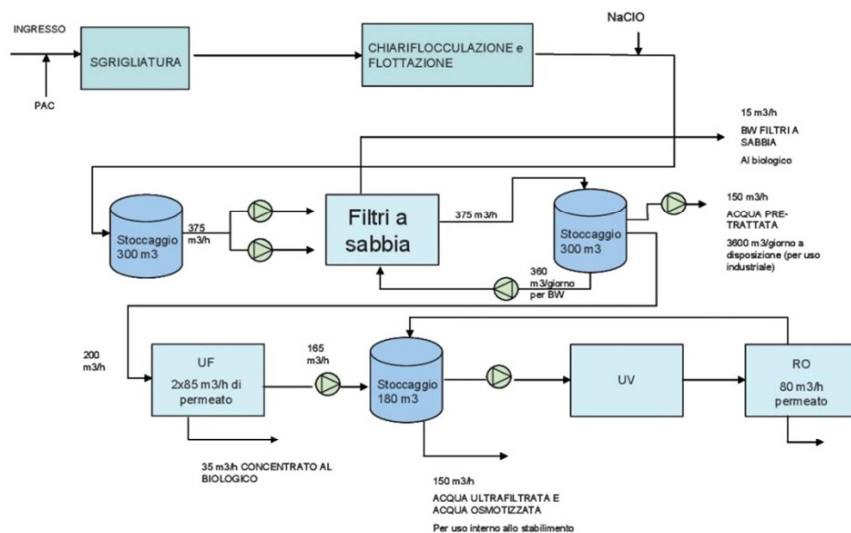


Figura 18 - Schema dell'impianto di potabilizzazione (Fonte http://www.veoliawaterst.it/vwst-italia/ressources/documents/1/18870,13938,CASE-STUDY_FerraraFood.pdf).

In Tabella 1 sono riportati i parametri del refluo in ingresso, quelli in uscita dall'impianto e l'acqua riutilizzata per la movimentazione del prodotto.

Parametri del refluo in ingresso	Valore	Parametri in uscita dall'impianto	Valore	Parametri dell'acqua riutilizzata per la movimentazione del prodotto	Valore
Portata	900 m ³ /h	-	-	Portata	400 m ³ /h
COD	865 mg/l	COD	160 mgO ₂ /l*	COD	100 mgO ₂ /l*
BOD ₅	476 mg/l	BOD ₅	40 mgO ₂ /g	BOD ₅	20 mgO ₂ /g
SST	1500 mg/l	SST	80 mg/l	SST	40 mg/l

Tabella 1 - Parametri del refluo di lavorazione del pomodoro in ingresso, in uscita dall'impianto e dell'acqua riutilizzata per la movimentazione del prodotto

La Figura 19 mostra lo schema dell'impianto di depurazione operante nell'azienda.

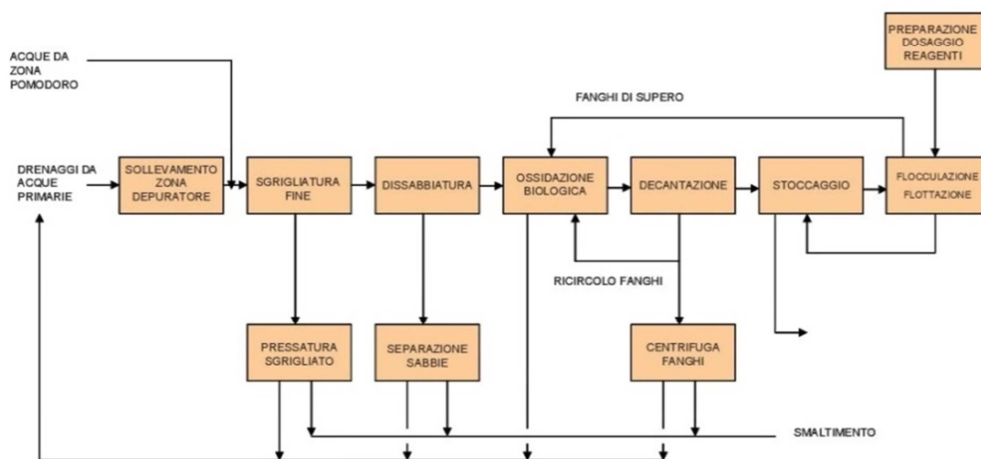


Figura 19 – Schema dell’impianto di depurazione (Fonte <http://www.veoliawaterst.it/vwst-italia/ressources/documents/1/18870,13938>, CASE-STUDY_FerraraFood.pdf)

Il secondo caso studio sul riuso delle acque a fini agricoli è rappresentato da un dimostratore collocato presso l’azienda agroindustriale Fiordelisi s.r.l. a Stornarella (FG). Le attività dell’azienda comprendono processi di lavaggio, cottura, confezionamento e pastorizzazione, a cui fanno seguito le fasi di lavaggio delle apparecchiature e dei contenitori, di produzione di vapore e condensazione dovuta ai raffreddamenti. Tutte attività che comportano un rilevante consumo di acqua con conseguente produzione di acque reflue.

Il trattamento delle acque reflue viene condotto in un impianto di depurazione dedicato, costituito da un processo a fanghi attivi convenzionale. Fa seguito un affinamento, che consiste in una filtrazione in pressione su mezzo granulare e un’ultrafiltrazione con membrane polimeriche. L’acqua depurata viene stoccata in un serbatoio, da cui è prelevata e usata per l’irrigazione dei campi sperimentali.

L’inquinamento batterico delle acque contenute nel serbatoio, viene evitato da un sistema di disinfezione UV “on-demand”, che si avvia solo all’accensione delle pompe per evitare ulteriori consumi (Figura 20).

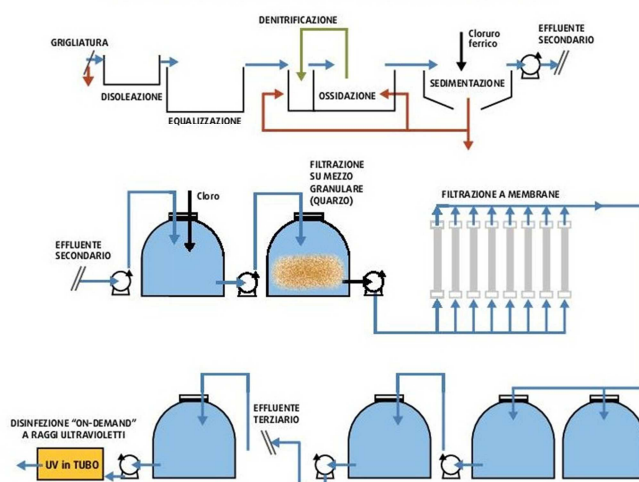


Figura 20 - Schema dell’impianto di trattamento delle acque reflue (Fonte: www.demoware.eu)

Il dimostratore è frutto dell'attività di ricerca inerente il Progetto "DEMOWARE" (Innovation Demonstration for a Competitive and Innovative European Water Reuse Sector) cofinanziato dal 7° Programma Quadro Dell'UE per la ricerca, lo sviluppo tecnologico e dimostrazione nell'ambito del contratto n. 619040.

Un fattore limitante dell'utilizzo delle acque riciclate in agricoltura è rappresentato dagli elevati costi dell'acqua riutilizzata, rispetto alle fonti di approvvigionamento alternative (acque provenienti dai pozzi); dalla mancanza di un sistema di distribuzione dell'acqua reflua, che perciò può essere usata solo nel sito di processamento; dalla destinazione dell'acqua reflua in base alle caratteristiche possedute.

