



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE ALIMENTARI

UTILIZZO DEGLI SCARTI DI BROCCOLI E
CAVOLFIORI COME FONTE DI COMPOSTI
BIOATTIVI IN ALIMENTI FUNZIONALI
Use of broccoli and cauliflower by-products as source
of bioactive compounds in functional foods

TESI COMPILATIVA

Studente:
ALESSANDRA ORICI

Alessandra Orici

Relatore:
PROF. DEBORAH PACETTI

Deborah Pacetti

Correlatore:
PROF. GIUSEPPE FREGA

Giuseppe Frega

ANNO ACCADEMICO 2019-2020

Indice

Riassunto.....	4
Abstract.....	5
1. INTRODUZIONE	6
1.1 Scarto alimentare: informazioni generali.....	6
1.2 Situazione globale	7
1.3 Situazione europea	7
1.4 Situazione in Italia	7
1.5 Spreco alimentare per settore	8
1.6 Strategie per ridurre lo spreco (food waste and food losses)	10
1.6.1 Startup innovative	13
1.7 Scarto alimentare di origine vegetale	14
1.8 Scarto del cavolfiore/broccoli	15
1.9 Cavolfiore e broccoli	18
1.9.1 La storia	18
1.9.2 Componenti bioattivi.....	20
1.9.2.1 Glucosinolati.....	21
1.9.2.2 Polifenoli	21
1.9.2.3 Fibra alimentare	23
1.9.2.4 Vitamina E	24
1.9.2.5 Carotenoidi.....	24
1.9.3 Fattori che influenzano i componenti bioattivi.....	25
1.10 Alimenti funzionali	26
2. SCOPO DELLA TESI	28
3. METODI	29
4. RISULTATI E DISCUSSIONE	30
4.1 Ricerca bibliografica sull'utilizzo di scarti di broccolo	30
4.2 Ricerca bibliografica utilizzo di scarti di cavolfiore	31
4.3 Scopo d'uso degli scarti di broccolo/cavolfiore	33
4.4 Modo d'uso degli scarti di broccolo/cavolfiore	35
4.4 Molecole bioattive analizzate degli scarti di broccolo/cavolfiore	36
5. CONCLUSIONI.....	37

6.	BIBLIOGRAFIA.....	38
7.	SITOGRAFIA.....	41

Riassunto

Al giorno d'oggi grandi quantità di prodotti agricoli secondari o di prodotti generati dopo la trasformazione alimentare sono diventati il problema principale per quanto riguarda l'industria alimentare in tutto il mondo, sia per il forte inquinamento che potrebbero portare all'ambiente, sia per i costi che il loro smaltimento comporterebbe. Da qui arriva l'esigenza di utilizzare gli scarti per risolvere questo problema. Uno degli scarti alimentari più tipici è sicuramente rappresentato dalle foglie dei broccoli e cavolfiori; attualmente circa il 60-75% della produzione mondiale di broccoli viene sprecata durante la raccolta. Eppure le foglie, i fiori e i gambi di queste verdure crucifere rappresentano una risorsa ricca di diversi componenti bioattivi quali glucosinolati/isotiocianati, proteine, polifenoli e minerali. Lo scopo della tesi consiste appunto nel valutare le potenzialità degli scarti di vegetali quali broccoli e cavolfiori come fonte di componenti bioattivi come ingredienti in alimenti funzionali. Dalla ricerca bibliografica condotta sul database Scopus è emerso che ci sono diverse classi di utilizzo degli scarti: formulazione alimentare, mangimi per animali, fertilizzanti, farmaceutici e altri. Mentre per i fertilizzanti non c'è stato grande interesse, si è notato che per i mangimi e i farmaceutici il trend è cresciuto negli anni. Più di tutti però hanno avuto rilevanza gli scarti utilizzati per la formulazione alimentare: negli ultimi anni si tende ad usare scarti di vegetali soprattutto per creare nuovi cibi edibili o comunque per andare a migliorare la qualità e la funzionalità di cibi già esistenti, oltre che la struttura dell'alimento e la sua capacità antiossidante.

