

Titolo rivista: *Theriaké*

Titolo articolo: *Citrus, Sicilia. I pomi delle Esperidi*

Autore/i: Mario Pagliaro

ISSN [online]: 2724-0509

Anno: VIII (2025)

Numero: 57

Editore: Associazione Culturale *Theriaké*

Pag. iniziale: 6

Pag. finale: 12

Citrus, Sicilia

I pomi delle Esperidi

Mario Pagliaro*



Figura 1. Giardino della Kolymbethra, Agrigento. Foto di Ignazio Nocera.

Originario delle regioni subtropicali e tropicali dell'Asia e dell'Arcipelago Malese, e ben noto ai Greci e Romani (nella *Naturalis Historia* del 77 d.C. Plinio lo chiama *malus medica*, *malus assiria* e *citrus*), l'agrume veniva coltivato nell'Italia meridionale almeno per motivi ornamentali, come dimostrano i semi rinvenuti a Pompei non lontano da un mosaico di piastrelle che riproduceva l'arancio [1].

Da un mosaico a volta a Roma, progettato intorno al 330 d.C. per la tomba di Costanza, figlia di Costantino il Grande, che riproduceva frutti di limone, cedro e arancia attaccati a rami appena recisi, Tolowsky concluse nel 1938 che già nel IV secolo in Italia si coltivavano effettivamente arance e limoni [2].

Il primo trattato scientifico sull'agrume e i suoi frutti fu scritto in Latino nel 1646 da Giovan Battista Ferreri, che lo intitolò *Hesperides, sive, de Malorum Au-*

reorum Cultura et Usu Libri Quattuor (Esperidi, ovvero Quattro libri sulla coltivazione e l'uso delle mele d'oro) [3]. Nel trattato, il sacerdote italiano analizzerà tutte le varietà di agrume allora conosciute includendo nel libro 79 eccezionali illustrazioni botaniche realizzate come incisioni a colori da alcuni dei più grandi pittori europei dell'epoca, tra cui Poussin, Guido Reni e Anna Maria Vaiani.

Oltre alla tassonomia dei frutti, il libro includeva la storia e i metodi di coltivazione dei frutti. Leandro Alberti, un monaco in viaggio in Italia nel 1523, racconterà di aver visto grandi piantagioni di aranci, limoni e cedri in Sicilia e Calabria, nonché lungo un fiume in Liguria [4].

Verso la fine del XVIII secolo, limoni e arance erano molto apprezzati, anche nei paesi in cui gli agrumi non potevano crescere a causa del gelo invernale. Ad esempio, in Germania, Goethe, qualche anno prima del suo viaggio in Sicilia nel 1787, apre il quarto libro

*Istituto per lo Studio dei Materiali Nanostrutturati, CNR, via U. La Malfa 153, 90146 Palermo; E-mail: mario.pagliaro@cnr.it



Figura 2. Giardino della Kolymbethra, Agrigento. Esempi di diverse specie di *Citrus*. Foto di Ignazio Nocera

di un testo poi ritrovato nel 1911 con la celebre lirica: «*Kennst du das Land, wo die Zitronen blühen,/Im dunkeln Laub die Goldorangen glühen...?*» (Conosci la terra dove crescono i limoni,/Dove le arance crescono dorate tra le foglie scure...?) [5].

In breve, da decine di secoli il *Citrus* e i suoi frutti principali come arancia, limone, bergamotto, mandarino, pompelmo, clementina, chinotto e cedro hanno svolto e svolgono un ruolo sociale, ambientale, economico e culturale significativo in tutta la penisola italiana [6].

L'ECONOMIA AGRUMICOLA IN SICILIA

Dall'inizio del XVIII secolo, la Sicilia, la regione più grande d'Italia, ospita un'importante agroindustria agrumicola che include piantagioni e aziende di trasformazione. I limoni di secondo livello erano già utilizzati in Sicilia nel XVIII secolo come fonte di olio essenziale e per la produzione del cosiddetto "agro-cotto" (succo di limone concentrato ottenuto dalla cottura del succo fresco) e, a partire dagli anni 1850, anche come fonte di citrato di calcio.