In generale, la tecnologia di separazione a membrana presenta un limite dovuto alla formazione di un "cake" sulla superficie delle membrane utilizzate, che determina sia una minore produttività che una riduzione del tempo di vita delle membrane.

Questo limite può essere superato mediante la "*pratica del flusso critico*". Nel flusso critico le forze di resistenza sulle molecole di soluto concentrato sulla superficie della membrana, sono uguali alle forze dispersive. In queste condizioni reversibili, il *fouling*, sotto forma di gel, può essere periodicamente pulito in modo poco aggressivo. Field *et al.* (1995) hanno introdotto il concetto di flusso critico per microfiltrazione, al di sotto del quale non si osserva un deposito superficiale. Questo nuovo approccio è in seguito applicato anche per membrane in UF e NF (Mänttari and Nystöm, 2000).

Cho *et al.* (2000) hanno operato al di sotto del flusso critico introducendo il concetto di "*flusso sostenibile*", in cui viene ridotto il cake superficiale.

Analizzando una matrice complessa come i reflui derivanti dalla filiera del pomodoro, Iaquina *et al.* (2006) hanno studiato un processo separativo in batch che permette di ottimizzare i parametri di flusso e al tempo stesso garantire una ottimale separazione delle biomolecole ancora presenti. Il processo consiste in una fase di pretrattamento biologico e un passaggio in nanofiltrazione batch (NF). Alla fine, è stato verificato che alla condizione operativa ottimizzata non si verificano deposizioni e quindi formazione di cake a breve termine.

5 VALORIZZAZIONE DEI SOTTOPRODOTTI DELL'INDUSTRIA DI TRASFORMAZIONE DEL POMODORO

Tra le varie filiere agroalimentari, l'industria di trasformazione del pomodoro comporta la produzione di considerevoli quantità di sottoprodotti, spesso fonte di ulteriori emissioni inquinanti. Nel dettaglio, parte del materiale che arriva all'industria di trasformazione è scartato e non ulteriormente processato a causa di danni meccanici o biologici e/o a causa di una maturazione incompleta; inoltre, dal pomodoro trasformato vengono eliminati semi e buccette, detti generalmente cascami. Tali residui o scarti sono classificabili come "sottoprodotti" ai sensi dell'art. 183, comma 1, lettera n, del Dlgs 152/06 e del Dlgs n. 4/08.

Sulla base di quanto previsto dalla normativa europea in materia di rifiuti (Direttiva 2006/12/EC), gli Stati Membri devono adottare adeguate misure per garantire che i rifiuti siano raccolti e smaltiti in modo da non costituire pericolo per la salute umana e con tecniche che non provochino danni all'ambiente.

I sottoprodotti ottenuti dalla trasformazione industriale del pomodoro sono classificati "Materie prime secondarie" dalla Direttiva del Consiglio 96/25/EC e ne è autorizzato l'impiego per l'alimentazione animale.

A seconda dei casi, i cascami sono venduti o ceduti gratuitamente ad altre Aziende o rimossi da ditte specializzate dietro corrispettivo da parte delle aziende di trasformazione.

I prodotti secondari attualmente vengono destinati all'alimentazione animale. Bucces e semi nell'insilato per alimentazione bovina (animali da ingrasso o da rimonta) o per alimentazione di suini.

Per ridurre lo spreco derivante dal prodotto stesso, nel comprensorio del pomodoro da industria del Nord Italia esiste un efficiente sistema integrato di rapporti tra gli operatori della filiera, che permettono di pianificare al meglio la produzione del pomodoro in campagna, sulla base delle richieste del mercato e della capacità di trasformazione giornaliera degli stabilimenti. L'intero sistema è rappresentato dall'Organismo Interprofessionale (OI), che riduce il rischio dei picchi di produzione e fissa una programmazione produttiva per i quantitativi annuali di produzione (Chiesi e Ranieri, 2012).

Gli scarti, complessivamente, rappresentano circa il 2-5% della massa in ingresso all'industria di trasformazione, la parte predominante è costituita dalle buccette, mentre la quota legata ai pomodori scartati è variabile in funzione della stagione. Nella sola Emilia-Romagna vengono prodotte 130.000 t/anno di scarti (bucce, semi). Le bucce sono molto ricche in licopene e dai semi è possibile estrarre un olio dalle caratteristiche nutrizionali elevate. L'utilizzo combinato delle due frazioni potrebbe ridurre i costi di smaltimento di questi scarti. Essi rappresentano per le Imprese un onere; per la collettività una richiesta di nuovi spazi da destinare allo smaltimento e l'insorgenza di cattivi odori; per l'Ambiente picchi di carico stagionali, scarichi illeciti, instabilità microbiologica e pericolo di accumulo di composti tossici (metalli pesanti).

La valorizzazione di questi sottoprodotti risulta complessa, in quanto la loro disponibilità è stagionale, la loro movimentazione è onerosa e la loro conservabilità è generalmente limitata.

5.1 Valorizzazione energetica

5.1.1 Digestione anaerobica degli scarti di lavorazione del pomodoro

Tra le diverse soluzioni adottabili per la gestione di questi sottoprodotti, la Digestione Anaerobica (DA) appare come una delle più efficaci. E' stato dimostrato che la valorizzazione di buccette, semi e pomodori scartati consente di ridurre dell'8-15% l'impatto ambientale di questa industria di trasformazione, intervenendo su più fronti; da un lato viene ridotta sensibilmente la quantità degli scarti da smaltire e dall'altro si riduce il ricorso all'energia fossile (Bacenetti *et al.*, 2015).

A conferma di questo, uno studio svolto ancora su test in vitro, da ricercatori del Politecnico di Valencia (Upv) insieme alla Scuola tecnica Superiore di Ingegneria Agronomica (2011), ha dimostrato che unendo i liquami provenienti dagli allevamenti dei suini con alcuni sottoprodotti agricoli come pomodori, peperoni, pesche e kaki, si aumenta notevolmente la produzione di metano, rispetto a quella ottenuta dalla sola lavorazione del letame. In particolare, i peperoni aumentano la produzione del 44%, mentre i pomodori del 41%. Sulla base di questi risultati confortanti, l'obiettivo a lungo termine del team è ora quello di utilizzare questa tecnologia per gli impianti di biogas su larga scala.

In uno studio svolto dall'Università di Milano e dal Politecnico delle Marche, si evidenzia come l'utilizzo di buccette, semi, pomodori scartati insieme ad altri residui agroindustriali (es. scarti di zucca) e liquami

zootecnici per produrre biogas, non solo consente di gestire i residui, ma permette di valorizzarli per produrre energia (elettrica e termica) che può essere utilizzata all'interno dell'azienda di trasformazione stessa (Figura 21) (Bacenetti *et al.*, 2015).