Abstract

Today, large quantities of secondary agricultural products or products generated after food processing have become the main problem for the food industry worldwide, both because of the high pollution they could bring to the environment and the costs that their disposal would entail. Hence the need to use waste to solve this problem. One of the most typical food wastes is definitely represented by the leaves of broccoli and cauliflower; currently about 60-75% of the world's broccoli production is wasted during harvesting. Nevertheless the leaves, flowers and stems of these cruciferous vegetables are a rich resource of different bioactive components such as glucosinolates/isothiocyanates, proteins, polyphenols and minerals. The aim of the thesis is precisely to assess the potential of vegetable waste such as broccoli and cauliflower as a source of bioactive components as ingredients in functional foods. The bibliographic research conducted on the Scopus database found that there are several classes of waste use: food formulation, animal feed, fertilizers, pharmaceuticals and others. While there was little interest in fertilizers, it was noted that for feed and pharmaceuticals the trend has grown over the years. Most of all, however, the waste used for food formulation has been relevant: in recent years we tend to use vegetable waste mainly to create new edible foods or in any case to improve the quality and functionality of existing foods, as well as the structure of the food and its antioxidant capacity.

1. INTRODUZIONE

1.1 Scarto alimentare: informazioni generali

In questi ultimi anni particolare attenzione viene posta allo sperpero alimentare, termine con il quale andiamo ad indicare la combinazione di perdita e spreco alimentare.

Per perdita di cibo (food losses) s'intende la riduzione non intenzionale del cibo destinato al consumo umano che deriva da inefficienze nella catena di approvvigionamento: infrastrutture e logistica carenti, mancanza di tecnologia, competenze, conoscenze e capacità gestionali insufficienti. Avviene soprattutto nella fase di produzione, di post raccolto e di lavorazione dei prodotti, per esempio quando il cibo non viene raccolto o è danneggiato durante la lavorazione, lo stoccaggio o il trasporto e viene smaltito.

Il termine spreco alimentare (food waste) si riferisce invece allo scarto intenzionale di prodotti commestibili destinati al consumo umano, soprattutto da parte di dettaglianti e consumatori, ed è dovuto al comportamento di aziende e privati. In particolare, si parla di prodotti che vengono in qualsiasi modo sprecati, persi, degradati o consumati da parassiti nell'ultima parte della catena alimentare (distribuzione, vendita e consumo finale).

Nel linguaggio comune, tuttavia, si usa abitualmente la definizione di spreco alimentare per indicare qualsiasi perdita lungo la catena dal produttore alla nostra tavola. Per lo sperpero in generale ogni fase della filiera agroalimentare ha comunque delle cause specifiche: nella fase di coltivazione e raccolto, le perdite alimentari dipendono principalmente da fattori climatici e ambientali, e dalla diffusione di malattie e parassiti. I Paesi in via di sviluppo concentrano qui una parte consistente del loro spreco alimentare. Nel processo di lavorazione dei prodotti agricoli, le principali cause di spreco sono le inefficienze nelle fasi produttive e i malfunzionamenti tecnici: provocano perdite in quantità ma anche in qualità, danneggiando alimenti che finiscono con l'essere scartati. Nei Paesi più ricchi, è frequente che in questa fase vengano scartati prodotti difettosi per peso, forma o confezionamento, anche se questi difetti non ne compromettono il valore nutrizionale o la sicurezza.

A determinare infine gli sprechi nella fase di distribuzione e vendita sono soprattutto previsioni sbagliate della domanda di prodotti alimentari: si stima – anche sulla base di dati – che i consumatori acquisteranno una certa quantità di prodotto, ma la previsione si rivela eccessiva, e il prodotto invenduto supera la data di scadenza o deperisce. Altre cause possono dipendere da una conservazione non ottimale, o dalla scarsa attenzione nel trattamento dei prodotti. Nel mondo, nei Paesi in via di sviluppo, lo spreco alimentare domestico (e nella ristorazione) è

quasi inesistente; diversa è la situazione nei Paesi più ricchi, Italia compresa, dove quello domestico a capo di tutti gli sprechi (Fao, 2017).