Grazie alla particolare conservabilità a temperatura ambiente dei frutti raccolti, i limoni di primo livello venivano esportati via mare in Nord Europa e Nord

America, garantendo "profitti favolosi" [7] ai proprietari dei terreni coltivati a limone. In breve, spiegherò Lupo nel 1987 ripigliando le stime di oltre un secolo prima di Turrise Colonna (1865) e di Sonnino (1876), negli anni 1860 i terreni agrumetati di Sicilia erano i più redditizi d'Europa, superiori a quelli a frutteto ed ortaggi che circondano Parigi, garantendo una rendita stimata da Sonnino attorno alle 2500 lire per ettaro, contro una media siciliana di 40-41 lire [7].

I "profitti favolosi" sopra menzionati durarono finché vastissime regioni della Florida, del Brasile e dell'Argentina non divennero grandi produttori ed esportatori di agrumi. La redditizia produzione di oli essenziali e acido citrico dal succo di limone, tuttavia, continuò a prosperare in Sicilia fino alla fine degli anni '20. Successivamente, l'introduzione della molto più economica produzione per fermentazione introdotta per la prima volta nel 1919 da parte della muffa *Penicillium* in Belgio, e dal 1923 da parte dell'*Aspergillus niger* a New York [8], mise rapidamente fuori mercato la produzione di acido citrico estratto dal succo di limone.

Con una superficie coltivata che nel 2021 era di poco superiore a 88.000 ettari coltivati da 42.500 aziende agricole, la Sicilia ospita le più estese coltivazioni di



Figura 3. Chiostro del Monastero di Santa Caterina, Palermo. Esempari di *Citrus* in fiore. Foto di Ignazio Nocera.

agrumi (genere *Citrus*; famiglia *Rutaceae*) in Italia [9]. Circa 58.000 ettari sono coltivati ad arance (*Citrus sinensis*), 21.000 ettari a limoni (*C. limon*) e 5.000 ettari a mandarini (*C. reticulata*). La produzione complessiva, che comprende anche clementine (*C. clementina*) e pompelmi (*C. paradisi*), ammonta a circa 1,47 milioni di tonnellate (1 milione di tonnellate di arance, 0,4 milioni di tonnellate di limoni, 60.000 tonnellate di mandarini e 50.000 tonnellate di clementine, con quantità minori di pompelmi) [10]. Nel 2000, a titolo di confronto, la superficie coltivata ad agrumi in Sicilia era di 106.644 ettari, mentre nel 2006 era già scesa a 96.615 ha [11].

Il fatturato del comparto superava nel 2020 i 532 milioni di euro, con una forza lavoro di 31.000 persone (inclusi gli addetti alla commercializzazione). La produzione è altamente frammentata: la superficie media coltivata da una singola azienda agricola, infatti, è di soli 3 ettari [9].

Circa un terzo delle arance viene spremuto dall'industria agrumicola siciliana per produrre succo d'arancia fresco o concentrato (e olio essenziale di arancia), generando 340.000 tonnellate di materiale di scarto ("pastazzo"), oggi per lo più utilizzato come additivo per mangimi animali o per la produzione di biogas [12].

FRUTTI, SUCCO, E OLI ESSENZIALI

Nel ventennio tra il 1996 e il 2007, la produttività delle colture di arance in Sicilia aumenta di oltre il 50 per cento, da 0,13 a 0,197 t/ha. La produzione aumenta così del 40 per cento, da 840.000 a 1,18 milioni di tonnellate) [13], nonostante la riduzione della

superficie coltivata. Nello stesso periodo, il prezzo pagato agli agricoltori rimane basso, oscillando tra 0,286 €/kg e 0,34 €/kg per le arance bionde [13].