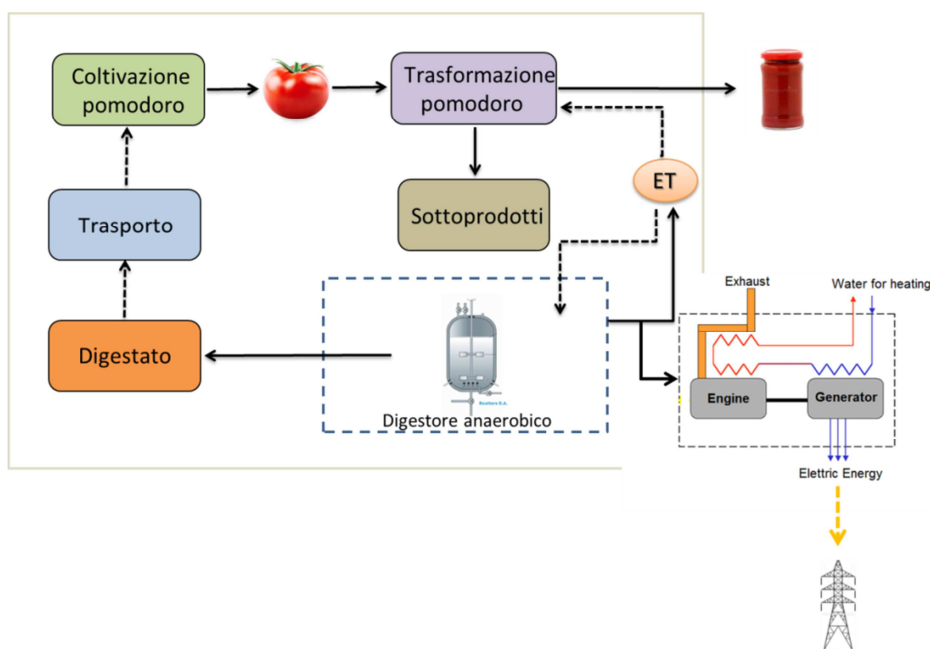


Figura 21 - Processo di valorizzazione energetica dei sottoprodotti in un impianto di DA

In questo studio, l'impianto di DA in cui sono utilizzati i residui del pomodoro ha una potenza di 300 kW, opera in mesofilia ed è caratterizzato da un digestore completamente miscelato da 1.650 m³ e da un post-fermentatore da 2.000 m³.

La tabella 2 mostra il potenziale in biogas e metano dei diversi residui di lavorazione del pomodoro.

Sottoprodotto	Sostanza secca % sul tal quale	Solidi volatili % sul secco	Produzione di biogas m ³ /t di solido volatile	Contenuto in metano % volumetrica	Produzione di metano m ³ /t sul tal quale
Pomodori scartati	7,8 ± 0,9	92,1 ± 2,6	506,8 ± 39,7	55,2 ± 0,9	20,07
Buccette e semi	28,1 ± 5,5	96,8 ± 2,0	358,5 ± 21,9	53,7 ± 1,5	52,33

Tabella 2 - Caratterizzazione chimico-fisica, potenziale in biogas e metano dei sottoprodotti della trasformazione del pomodoro (Fonte Bacenetti *et al.* 2015)

Nonostante la stagionalità di questi sottoprodotti, l'impianto viene continuamente alimentato grazie alla loro differente conservabilità. Infatti, i pomodori scartati, non essendo stoccabili, se non per un breve periodo, sono necessariamente impiegati all'interno dell'impianto di DA nel periodo in cui sono disponibili (stagione di raccolta del pomodoro); al contrario, buccette e semi possono essere insilati e conservati, per cui possono essere impiegati nel corso dell'anno (Bacenetti *et al.*, 2015).

In Figura 22 è riportato, suddiviso per ogni mese, il contributo delle diverse matrici alla produzione del metano necessario per il funzionamento di un motore endotermico in grado di operare in assetto cogenerativo (CHP: Combined Heat and Power), cioè di produrre contemporaneamente calore ed energia meccanica subito trasformata in energia elettrica.

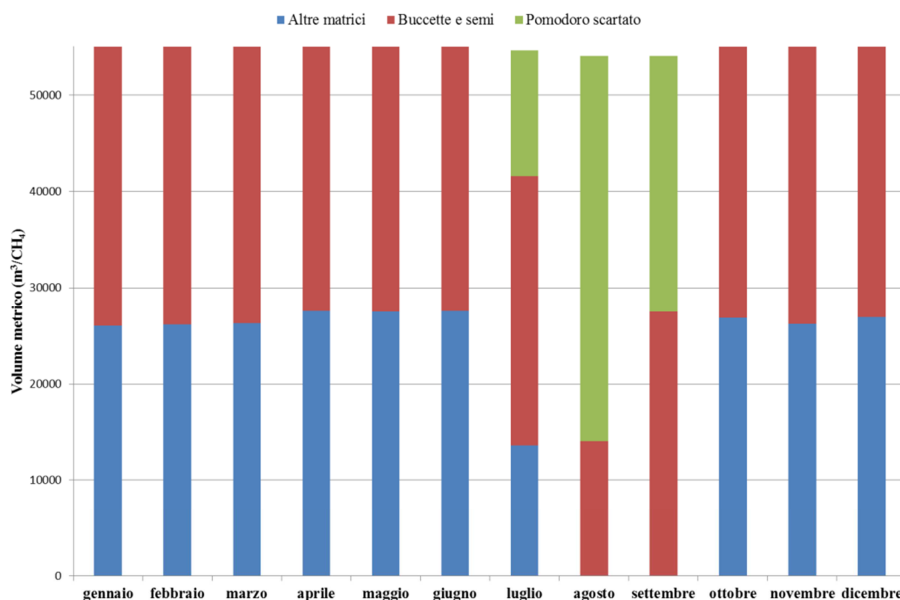


Figura 22 - Alimentazione e produzione di metano nell'anno (Fonte Bacenetti *et al.*, 2015)

Annualmente possono essere prodotti e immessi in rete 2.490 MWh elettrici di cui circa il 60% derivanti dalla digestione degli scarti del pomodoro; oltre a ciò, 2.705 MWh termici, cogenerati da un motore CHP e disponibili al netto degli autoconsumi termici dell'impianto, sono utilizzati nell'impianto di trasformazione (Bacenetti *et al.*, 2015).

L'elettricità prodotta è immessa nella rete elettrica nazionale ed evita la produzione della stessa da fonte fossile, mentre il calore è in parte utilizzato per mantenere la temperatura di processo nei digestori (40 °C) e in parte reimpiegato dall'industria di trasformazione (cottura, pastorizzazione ecc.), sostituendo l'energia termica altrimenti prodotta tramite bruciatori alimentati a gas naturale. Il digestato prodotto dalla DA dei sottoprodotti della lavorazione del pomodoro è utilizzato come ammendante organico (Bacenetti *et al.*, 2015) (Figura 23).

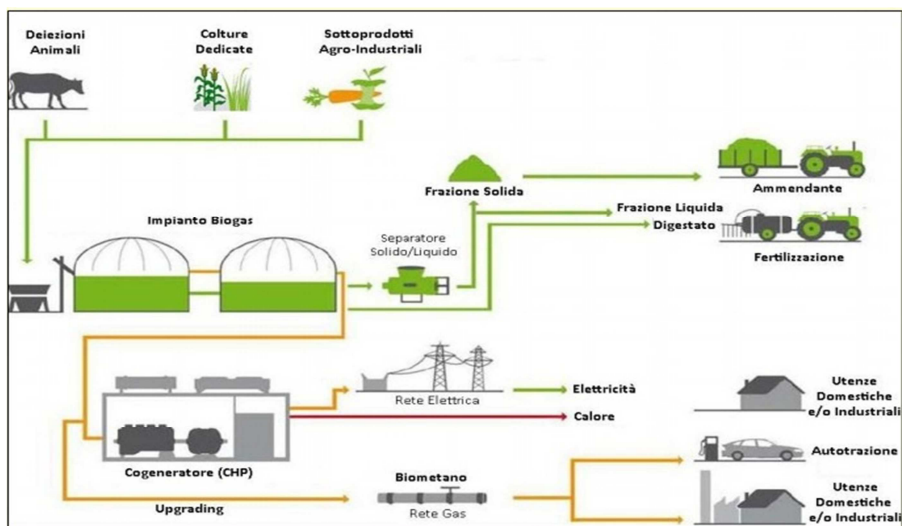


Figura 23 - Schematica della filiera biogas che utilizza anche sottoprodotti agro-industriali come i pomodori (Fonte AA.VV. Elab. CIB, 2012)

In Figura 24 è riportato il confronto tra l’impatto ambientale, valutato attraverso la metodologia del *Life Cycle Assessment* (LCA), della passata di pomodoro prodotta, considerando o meno la valorizzazione energetica dei sottoprodotti. Per tutti gli effetti ambientali considerati, la DA di pomodori scartati, semi e buccette consente una riduzione dell’impatto ambientale rispetto alla soluzione tradizionale.