1.2 Situazione globale

Facendo riferimento al volume degli sprechi alimentari a livello mondiale, i dati disponibili sono limitati ed eterogenei. È la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017) che ci viene in aiuto con un'indagine del 2011, stando alla quale: lo spreco mondiale annuale è stimato in circa 1,3 miliardi di tonnellate (circa un terzo della produzione totale di cibo destinato agli esseri umani). In media, sempre a livello mondiale, solo il 43% dei prodotti coltivati per l'alimentazione viene effettivamente consumato: il resto viene perso lungo la filiera. La FAO indica che sono 222 milioni le tonnellate di cibo buttato nei Paesi industrializzati, una cifra pari alla produzione alimentare dell'Africa Subsahariana (circa 230 milioni di tonnellate). Il Paese con maggiore spreco pro-capite è l'Olanda con i suoi 579 kg pro-capite all'anno; quello che spreca meno è la Grecia (44 kg pro-capite all'anno).

1.3 Situazione europea

Per quanto riguarda l'Europa, secondo il Barilla Centre for Food and Nutrition, la quantità di cibo che viene sprecato ogni anno ammonta a 89 milioni di tonnellate, cioè 180 kg a testa. Gli sprechi a livello domestico sono i più rilevanti, e corrispondono al 42% del totale. Lo spreco alimentare va ad accentuare gli squilibri di consumo nel mondo e la disparità sociale tra chi spreca e chi non ha da mangiare.

Ma quali sono le stime più recenti dello scarto alimentare a livello europeo? Lo scarto alimentare relativo all'EU-28 prevede una divisione dello scarto alimentare per livello di catena di approvvigionamento. Lo spreco alimentare a livello europeo è stimato per 173 kilogrammi a persona, per un totale di 88 milioni di tonnellate. Queste cifre sono rapportate al 2012 e includono sia le parti edibili che quelle non edibili. (<https://www.eufusions.org/phocadownload/Publications/D3.5%20recommendations%20and%20guidelines%20food%20waste%20policy%20FINAL.pdf>).

1.4 Situazione in Italia

Fino a pochi anni fa, in Italia, il fenomeno degli sprechi alimentari era relativamente poco indagato. La prima indagine organica è stata condotta nel 2011 da Andrea Segré e Luca Falasconi di Last Minute Market e quantificava il cibo perso lungo tutta la filiera in 20 milioni di tonnellate, con un contributo più che significativo da parte dello spreco domestico. Fortunatamente la situazione, ad oggi, è migliorata. Lo scorso 5 febbraio, in occasione della

7° Giornata Nazionale di Prevenzione dello Spreco Alimentare, l'Osservatorio Waste Watcher di Last Minute Market ha presentato il suo Rapporto 2020, secondo il quale lo spreco alimentare domestico ha registrato un netto calo, passando dagli 8,4 miliardi di euro del Rapporto 2019 a circa 6,5 miliardi: quasi il 25% in meno. Sommando gli sprechi della filiera produzione/distribuzione, lo spreco alimentare in Italia arriva comunque a costare complessivamente circa 10/12 miliardi di euro. Facendo un paragone a livello mondiale, l'Italia si trova all'incirca a metà strada tra l'Olanda e la Grecia, con 149 kg di cibo sprecato annualmente per persona. È interessante notare come la crisi economica abbia ridotto lo spreco di cibo del 57%; per risparmiare, gli italiani hanno iniziato a programmare meglio le proprie spese ed i propri consumi, riducendo le quantità acquistate, riutilizzando gli avanzi e prestando maggior attenzione alle scadenze.

1.5 Spreco alimentare per settore

Sembra che i settori che più contribuiscano allo spreco alimentare siano le famiglie (47-4 milioni di tonnellate) e il settore di trasformazione (17-13 milioni di tonnellate). Questi due settori rappresentano il 72% dello spreco alimentare europeo, sebbene ci sia una considerevole incertezza sui dati del settore di trasformazione. Del restante 28% di spreco, 11 milioni di tonnellate (12%) deriva da servizi di ristorazione, 9 milioni di tonnellate (10%) dalla produzione e 5 milioni di tonnellate (5%) dal commercio all'ingrosso e dal commercio al dettaglio.