La Sicilia da sola produce l'87% di tutti i limoni prodotti in Italia, con molteplici varietà apprezzate dai consumatori in Italia e in molti Paesi destinatari dell'export che nel 2021 generava ricavi per 59 milioni di euro [14]. Due anni dopo il prezzo medio pagato al produttore era di 0,50-0,60 €/kg [14]. Con l'avvento del commercio elettronico che collega direttamente i produttori con i consumatori nel corso del ventennio 2000-2020, i piccoli produttori siciliani di arance o di limoni si vedono finalmente riconosciuti prezzi oltre quattro volte più alti di quelli pagati dai commercianti. La nota emergenza sanitaria globale del 2020-2021, con la riscoperta delle proprietà antimicrobiche e di promozione delle difese immunitarie dei principali frutti di *Citrus* (arancio e limone), sostiene dal 2020 l'aumento dei prezzi. Nella seconda metà del 2020, il prezzo dei limoni pagato al produttore raggiunge 0,8-0,9 €/kg [15].

Il mercato del succo e quello degli oli essenziali è dominato da prezzi che si formano a livello internazionale. Il mercato degli oli essenziali vive una forte discontinuità nel 2010 per le conseguenze ambientali dell'incidente alla piattaforma petrolifera Deepwater Horizon al largo delle coste della Louisiana.

L'incidente fa sì che una multinazionale del petrolio acquisti quell'anno tutto il limonene residuo presente sul mercato mondiale. Il terpene serviva infatti come solvente per le navi sporche di petrolio greggio provenienti dalle operazioni di ripulitura delle acque. In poche settimane il prezzo del limonene passa da



Figura 4. Disastro della piattaforma Deepwater Horizon, 20 aprile 2010. Foto: https://it.wikipedia.org/wiki/Disastro_ambientale_della_piattaforma_petroliera_Deepwater_Horizon

un prezzo che era di 1,4 \$/kg nel 2007 a 11 \$/kg [16]. Il limonene è un prodotto naturale interamente ricavato dall'olio essenziale di arancia. Pertanto il prezzo dell'olio di arancia beneficia di un analogo aumento in poche settimane.

Sostenuto da molteplici nuove applicazioni del limonene ben al di là del suo tradizionale impiego nelle industrie alimentari e cosmetica, il prezzo non tornerà mai più indietro. Ancora oggi, a metà 2025, il prezzo dell'olio di arancia è stabilmente superiore ai \$10/kg [17].

A questo trend fortemente positivo per i produttori si unisce dal 2020 il fortissimo aumento del prezzo del succo d'arancia che a fine 2024 raggiunge i 5,44 \$/lb: oltre 4 volte il prezzo (\$1,25/lb) di metà 2020 [18]. Oggetto da sempre di forte speculazione finanziaria, a metà 2025 il prezzo si attesta intorno ai \$2,30/lb, quasi il doppio del prezzo di cinque anni prima.

L'INDUSTRIA AGRUMARIA SICILIANA

In Sicilia sono presenti circa 20 aziende che trasformano gli agrumi, estraendo (e concentrando) il succo dopo aver recuperato gli oli essenziali (generalmente tramite spremitura a freddo). I loro ricavi superano i 300 milioni di euro. Ad esempio, un'azienda che pro-

duce principalmente oli essenziali e commercializza i propri succhi naturali di agrumi nel 2021 registrava un fatturato superiore a 27 milioni di euro, cresciuti ad oltre 28,8 milioni nel 2022 [19].

Un'altra, che produce e commercializza oli essenziali ("essenze agrumarie") nel 2023 chiudeva l'anno con ricavi pari a circa 59 milioni, in crescita del 42% sull'esercizio precedente. Pochi mesi dopo, l'azienda si quotava in Borsa a Milano [20].

In breve, l'industria agrumaria della Sicilia è un settore agroindustriale antico e altamente dinamico, oggi composto da poche (circa 20) aziende di trasformazione degli agrumi che trovano nei frutti di *Citrus* prodotti dalle oltre 40.000 aziende agricole siciliane del *Citrus* solo una parte dei frutti che poi avviano a trasformazione.

Un'analisi concreta della situazione concreta dell'economia agrumicola in Sicilia condotta a metà 2025 non può tuttavia prescindere dal fatto di essere condotta agli albori dell'era della bioeconomia, ovvero dell'economia in cui i più svariati prodotti chimici e materiali oggi derivati in larga parte dal petrolio saranno derivati dalle risorse biologiche, e in particolare dai sottoprodotti dei settori agroindustriale e



Figura 5. Pastazzo di agrumi.

agroforestale (e l'energia dalle fonti rinnovabili di acqua, sole, e vento).