Si può facilmente notare come per impatti come il cambiamento climatico (emissione di gas ad effetto serra o GHG) e l’assottigliamento dello strato di ozono, la valorizzazione dei sottoprodotti consente di ridurre l’impatto ambientale di processo in maniera considerevole (8-15%).

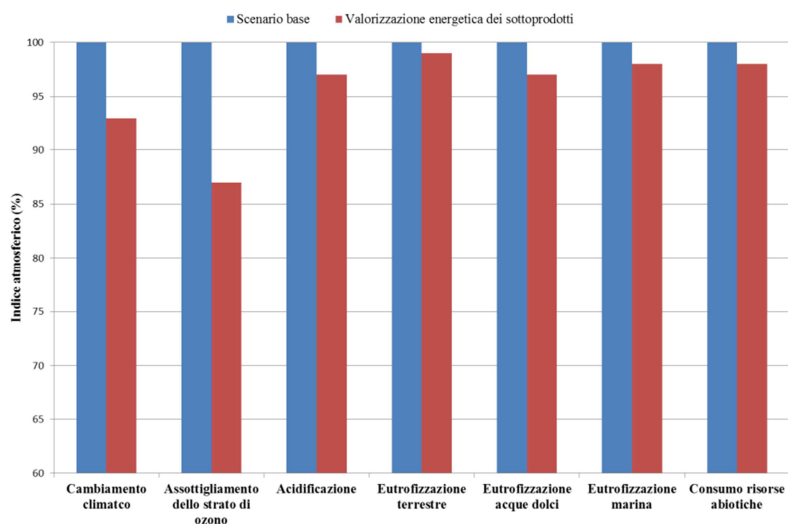


Figura 24 - Studio dell’impatto ambientale della passata di pomodoro (Fonte Bacenetti *et al.*, 2015)

5.1.2 Torrefazione di residui agroindustriali per la produzione di biocombustibili

Attualmente, nel campo dei biocombustibili solidi ad uso energetico, vi è molto interesse verso la torrefazione, sia per l’efficienza energetica del processo che per i vantaggi che questa comporta a livello qualitativo (Uslu *et al.*, 2008). Infatti, tale processo determina sul legno, e in generale sui prodotti a base

ligno-cellulosica, cambiamenti molto interessanti ai fini della combustione, quali: l'aumento della densità energetica, la forte diminuzione dell'igroscopicità (Felfli *et al.*, 2005) e la facilità di macinazione (Arias *et al.*, 2008).

A livello di processo, la torrefazione è un pretrattamento termico su una biomassa solida eseguito in assenza di ossigeno, a pressione atmosferica e a temperature dell'ordine dei 200 – 300°C (Chen & Kuo, 2010). Il calore determina la rottura dei legami chimici delle molecole organiche (cellulosa, emicellulosa e lignina) modificando la struttura o determinando la formazione di composti volatili. Il primo effetto sul materiale torrefatto, rispetto alla biomassa di partenza, è la rimozione dell'umidità e l'aumento del potere calorifico (Felfli *et al.*, 2005).

Le trasformazioni termochimiche a carico della biomassa di partenza comportano, attraverso la produzione di volatili, una perdita di materia solida, che nel caso delle bucce di pomodoro può raggiungere valori del 26% in peso, e la conseguente perdita di energia pari al 10% del contenuto energetico totale presente nel combustibile di partenza (Riva *et al.*, 2011).

Presso il Laboratorio Biomasse dell'Università Politecnica delle Marche è stato sviluppato un reattore da banco per la torrefazione di biomasse solide, allo scopo di studiare gli effetti del trattamento sulle biomasse residuali e valorizzarle dal punto di vista energetico in co-combustione (Figura 25) (Rossini e Toscano, 2011).

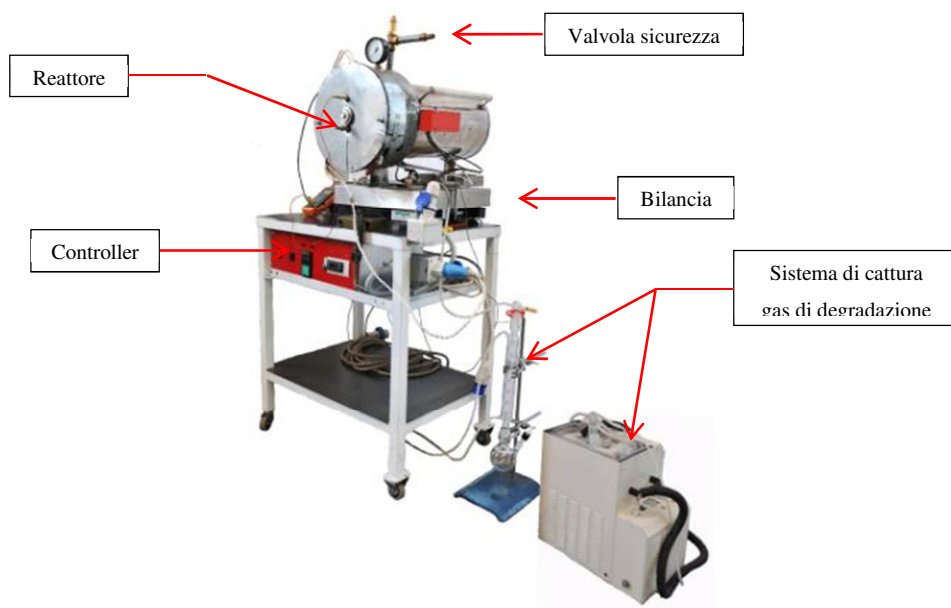


Figura 25 - Reattore da tavolo, 4575 HT/HP - Parr, per il trattamento termico delle biomasse progettato e realizzato dal Laboratorio Biomasse del Dipartimento SAIFET dell'Università Politecnica delle Marche

I risultati ottenuti dal processo di torrefazione delle bucce di pomodoro evidenziano una serie di benefici in termini energetici, quali l'aumento del potere calorifico, fino al 60 % e della densità energetica, la riduzione della capacità igroscopica, la riduzione del rapporto O/C, la maggiore conservabilità dei torrefatti e l'omogeneità del biocombustibile ottenuto (Rossini e Toscano, 2014).

5.1.3 Elettricità da scarti di pomodoro

Ricercatori della South Dakota School of Mines & Technology, della Princeton University e della Florida Gulf Coast University stanno portando avanti un progetto pilota secondo il quale sarà possibile ottenere energia elettrica mediante una cella elettrochimica microbica, utilizzando i pomodori marcati o danneggiati nelle fasi di coltivazione e di raccolta (Figura 26) (Shrestha *et al.*, 2016).