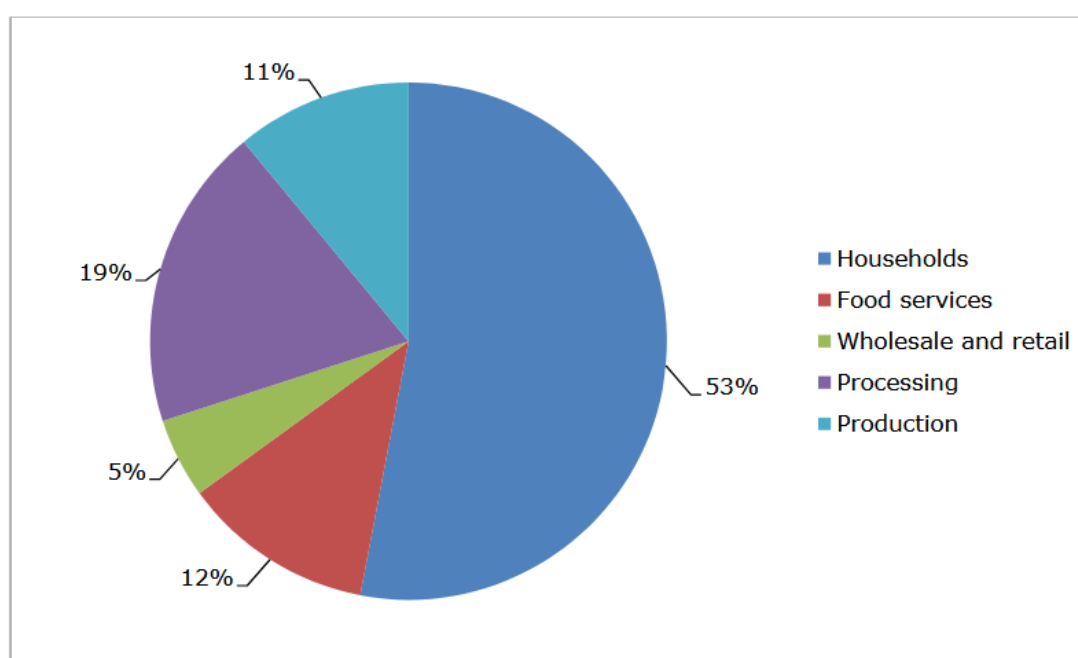
C'è un'incertezza moderatamente elevata per quanto riguarda la stima delle quantità dello spreco alimentare; l'intervallo di confidenza approssimativo del 95% è ± 14 milioni di tonnellate (ossia il $\pm 16\%$). Perciò, la gamma di risultati entro questo intervallo di confidenza va dai 74 ai 101 milioni di tonnellate. Relativamente ai diversi settori l'incertezza varia, ed è necessario essere a conoscenza che i dati possano cambiare significativamente tanti più studi verranno effettuati. I costi associati allo spreco alimentare nell'EU-28 nel 2012 sono stimati attorno ai 143 miliardi di euro. Due terzi dei costi sono associati alle famiglie (circa 98 miliardi di euro). Questo perché le famiglie a) hanno maggiore spreco di cibo edibile rispetto agli altri settori e b) I costi vengono accumulati durante la catena di approvvigionamento e associati a una tonnellata di cibo.

<https://www.eu-fusions.org/phocadownload/Publications/D3.5%20recommendations%20and%20guidelines%20food%20waste%20policy%20FINAL.pdf>

Sector	Food waste (million tonnes) with 95% CI	Food waste (kg per person) with 95% CI
Primary production	9.1 ± 1.5	18 ± 3
Processing	16.9 ± 12.7	33 ± 25
Wholesale and retail	4.6 ± 1.2	9 ± 2
Food service	10.5 ± 1.5	21 ± 3
Households	46.5 ± 4.4	92 ± 9
Total food waste	87.6 ± 13.7	173 ± 27

Food waste estimates includes food and inedible parts associated with food
CI=*Confidence interval

Tabella 1. Dati dello spreco alimentare in Europa (2012).



Food and inedible parts associated with food are included

Figura 1. Divisione in settori dello spreco alimentare nel 2012.