BIOECONOMIA DEL CITRUS

Il "pastazzo" di arancio e limone è un biomateriale altamente deperibile che non può ad esempio essere disperso sui terreni [21]. Oltre a un elevato contenuto di acqua dell'85%, il pastazzo contiene un'elevata quantità di pectina (42,5 g/100 g di pastazzo essiccato), oltre a zuccheri (16,9 g/100 g), cellulosa (9,21 g/100 g) ed emicellulosa (10,5 g/100 g), flavonoidi, terpeni, ed acidi organici fra cui principalmente acido citrico. Il suo utilizzo come materia prima di nuove bioproduzioni è limitato dalla sua natura altamente deperibile a causa della presenza di zuccheri, acqua e aria residua che vengono rapidamente utilizzati da batteri acetici e lieviti per produrre acido acetico ed etanolo.

Oggi, una frazione significativa delle 340.000 tonnellate prodotte annualmente in Sicilia viene miscelata con altri rifiuti organici e utilizzata come materia prima per la digestione anaerobica per produrre biogas e fertilizzante. Il primo impianto di biodigestione situato nella Sicilia centrale processa circa 30.000 tonnellate di pastazzo all'anno con una produzione di biometano di 500 m³/h [22]. Altri impianti di digestione anaerobica capaci di fermentare il pastazzo miscelato con altri rifiuti organici vegetali e animali, stanno per entrare in funzione.

Altre aziende agrumarie forniscono il loro pastazzo ad altre aziende della mangimistica animale che lo mescolano con i loro mangimi. La miscelazione limita il sapore amaro del pastazzo dovuto alla presenza dei flavonoidi, che rende il pastazzo poco appetibile per i ruminanti, ma al contempo apporta al mangime le potenti proprietà benefiche per la salute animale, incluse proprietà anti-infiammatorie e antimicrobiche.

Bioeconomia significa rinascita di tutte le bioproduzioni. Fra queste, quella della pectina di agrume, il cui prezzo, trainato da una molteplicità di nuove applicazioni, è anch'esso aumentato radicalmente in pochi anni [23]. Ecco che così altre aziende di trasformazione degli agrumi siciliane forniscono scorze di limone fresche (cioè, non essiccate con elevato consumo di combustibile) all'azienda proprietaria dell'impianto di produzione di pectina situato lungo la costa settentrionale della Sicilia. Da solo, nel 2024, questo impianto registrava ricavi per circa 18,4 milioni [24].

Consapevoli del valore economico dei bioprodotti presenti nella buccia degli agrumi, alcune aziende agrumarie siciliane già estraggono flavonoidi come l'esperidina [25]. Una tonnellata di pastazzo di arancio, ad esempio, contiene circa 400 g di esperidina, un flavanone attualmente commercializzato a 1667 €/kg [26] come ingrediente di numerosi integratori