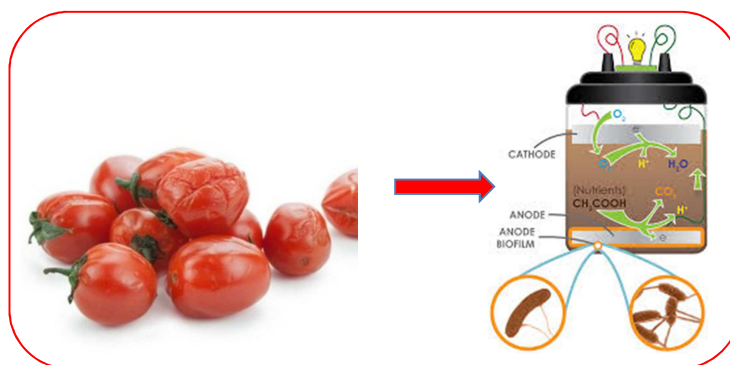


Figura 26 - Cella elettrochimica microbica

La cella elettrochimica realizzata, utilizza i batteri per abbattere ed ossidare la materia organica dei pomodori di scarto, con un processo che determina il rilascio di elettroni, i quali vengono poi catturati nella cella, trasformandosi in una risorsa di elettricità. Nel corso della ricerca è stato scoperto, inoltre, che i pigmenti naturali di licopene dei pomodori, costituiscono degli eccellenti mediatori per favorire la creazione di cariche elettriche. Attualmente, l'energia prodotta dalla cella a combustibile è relativamente bassa, in quanto da 10 mg di pomodori si producono 0,3 watt di elettricità, ma i ricercatori confidano che trasferendo la tecnologia su scala industriale sarà possibile incrementare la produzione di molti ordini di grandezza.

Questo modello di "agrienergia" si sta sempre più affermando anche nel nostro paese, considerando le grandi quantità di prodotto danneggiato che rimane nei campi e che risulta responsabile della dispersione di metano in atmosfera, provocando un'alterazione di circa 30 volte superiore alla CO₂.

5.2 Valorizzazione non energetica

In Italia l'industria dei pelati e della passata di pomodoro produce ogni anno 140.000 tonnellate di scarti, che possono trovare un loro utilizzo in vari settori, tra cui:

Mangimi: un recente studio, condotto da ricercatori dell'Istituto di Scienze delle produzioni alimentari (Isipa) del Cnr, Uos di Torino, Dipartimento di scienze agrarie, forestali e alimentari dell'Università di Torino, con la collaborazione della Tomato Farm Società Agricola Spa di Pozzolo Formigaro (Al), ha dimostrato come sia possibile utilizzare, a differenti concentrazioni, i sottoprodotti del pomodoro in mangimi per l'alimentazione del coniglio da carne (Peiretti *et al.*, 2013).

In particolare, bucce e semi, ricchi di nutrienti, come fibre, proteine e grassi, e di molecole antiossidanti, come carotenoidi e composti fenolici, sono stati essiccati e miscelati, in percentuali variabili, con altri ingredienti per ottenere un mangime ottimale per i conigli (Figura 27).



Figura 27 - Mangime per conigli arricchito con scarti provenienti dalla lavorazione dei pomodori

L'utilizzo di questo tipo di mangime ha evidenziato un miglioramento della qualità della carne sotto il profilo nutrizionale e culinario.

Compost: questa grande quantità di scarti può diventare anche la materia prima per produrre un compost molto speciale, capace non solo di fertilizzare il suolo, ma anche di uccidere molti microrganismi all'origine delle malattie delle piante. Questo studio è stato portato avanti dai ricercatori del gruppo Ricicla dell'università Statale di Milano, insieme ai colleghi dell'ateneo di Torino.

Il compost ottenuto, simile alla torba per alcune sue caratteristiche chimico-fisiche, è stato testato in serra dagli ricercatori della AgriNewTech, spin off dell'università di Torino, su piantine di pomodoro "cuore di bue". I risultati hanno evidenziato che i batteri presenti nel compost sono capaci di abbattere un patogeno fungino molto comune, permettendo di ridurre l'uso di prodotti chimici di sintesi.

Vernici bio-based: il consorzio europeo Biocopac (BIO-based COating for PACkaging), ha sviluppato una "lacca ecologica" creata a partire da una sostanza estratta dagli scarti delle bucce di pomodoro e utilizzata per il rivestimento delle lattine di prodotti alimentari in scatola. La ricerca è stata portata avanti attraverso due progetti, Biocopac e Biocopac-plus, che rappresentano uno il proseguimento dell'altro, e sono stati finanziati dai due programmi europei FP7 e Life (Figura 28).



Figura 28 - Lacca ecologica prodotta dalla cutina, estratta dagli scarti delle bucce di pomodoro e utilizzata per il rivestimento delle lattine di prodotti alimentari in scatola

La vernice è stata prodotta in laboratorio a partire dalla *cutina* estratta dalle bucce di pomodoro (brevetto nazionale ed internazionale relativo al processo industriale per la procedura di estrazione: WO 2015/028299A1; PCTEP20146187).

La cutina è un polimero di acidi grassi a lunga catena, uniti gli uni agli altri per formare un rigido intreccio tridimensionale. Essa è presente negli strati di materiale lipidico che rivestono il frutto di pomodoro, allo scopo di ridurre la perdita d'acqua e impedire l'ingresso di funghi e batteri patogeni.

La vernice ottenuta su scala di laboratorio possiede proprietà di resistenza chimica e di aderenza analoghe a quelle delle vernici tradizionali derivate dal petrolio.

I vantaggi in termini di sostenibilità derivanti dall'uso di queste *ecovernici* sono molteplici:

- recupero e valorizzazione degli scarti vegetali;
- riduzione delle emissioni: le prove di laboratorio evidenziano una notevole riduzione di emissioni, pari a 100 mg di CO₂ in meno per ogni scatola di pomodoro da mezzo chilo, rispetto alle scatole con rivestimento costituito prevalentemente da resine sintetiche a base epossidica;
- garanzie per il consumatore in termini di rilascio di sostanze nocive.

Pneumatici rinforzati con polvere di bucce di pomodoro: ricercatori, della Ohio State University, (Cornish *et al.*, 2016) hanno sviluppato una tecnologia per incorporare scarti alimentari nella gomma. La polvere ottenuta dall'essiccazione e la macinazione del guscio delle uova e della buccia del pomodoro può, infatti, essere utilizzata come rinforzo nella miscela dei pneumatici (Figura 29). Attualmente si utilizza a questo scopo il nero di carbonio, prodotto derivato dal petrolio che costituisce circa il 30% delle gomme per auto, con un impatto ambientale significativo.

La soluzione studiata dal gruppo di ricerca comporta due vantaggi: gli scarti alimentari destinati alla discarica diventano una risorsa, e contemporaneamente si ottiene un prodotto low-cost ed efficiente. Il mix di nero di carbonio e bucce di pomodoro realizzato aumenta la resistenza del pneumatico, mantenendolo allo stesso tempo estremamente elastico. In futuro si spera di sostituire interamente il nero di carbonio con una miscela di scarti alimentari.



Figura 29 - Pneumatici ottenuti da una miscela di nero di carbonio rafforzati con polvere di gusci d'uovo e bucce di pomodoro

Plastiche biodegradabili: Dalle bucce di pomodoro, avanzate dalla lavorazione delle industrie conserviere, possono essere estratti i polisaccaridi per produrre materiale plastico biodegradabile per la creazione di teli per la copertura delle serre o dei campi, imballaggi, contenitori, film bioplastici (www.openfields.it). Le caratteristiche chimico-fisiche dei polisaccaridi estratti sono molto interessanti, in quanto presentano un alto peso molecolare, resistenza alla temperatura, elasticità e viscosità (Tommonaro *et al.*, 2008).

5.2.1 Composti chimici bioattivi

Gli scarti rappresentati da bucce, semi e frutti danneggiati sono particolarmente ricchi di polisaccaridi strutturali, quali emicellulosa e pectina, e biomolecole con proprietà antiossidanti, antimicrobiche, anti-tumorale, anti-fungina, anti-neurodegenerativa, ecc., che trovano ampio impiego nell'industria alimentare; fra queste vi sono i carotenoidi, le proteine, gli zuccheri, le fibre, le cere e gli oli (www.tecnoali.com).