Il livello di perdite differisce da una catena di approvvigionamento all'altra, dipende dal tipo di ritaglio, dal livello di sviluppo economico, così come sociale e culturale messo in pratica nella regione. Nel caso di frutta e verdura, come riportato dagli studi della FAO, 5 perdite nel raccolto e durante la selezione e la classificazione dominano nelle regioni industrializzate, probabilmente maggiori a causa dello scarto durante la selezione per assicurare gli standard di qualità richiesti dalle aziende. Nelle regioni in via di sviluppo, mentre le perdite al momento del raccolto e durante la selezione e la classificazione sono alte, quelle durante la

trasformazione (14% – 21%) sono molto più alte di quelle nelle regioni sviluppate (< 2%), come riportato in Figura 1. Le differenti distinzioni evidenziano il bisogno di migliorare il processo tecnologico per prodotti deperibili come frutta e verdura nelle regioni sviluppate. L'industria alimentare può contribuire in modo sostanziale in questa area sviluppando e diffondendo bassi costi e tecniche efficienti come l'essiccazione. (<http://www.fao.org/3/a-bt300e.pdf>)

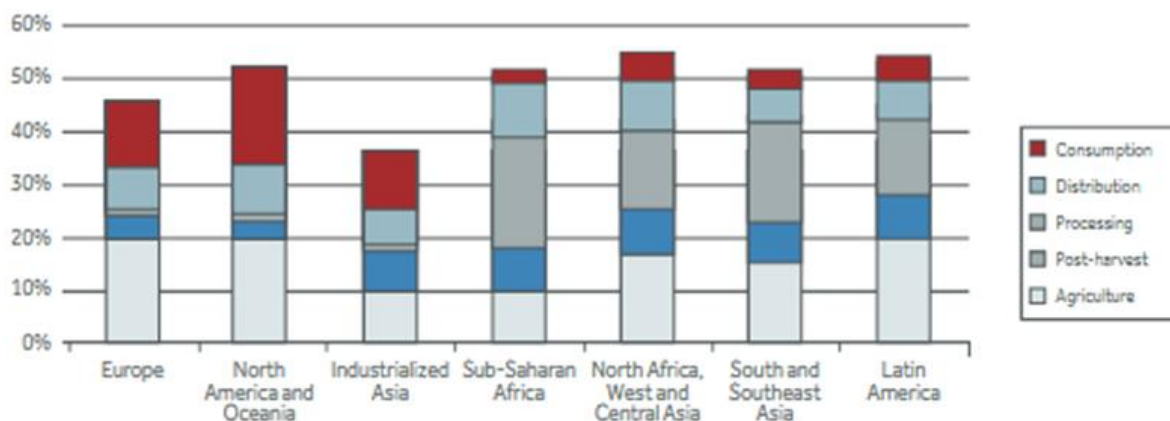


Figura 2. Percentuale della perdita nella produzione iniziale o dello spreco nei diversi passaggi della catena di approvvigionamento alimentare di frutta e verdura in vari paesi. (<http://www.fao.org/3/a-bt300e.pdf>)

1.6 Strategie per ridurre lo spreco (food waste and food losses)

La Commissione europea sta prendendo molto sul serio la questione della lotta contro lo spreco alimentare. La riduzione degli sprechi alimentari ha un enorme potenziale per aumentare le risorse che usiamo per produrre il cibo che mangiamo. Essere più efficienti farà risparmiare cibo per il consumo umano, denaro e abbasserà l'impatto ambientale della produzione e del consumo alimentare.

L'UE e i paesi dell'UE si sono impegnati a soddisfare l'obiettivo di dimezzare lo spreco alimentare pro capite a livello di vendita al dettaglio e di consumo entro il 2030 e di ridurre le perdite alimentari lungo le catene di produzione e approvvigionamento degli alimenti.

Come chiesto dalla nuova strategia Farm to Fork, la Commissione cercherà di intensificare le azioni per prevenire la perdita di cibo e gli sprechi in tutta l'UE. Questa strategia, adottata dalla Commissione nell'ambito dell'accordo verde europeo, propone una serie di azioni per

consentire la transizione verso un sistema alimentare sostenibile dell'UE che salvaguardi la sicurezza alimentare e garantisca l'accesso a diete sane provenienti da un pianeta sano.