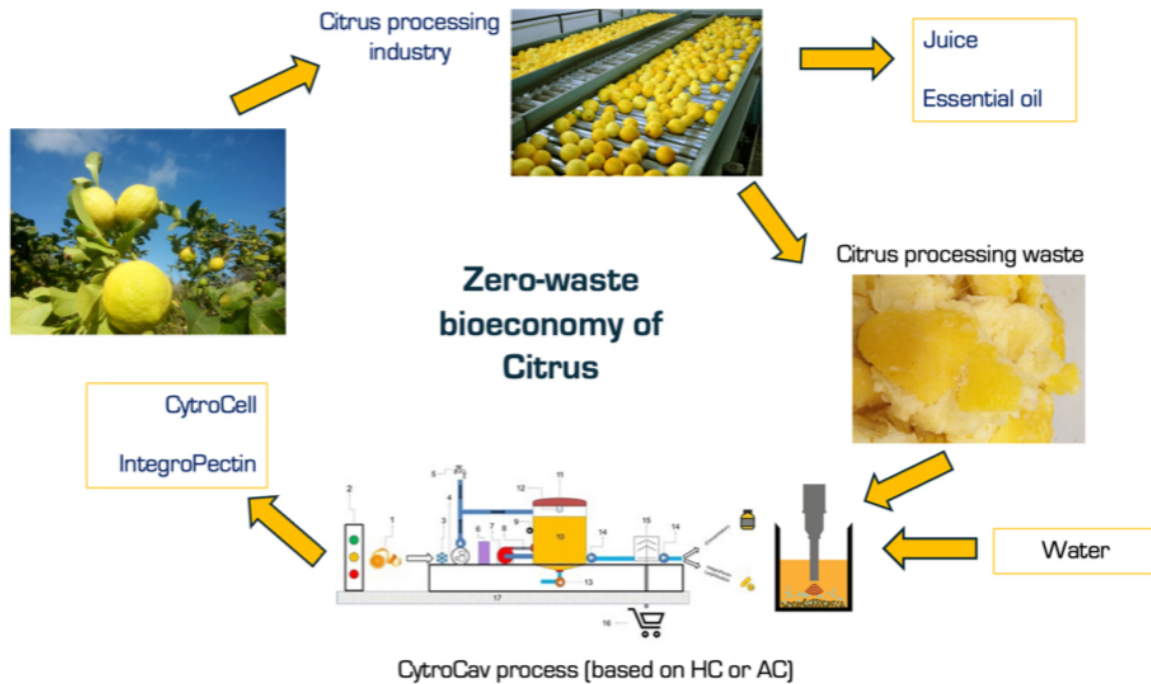


Figura 6. Il processo CytoCav.

alimentari che contribuiscono alla riduzione del rischio cardiovascolare.

Lo stesso hanno iniziato a fare le maggiori aziende agrumarie del mondo, che hanno lanciato nuove divisioni volte a commercializzare ingredienti alimentari naturali derivati dal pastazzo. Una di queste in Brasile, ad esempio, commercializza una nuova fibra "dal gusto naturale d'arancia e dal sapore neutro" [27], adatta all'uso come agente testurizzante ipocalorico e fonte di fibre alimentari in numerosi alimenti (alimenti per l'infanzia, prodotti da forno, dolci, dessert, guarnizioni e ripieni, marmellate e gelatine, piatti surgelati, salse, creme, ecc.) e bevande, ovvero in quasi tutte le applicazioni finali della pectina di agrume.

IL PROCESSO CytoCav

Ma è dalla Sicilia e dalla Toscana che la ricerca sulla bioeconomia del *Citrus* condotta a partire al 2012 da ricercatori del CNR, ha portato a risultati sulla trasformazione del pastazzo di agrume tramite il processo di economia circolare "CytoCav" in prodotti completamente nuovi che aprono la via a molteplici applicazioni dei due principali prodotti ottenuti.

In breve, applicando la cavitazione idrodinamica o acustica condotta in sola acqua, il processo CytoCav (Figura 6) converte il pastazzo di agrume dei più svariati frutti di *Citrus* (limone, pompelmo, arancia rossa, arancia bionda, mandarino, e arancia amara) senza generare alcun rifiuto in due nuovi bioprodotto suscettibili di molteplici applicazioni [28].

La pectina "IntegroPectin" altamente idrosolubile a basso grado di esterificazione metilica ma estesa-

mente coniugata con i principali flavonoidi dei vari frutti di *Citrus*, con alta bioattività ad ampio spettro (mitoprotettiva, antitumorale, cardioprotettiva, neuroprotettiva, antimicrobica, e anti-infiammatoria) come verificato in molteplici prove condotte *in vitro* e *in vivo* [29].

E la nanocellulosa "CytoCell", dalla composizione chimica e dalla nanostruttura uniche, già utilizzata con successo per migliorare radicalmente le prestazioni di membrane per applicazioni elettrochimiche [30] ovvero come additivo per la calce capace di ridurre radicalmente il tempo di carbonatazione e aumentare al contempo la robustezza dei manufatti in calce [31].