Nel pomodoro la componente più interessante è quella rappresentata dagli antiossidanti: vitamina C (160-240 mg/kg), provitamina A (6-9 mg/kg, tra cui il β -carotene), vitamina E (5-20 mg/kg) e composti fenolici, tra i quali flavonoidi (5-50 mg/kg) e acidi fenolici (10-50 mg/kg).

Nella buccia, detta più correttamente epicarpo, si trovano due composti ad attività antiossidante, appartenenti alla classe dei carotenoidi: il licopene e il β -carotene.

L'industria conserviera, ogni anno, produce notevoli quantità di materiale di scarto altamente ricco in licopene (più dell'80% del totale, nei frutti completamente maturi), uno dei più potenti antiossidanti naturali, largamente utilizzato nell'industria alimentare, farmaceutica e cosmetica.

Oggi, la maggior parte del licopene che si trova sul mercato proviene da sintesi chimica o estrazione dalla polpa del frutto fresco (Figura 30). La ricerca scientifica ha dimostrato che la buccia del pomodoro, scartata dal processo di lavorazione, contiene una quantità di licopene 5 volte maggiore rispetto alla polpa, cioè 540 mg/kg nell'epicarpo rispetto a 110 mg/kg della polpa (BIOACTIVE-NET MANUAL, 2008).



Figura 30 - Licopene biologico ottenuto dalle bucce di pomodoro

Allo scopo di migliorare le caratteristiche nutrizionali e salutistiche del pomodoro sono stati ottenuti con tecnologia di *transgenesi* pomodori con aumentato contenuto di β -carotene e licopene (Rosati *et al.*, 2000), xantofille ed antociani (Butelli *et al.*, 2008) (Figura 31).



Figura 31 - Pomodoro ottenuto con tecnologia di *transgenesi* ricco in β -carotene

Nella buccia di pomodoro è presente anche un altro costituente valido per la dieta alimentare: *la fibra*.

La fibra dietetica viene ottenuta come sottoprodotto dell'estrazione del licopene, mediante un processo di estrazione con acqua calda, allo scopo di rimuovere le proteine solubili e i polisaccaridi. Se dopo questo trattamento proteine e polisaccaridi ancora sono presenti, è necessario un trattamento enzimatico. La quantità di fibra dietetica, estraibile dai cascami del pomodoro, si aggira intorno al 75% (Progetto Europeo TOM).

La fibra dietetica è la frazione degli alimenti vegetali che non può essere assimilata in quanto non attaccabile dai nostri enzimi digestivi; tuttavia è per noi utile perché facilita i movimenti del cibo attraverso il sistema digerente, assorbendo l'acqua. La sua struttura è formata da polisaccaridi non amidacei e altri composti simili (cellulosa, emicellulosa, destrine, inulina, lignina, chitina, pectine, betaglucani, oligosaccaridi, ecc.) (www.tecnoali.com). Essa riduce il tasso glicemico e colesterolemico nel sangue, diminuendo così anche il rischio di malattie cardiovascolari (Fuentes *et al.*, 2013).

Un'applicazione tecnologica della fibra di pomodoro nell'industria alimentare è quella di addensante per modificare la consistenza di zuppe e salse e prevenire fenomeni di sineresi (www.tecnoali.com).

Dai cascami del pomodoro possono essere estratti circa il 4% di olio e il 3% di cere (Progetto Europeo TOM). In particolare, dai semi del pomodoro è possibile estrarre un olio ricco per circa il 75% da acidi grassi insaturi e quindi un vero alimento nutraceutico. Nella porzione insatura, principalmente troviamo l'acido linoleico, oleico e palmitico, che hanno mostrato avere effetto inibitore contro fosfolipasi responsabili dell'avanzamento dell'aterogenesi. L'acido linoleico in particolare contrasta la formazione di trombosi arteriosa e l'aggregazione piastrinica. Pertanto, insieme anche alla simile azione dell' α -tocoferolo, l'olio di pomodoro previene i danni cerebrali di ictus, proteggendo il sistema vascolare (Fuentes *et al.*, 2013).

Attualmente, l'olio di semi di pomodoro non esiste come prodotto puro, ma si trova integrato con l'oleoresina nei formulati commerciali di licopene, ottenuti per estrazione dal pomodoro fresco. L'olio di semi di pomodoro può trovare impiego per l'alto contenuto di acidi grassi polinsaturi e come additivo in cosmetica.

5.2.2 Processi di estrazione dei composti bioattivi

Il processo di estrazione è problematico e negli anni sono stati svolti diversi studi sui metodi di estrazione disponibili per il recupero di carotenoidi e, specialmente, licopene da sottoprodotti di trasformazione del pomodoro.

Il metodo tradizionale di estrazione è rappresentato dall'estrazione con solventi organici (Strati e Oreopoulou, 2014). Nonostante gli sforzi per ottimizzare il processo nell'ultimo decennio, questo metodo di estrazione (macerazione o Soxhlet) è considerato ad alto impatto ambientale per l'ingente quantità di solvente richiesto.

Per questo motivo, si è passati a nuove tecniche più eco-sostenibili:

- Estrazione a Ultrasuoni Assistita (UAE), che sfrutta il fenomeno della cavitazione generato da irradiazione di ultrasuoni (frequenze maggiori di 20 kHz), che provocano la rottura delle membrane biologiche, facilitando così il rilascio di composti estraibili. In generale, questo metodo consente di adottare condizioni operative meno drastiche, pertanto risulta vantaggioso specialmente per conservare

intatte le molecole da estrarre (Dai e Mumper, 2010); la resa del totale trans-licopene mostra un aumento di circa il 76% rispetto al metodo convenzionale e incentiva l'isomerizzazione del licopene senza degradarlo (Strati e Oreopoulou, 2014);

- Estrazione Enzimatica-Assistita (EAE), che prevede l'uso di enzimi pectinolitici, cellulolitici ed emicellulosolitici, in grado di aumentare il recupero del licopene di 8-18 volte in confronto ai campioni non trattati (Zuorro *et al.*, 2011; Papaioannou *et al.*, 2012; Strati e Oreopoulou, 2014);
- La combinazione di UAE con la biocatalasi, privando il processo del solvente organico, ha mostrato che l'estratto ottenuto possiede un contenuto di licopene 20-30 volte superiore, rispetto alle bucce non trattate inizialmente. Questo metodo mostra, però, dei limiti di applicazione su scala industriale a causa del costo elevato degli enzimi (Strati e Oreopoulou, 2014);
- Estrazione Assistita da Microonde (MAE) facilita la resa d'estrazione dei composti bioattivi, riduce la quantità di solvente necessario e il tempo di contatto, ma richiede un processo di purificazione dopo l'estrazione (filtrazione o centrifugazione) (BIOACTIVE-NET MANUAL, 2008);
- Estrazione con solvente accelerato (ASE) è un'estrazione solido/liquido condotta ad alta temperatura e pressione, ma al di sotto delle condizioni di criticità. È applicabile a quasi tutti i solventi usati nell'estrazione solido/liquido (compresa l'acqua) per il recupero di sostanze polari (BIOACTIVE-NET MANUAL, 2008);
- Estrazione a Fluidi Supercritici (SFE/SC-CO₂) (Strati e Oreopoulou, 2014) metodo utilizzato nel progetto TOM in cui il licopene viene estratto sotto forma d'olio di semi di pomodoro dai residui di lavorazione delle piante. Il processo, svolto su scala industriale, implica l'impiego di CO₂ supercritica (SC-CO₂). Il biossido di carbonio compresso oltre il suo punto supercritico sviluppa un notevole potere solvente (Leone e Ferri, 2015). Come co-solvente, è stato aggiunto etanolo. L'estratto viene poi isolato mediante centrifugazione, per ottenere olio nella frazione minima. L'olio che ne risulta può essere soggetto a ossidazione, e per evitarla viene aggiunto lo 0,1 % di vitamina E. Questa miscela con olio ha ottenuto la registrazione come additivo alimentare E160d.