A differenza di quanto accaduto un secolo fa, quando negli anni 1920 l'introduzione della nuova biotecnologia per la produzione di acido citrico distrusse in pochi anni l'industria siciliana dell'acido citrico basata sul succo di limone [8], il nuovo processo CytoCav per la conversione del sottoprodotto principale dell'industria agrumaria in IntegroPectin e CytoCell apre la via alla bioeconomia integrale del *Citrus*: in cui accanto ai prodotti della conversione dei frutti in succo ed olio essenziale, si accompagneranno nuove bioproduzioni di grande rilievo biomedico, industriale, ambientale ed economico. ■

Riferimenti

1. Celant A., Fiorentino G., *Macroremains of citrus fruit in Italy*. In: *AGRUMED: Archaeology and History of Citrus Fruit in the Mediterranean: Acclimatization, Diversifications, Uses*. Publications du Centre Jean Bérard, Napoli 2017. <https://doi.org/10.4000/books.pcbj.2194>
2. Tolkowsky S., *Hesperides. A History of the Culture and Use of Citrus Fruits*. John Bale, Sons and Curnow, Londra 1938; pp. 108–109. <https://archive.org/details/in.gov.nca.12132/mode/2up>
3. Ferrari G.B., *Hesperides, sive, de Malorum Aureorum Cultura et Usu, Libri Quattuor*. Roma 1646.
4. Vedi: Galesio G., *Traité du Citrus*. Parigi 1811, pp. 302–303. Per una storia sintetica ed esaustiva dell'industria del Citrus, v. Webber H.J., *History and Development of the Citrus Industry, The Citrus Industry*, Vol. 1, University of California, Riverside CA: 1967; 1–39. <http://citruspages.free.fr/C1/Vol1/Chapter1.htm>
5. Goethe J.W., *Wilhelm Meisters Theatralische Sendung, 1777-1785*, p. 207 edizione del 1911, Cotta, Stoccarda.
6. Atlee H., *The Land Where the Lemons Grow*. Penguin, New York, 2015.
7. Lupo S., *Tra società locale e commercio a lunga distanza: la vicenda degli agrumi siciliani*. Meridiana 1 (1987) 81–112. <http://www.jstor.org/stable/23188700>
8. Ciriminna R., Meneguzzo F., Delisi R., Pagliaro M., *Citric acid: Emerging applications of a key biotechnology industrial product*. Chemistry Central Journal 11 (2017) 220.
9. Caggegi T., *Agrumi di Sicilia, quantità e qualità*. Argentati: "Comunicare l'eccellenza", Focus Sicilia, 24 Febbraio 2021.
10. Fattagricoltura, *Agrumi: analisi del settore e strategie future in attesa del piano nazionale*, AgroNotizie, 23 Febbraio 2017. <https://agronotizie.imaginenetwork.com/agronomia/2017/02/23/agrumi-analisi-del-settore-e-strategie-future-in-attesa-del-piano-nazionale/53022>
11. Regione Siciliana, Assessorato regionale dell'agricoltura, dello sviluppo rurale e della pesca mediterranea, *Programma di sviluppo rurale 2007/2013, Analisi delle principali filiere regionali*, Allegato 4. Palermo, 2014. <https://www.prsicilia.it/2007-2013/Allegati/Documenti/PSR-v8/05%20PSR%20Sicilia%202007-2013%20v8%20allegato%204%20-%20Analisi%20filiere%20regionali.pdf>
12. Pini J., *Pastazzo, da costo a risorsa per tutta la filiera agrumicola*, Terra è vita, 8 Settembre 2015. <https://terraevita.edagricole.it/tecnica-tecnologia/pastazzo-costorisorsa-tutta-filiera-agrumicola/>
13. Tudisca S., Testa R., Sgroi F., Di Trapani A.M., *Aspetti economici e commerciali dell'arancia di Ribera*. Economia agro-alimentare. Fascicolo 1. Franco Angeli, Milano: 2010; pp.47–75.
14. Fricano A., cit. In: Balistreri M., Antonio Fricano (APO Sicilia): *Ecco le criticità del mercato di vendita dei limoni siciliani*, All Food Sicily, 10 Gennaio 2023. <https://www.allfoodsicily.it/antonio-fricano-apo-sicilia-ecco-le-criticita-del-mercato-di-vendita-dei-limoni-siciliani/>