Inoltre, estraendo la frazione media dopo il processo di centrifugazione, si ottiene il licopene in cera. Questo prodotto ha molteplici applicazioni nell'industria cosmetica, come colorante naturale e antiossidante.

Molti studi considerano il licopene un elemento interessante per contrastare le malattie degenerative provocate dalle specie reattive dell'ossigeno i cosiddetti ROS (Stajčić *et al.*, 2015). Ha attività fotoprotettiva, preventiva delle malattie cardiovascolari e inibente nella crescita di cellule tumorali (prostata, mammella, polmone, colon, ma anche leucemia) (Stajčić *et al.*, 2015; Cazzola, 2012).

6 CONCLUSIONI

La trasformazione industriale del pomodoro per l'industria conserviera gioca un ruolo centrale per l'economia italiana e ogni anno genera quantità non trascurabili di scarti di vario genere, che pongono problemi di smaltimento e di inquinamento e rappresentano una perdita di biomassa e sostanze nutritive. In base al

principio di “sostenibilità” è necessario sviluppare una strategia di riduzione e valorizzazione dei rifiuti, generando un modello di “bioraffineria” integrata nel territorio, in cui i sottoprodotti di un settore diventano “materie prime” per altri processi industriali. Questo modello permette di passare dal concetto di “economia lineare” a quello di “economia circolare”, mettendo in discussione i modelli di business sino ad oggi perseguiti e confrontandosi con le nuove richieste di mercato.

In quest’ottica, gli scarti derivanti dall’industria conserviera, rappresentati soprattutto da buccette e semi, sono utilizzati nel settore della mangimistica e dei concimi, come matrici per la produzione di energia termica ed elettrica (impiegate all’interno dei processi di produzione), per la produzione di biomateriali, per l’estrazione di composti bioattivi (licopene, polifenoli, ecc.) impiegati come integratori alimentari e nel settore farmaceutico-cosmetico.

Le tecnologie analizzate per l’estrazione, il recupero e la concentrazione di molecole utili così come quelle per la valorizzazione energetica sono mature ed affidabili. La loro applicazione è soggetta ad un contesto normativo ed economico che ne favorisce la diffusione.

Al contrario, l’utilizzo delle acque riciclate in agricoltura ha costi elevati, rispetto alle fonti di approvvigionamento alternative (acque provenienti dai pozzi); manca di un sistema di distribuzione delle acque reflue, che possono essere usate solo nel sito di processamento ed è sottoposto a stringenti standard di qualità in base alle caratteristiche possedute.

Le altre tecnologie analizzate nel Rapporto, quali la produzione di eco-vernici, pneumatici e bioplastiche, sono ancora in fase sperimentale, ma hanno buone opportunità di sviluppo.

A tal fine è auspicabile la creazione di una “filiera di qualità” del pomodoro da industria, che qualifichi e valorizzi il “*Made in Italy*” e all’interno della quale agricoltori e trasformatori abbiano come obiettivo non solo l’incremento delle rese quali-quantitative attraverso un minore utilizzo di risorse (suolo, acqua, agrofarmaci e nutrienti), ma anche la creazione di reti di scambio (materia, energia, acqua e/o sottoprodotti) nel rispetto dei requisiti di sostenibilità.

La transizione verso un’economia circolare richiede un cambiamento strutturale e lo sviluppo di nuovi modelli di business. L’innovazione è il cardine di questo cambiamento e, di conseguenza, investire in ricerca e sviluppo facendo sistema, rappresenta una possibilità concreta di modificare il modello produttivo.

7 BIBLIOGRAFIA

1. ANICAV 2016 - 13° Rapporto annuale sull'industria italiana delle conserve di pomodoro. <http://www.anicav.it/>
2. Arfini F., Donati M., Giacomini C. 2007. Possible impact of the new fruit and vegetable Common Market Organisation reform on the Industrial Tomato supply chain in Italy. *Politica Agricola Internazionale* 4: 82-96.
3. Arias B., Pevida C., Feroso J., Plaza M.G., Rubiera F., Pis J.J. 2008. Influence of torrefaction on the grindability and reactivity of woody biomass. *Fuel Processing Technology*, 89(2): 169-175.
4. Bacenetti J., Negri M., Duca A., Fusi D., Fiala M. 2015. "Digerire" buccette di pomodoro riduce l'impatto ambientale. *Bioenergie e Agricoltura*. Speciale Biogas-Biometano. Sottoprodotti - La valorizzazione energetica del processo di trasformazione. 13, 26-28.
5. BIOACTIVE – NET. MANUAL 2008. "Guida pratica sui COMPOSTI BIOATTIVI ottenibili dai SOTTOPRODOTTI della TRASFORMAZIONE DEL POMODORO". www.bioactive-net.com
6. Branca G. 2008. I riflessi della riforma dell'OCM ortofrutta sulla filiera del pomodoro da industria in Italia. *Agriregionieuropa* anno 4 n°12.
7. Butelli E., Titta L., Giorgio M., Mock H.P., Matros A., Peterek S., Schijlen E.G., Hall R.D., Bovy A.G., Luo J., Martin C. 2008. Enrichment of tomato fruit with health-promoting anthocyanins by expression of select transcription factors. *Nature Biotechnology*, 26: 1301-1308.
8. Cazzola P. 2012. Attività biologica del licopene e prospettive d'impiego in dermatologia. *Journal of Plastic Dermatology*, 8: 3.
9. Chen W.H., Kuo P.C. 2010. A study on torrefaction of various biomass materials and its impact on lignocellulosic structure simulated by a thermogravimetry. *Energy*, 35(6): 2580-2586.
10. Chiesi V., Ranieri R. 2012. Esperienze di riduzione degli sprechi nella gestione della filiera del pomodoro da industria. Open Fields srl Innovation for AgriFood KUMINDA: Il diritto al cibo Parma 15 Ottobre 2012.
11. Cho B.D. and Fane A.G. 2000. Fouling transients in nominally sub-critical flux operation of a membrane bioreactor. *J Membr Sci*, 209: 391–403.
12. Ciconte F. 2017. Non solo caporalato dietro la filiera iniqua. *Manitese*, N. 490 anno LIII Maggio 2017 www.manitese.it
13. Consorzio Casalasco del Pomodoro Soc. Agr. Coop. – Dichiarazione Ambientale, ed. 31 agosto 2015, pp. 1-41.
14. Cornish K., Barrera C., Lauren Slutzky J., and Bates G.M. 2016. Filler-Natural Rubber Composites. Patent WO2015054685A1, 2015-04-16.
15. Dai J., Mumper R.J. 2010. Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties. *Molecules*, 15: 7313-7352.
16. Felfli F.F., Luengo C.A., Suárez J.A., Beatón P.A. 2005. Wood briquette torrefaction. *Energy for Sustainable Development*, 9(3): 19-22.
17. Field R.W., Wu D., Howell J.A. and Gupta B.B. 1995. Critical flux concept for microfiltration

- fouling. *J Membr Sci*, 100: 259–272.
18. Foolad M.R. 2007. Genome Mapping and Molecular Breeding of Tomato. *Int J Plant Genomics*, 1-52.
 19. Fuentes E., Carle R., Astudillo L., Guzmán L., Gutiérrez M., Carrasco G., Palomo I. 2013. Antioxidant and antiplatelet activities in extracts from green and fully ripe tomato fruits (*Solanum lycopersicum*) and pomace from industrial tomato processing. Hindawi Publishing, Corporation Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine Volume 2013, Article ID 867578, 9 pages.
 20. Iaquinta M., Stoller M. and Merli C. 2006. Development of synthetic wastewater from the tomato industry for membrane processing purposes. *Desalination*, 200: 739–741.
 21. ISMEA 2017. I numeri della filiera del pomodoro da industria. Direzione Servizi per lo Sviluppo Rurale. Roma, Giugno 2017. Pag. 1-5.
 22. Jenkins J.A 1948. The origin of the cultivated tomato. Economic Botany – Springer.
 23. Leone G.P. e Ferri D. 2015. Estrazione sostenibile di biomolecole per usi alimentari, cosmetici e farmaceutici: l'estrazione a fluidi supercritici. EAI Speciale III-2015 ENEA per EXPO 2015.
 24. Leoni C. 1993. “I derivati industriali del pomodoro”. Ed. Stazione Sperimentale Per l’Industria delle Conserve Alimentari, Parma, 1993.
 25. Leoni C. 1997. “Gli scarti dell’industria di trasformazione del pomodoro: un contributo per districarsi tra pomodoro di scarto, scarto assegnato e scarto di lavorazione”. *Industria Conserve*, 73: 278-290.
 26. Leoni C. 2010. Utilizzazione. Trasformazione industriale. Il Pomodoro. ART servizi Editoriali, 482-497. <http://www.colturaecultura.it>
 27. Mänttari M. and Nystörm M. 2000. Critical flux in NF of high molar mass polysaccharides and effluents from the paper industry. *J Membr Sci*, 170: 257- 273.
 28. Masetti M. 2014. Pomodoro da industria. Guida alla coltivazione. Guaresi S.p.A
 29. MATTM e MISE 2017. Verso un modello di economia circolare per l’Italia. Documento di inquadramento e di posizionamento strategico. Pp. 1-54.
 30. Miceli V., Camassa A., Pizzichini D., Russo C. 2016. Il trattamento sostenibile dei reflui provenienti dai comparti olivicolo, viti-vinicolo e lattiero caseario al centro del progetto Bio-energy Smart Source System. ISSN 0393-3016 RT/2016/39/ENEA.
 31. Moretto A. e Pavanello R. 2014. Filiera agroalimentare del pomodoro. In: Impronta Ambientale di Prodotto per la Competitività delle PMI. LCA – Life Cycle Assessment come supporto per l’ecodesign, l’innovazione e il marketing dei prodotti del Made in Italy e dei distretti industriali. Economia e politica dell’energia e dell’ambiente. Metodologie e strumenti operativi. Di Iraldo F. e Testa F. Ed. Angeli F.
 32. Organizzazioni Produttori ed ANICAV 2017. Disciplinare di Produzione Integrata Pomodoro da Industria Anno 2017. Produzione Integrata Rev. 17 del 20.03.2017.
 33. Papaioannou E., Karabelas A. 2012. Lycopene recovery from tomato peel under mild conditions

- assisted by enzymatic pre-treatment and non-ionic surfactants. *Acta Biochim. Polonica*, 59: 71–74.
34. Peiretti P.G., Gaia F., Rotolo L., Brugiapaglia A., Gasco L. 2013. Effects of tomato pomace supplementation on carcass characteristics and meat of fattening rabbits. *Meat Science*, 95(2): 345-351.
 35. Progetto Europeo TOM - “Development of new food additives extracted from the solid residue of the tomato processing industry”. FP5-LIFE QUALITY. Project ID: QLK1-CT-2002-71361.
 36. Progetto PRIN 2008. “Il miglioramento della sostenibilità e della competitività delle filiere agroalimentari italiane mediante strumenti innovativi di gestione ambientale”. Finanziato dal MIUR.
 37. Riva G., Foppa Pedretti E., Toscano G., Ciceri G., Rossini G., Pizzi A., Duca D. 2011. Torrefazione di biomasse e residui agroindustriali per la produzione di biocombustibili di qualità. Convegno di Medio Termine dell’Associazione Italiana di Ingegneria Agraria. Belgirate, 22-24 settembre 2011.
 38. Rosati C., Aquilani R., Dharmapuri S., Pallara P., Marusic C., Tavazza R., Bouvier F., Camara B., Giuliano G. 2000. Metabolic engineering of beta-carotene and lycopene content in tomato fruit. *Plant J*, 24: 413–420.
 39. Rossini G. e Toscano G. 2011. Torrefazione di buccette di pomodoro. Primi test sperimentali. Laboratorio Biomasse. Università Politecnica delle Marche. DOC. 4/2011.
 40. Sentieri M. e Zazzu G.N. 1992. I SEMI DELL'ELDORADO. L'alimentazione in Europa dopo la scoperta dell'America. Ed. Dedalo pp. 118-125. ISBN: 9788822005311
 41. Shrestha N., Fogg A., Wilder J., Franco D., Komisar S., Gadhamshetty V. 2016. Electricity generation from defective tomatoes. *Bioelectrochemistry* 112: 67–76. DOI: 10.1016/j.bioelechem.2016.07.005
 42. Soressi G., Mazzuccato A. 2007. Il miglioramento genetico del pomodoro. Ed. ART Servizi Editoriali Srl. <http://www.colturaecultura.it/pomodoro>
 43. Stajčić S., Četković G., Čanadanović-Brunet J., Djilas S., Mandić A., Četojević-Simin D. 2015. Tomato waste: Carotenoids content, antioxidant and cell growth activities. *Food Chemistry*, 172: 225-232.
 44. Strati I.F., Oreopoulou V. 2014. Recovery of carotenoids from tomato processing by-products – a review. *Food Research International*, Volume 65, Part C, Pages 311-321.
 45. Tommonaro G., Poli A., De Rosa S. and Nicolaus B. 2008. Tomato Derived Polysaccharides for Biotechnological. *Molecules*, 13: 1384-1398; DOI: 10.3390/molecules13061384 ISSN 1420-3049
 46. USDA Foreign Agricultural Service. GAIN Report – Global Agricultural Information Network. Tomatoes and Products Italian Processed Tomato Overview. Date: 12/20/2016; Number: IT1701. Approved By: Fred Giles; Prepared By: Ornella Bettini. Rome, Italy.
 47. Uslu A., Faaij A.P.C., Bergman P.C.A. 2008. Pre-treatment technologies, and their effect on international bioenergy supply chain logistics. Techno-economic evaluation of torrefaction, fast pyrolysis and pelletisation. *Energy*, 33(8): 1206-1223.
 48. Zuorro A., Fidaleo M., Lavecchia R. 2011. Enzyme-assisted extraction of lycopene from tomato processing waste. *Enzyme and Microbial Technology*, 49: 567-573.

8 SITOGRAFIA

Link 1: www.wptc.to

Link 2: <http://www.fao.org/hortivar/index.jsp>

Link 3: www.confagricoltura.it

Link 4: www.ilpuncocoldiretti.it

Link 5: <http://ec.europa.eu/environment/water/reuse-actions.htm>

Link 6: http://www.veoliawaterst.it/vwst-italia/ressources/documents/1/18870,13938,CASE-STUDY_FerraraFood.pdf

Link 7: www.demoware.eu

Link 8: www.openfields.it

Link 9: www.tecnoali.com

ENEA
Servizio Promozione e Comunicazione
www.enea.it

Stampa: Laboratorio Tecnografico ENEA - C.R. Frascati
aprile 2018