15. *Aumenta la richiesta di limoni in Sicilia: usati come disinfettanti naturali*, Giornale di Sicilia, 4 April 2020. Available: <https://gds.it/articoli/economia/2020/04/08/aumenta-la-richiesta-di-limoni-in-sicilia-usati-come-disinfettanti-naturali-a383e306-0b00-44c5-b51d-a2cf5419-f133/>
16. Ciriminna R., Lomelli M., Demma Carà P., Lopez-Sanchez J., Pagliaro M., *Limonene: a versatile chemical of the bioeconomy*. Chemical Communications 50 (2014) 15288-15296.
17. Procurement Resource, *Orange Oil Price Trend and Forecast*, Sheridan, WY: 2025. <https://www.procurementresource.com/resource-center/orange-oil-price-trends>
18. Business Insider, *Orange juice*, New York: 2025. <https://markets.businessinsider.com/commodities/orange-juice-price>
19. Reportaziende, *Simone Gatto Srl*, 2025. https://www.reportaziende.it/simone_gatto_srl_me
20. Pambianco, *Misitano & Stracuzzi si quota in Borsa. Fatturato a 59 milioni € (+42%), 8 Luglio 2024*. <https://wine.pambianconews.com/2024/07/misitano-stracuzzi-si-quota-in-borsa-ricavi-a-59-milioni-e-42/>
21. Geremei A., *Pastazzo di agrumi, scaricato sul suolo diventa rifiuto*. ReteAmbiente, 15 maggio 2019. <https://www.reteambiente.it/news/34622/pastazzo-di-agrumi-scaricato-sul-suolo-diventa-rifiuto/>
22. Progetto C.L.I.M.A, *la filiera agricola siciliana verso la transizione ecologica*, La Voce dell'Isola, 25 maggio 2023. <https://www.lavoce dellisola.it/2023/05/progetto-c-l-i-m-a-la-filiera-agricola-siciliana-verso-la-transizione-ecologica/>
23. Ciriminna R., Fidalgo A., Scurria A., Ilharco L., Pagliaro M., *Pectin: new science and forthcoming applications of the most valued hydrocolloid*. Food Hydrocolloids 127 (2022) 107483.
24. Fatturato Italia, *Cargill Pectin Italy Srl*, 2025. https://www.fatturatoitalia.it/cargill_pectin_italy_srl-03212220838
25. Citrech, *Estratti concentrati di polifenoli di agrumi*: 2025. <http://www.citrech.it/citrustech-estratti-concentrati-di-polifenoli-di-agrumi.html>
26. Carl Roth, *Hesperidin, 100 g*, Karlsruhe: 2025. <https://www.carlroth.com/be/en/a-to-z/hesperidin/p/9972.1>
27. Evera, *Fiberfeel*, São Paulo: 2025. <https://www.everaingredients.store/brands/fiberfeel-df>
28. Ciriminna R., Angellotti G., Li Petri G., Meneguzzo F., Riccucci C., Di Carlo G., Pagliaro M., *Cavitation as a zero-waste circular economy process to convert citrus processing waste into biopolymers in high demand*. Journal of Biorenewables and Bioproducts 9 (2024) 486-494.
29. Ciriminna R., Di Liberto V., Valenza C., Li Petri G., Angellotti G., Albanese L., Meneguzzo F., Pagliaro M., *Citrus IntegroPectin: a multifunctional bioactive phytocomplex with large therapeutic potential*. ChemRxiv (2025) <https://doi.org/10.26434/chemrxiv-2024-45v17-v2>
30. Fontananova E., Ciriminna R., Talarico D., Galiano F., Figoli A., Di Profio G., Mancuso R., Gabriele B., Pomelli C.S., Guazzelli L., Angellotti G., Li Petri G., Meneguzzo F., Pagliaro M., *CytrCell@PIL: a new citrus nanocellulose-polymeric ionic liquid composite for enhanced anion exchange membranes*. Nano Select 6 (2025) e70001.
31. Guzmán García Lascrain P., Rodríguez-Navarro C., Pagliaro M., Toniolo L., Goidanich S., *Cellulose nano- and micro-fibers as air lime carbonation accelerators: FTIR analysis of the carbonation kinetics*. Construction and Building Materials 489 (2025) 142291.