La riduzione della perdita e dello spreco di cibo è parte integrante del piano d'azione della strategia. La Commissione proporrà obiettivi giuridicamente vincolanti per ridurre gli sprechi alimentari in tutta l'UE, entro la fine del 2023, definiti sulla base dei livelli di spreco alimentare dell'UE fissati in seguito al primo monitoraggio dei livelli di spreco alimentare e una revisione delle norme dell'UE sulla marcatura delle date, entro la fine del 2022.

La Commissione ha già compiuto importanti passi per prevenire le perdite e gli sprechi alimentari, in linea con le azioni proposte nell'ambito del pacchetto sull'economia circolare, adottato nel 2015. La revisione della legislazione UE sui rifiuti, adottata il 30 maggio 2018 dai co-legislatori, invita i paesi dell'UE ad agire per ridurre gli sprechi alimentari in ogni fase della catena di approvvigionamento alimentare, monitorare i livelli di spreco alimentare e riferire sui progressi compiuti.

La Commissione ha attuato tutte le azioni previste dal piano d'azione per l'economia circolare, come l'elaborazione di una metodologia comune dell'UE per misurare in modo coerente gli sprechi alimentari; l'istituzione della piattaforma dell'UE sulle perdite alimentari e sugli sprechi alimentari; adottare misure per chiarire la legislazione dell'UE in materia di rifiuti, alimenti e mangimi e facilitare la donazione di alimenti e l'uso di alimenti non più destinati al consumo umano nei mangimi; ed esaminando i modi per migliorare l'uso della marcatura delle date da parte degli attori della catena alimentare e la sua comprensione da parte dei consumatori.

Attraverso la piattaforma dell'UE sulle perdite alimentari e lo spreco alimentare, la Commissione sta analizzando in stretta collaborazione con l'industria, i consumatori e altre ONG, gli istituti di ricerca e gli esperti politici dei paesi dell'UE su come ridurre gli sprechi alimentari senza compromettere la sicurezza alimentare, discutendo anche le opzioni per possibili azioni dell'UE. Prima dell'istituzione della piattaforma dell'UE, la cooperazione era stata facilitata attraverso il gruppo di esperti dei paesi dell'UE e un gruppo di lavoro delle parti interessate sulle perdite alimentari e lo spreco alimentare. (https://ec.europa.eu/food/safety/food_waste/eu_actions_en)

La Commissione europea ha adottato un nuovo piano d'azione per l'economia circolare, uno dei principali blocchi dell'accordo verde europeo, la nuova agenda europea per la crescita sostenibile.

Il nuovo piano d'azione annuncia iniziative lungo l'intero ciclo di vita dei prodotti, mirando ad esempio alla loro progettazione, promuovendo i processi di economia circolare, promuovendo il consumo sostenibile e con l'obiettivo di garantire che le risorse utilizzate siano mantenute nell'economia dell'UE il più a lungo possibile.

Introduce misure legislative e non legislative mirate a settori in cui l'azione a livello dell'UE apporta un valore aggiunto reale.

La nuova azione per l'economia circolare presenta misure per

- rendere i prodotti sostenibili la norma nell'UE;
- potenziare i consumatori e gli acquirenti pubblici;
- concentrarsi sui settori che utilizzano la maggior parte delle risorse e in cui il potenziale di circolarità è elevato, ad esempio: elettronica e TIC; batterie e veicoli; imballaggio; plastica; tessuti; costruzione ed edifici; cibo; acqua e sostanze nutritive garantire meno sprechi;
- far funzionare la circolarità per persone, regioni e città;
- guidare gli sforzi globali sull'economia circolare.

[\(https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/\)](https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/)

Come risolvere questa situazione? Le soluzioni per evitare una gestione che produca scarti sono diverse. Utilizzare algoritmi customizzati che consentano di raccogliere informazioni dai processi aziendali e di razionalizzare gli assortimenti, sia a livello generale sia dei singoli punti di vendita. Con questi sistemi di analisi dei dati vengono garantiti risparmi, si assicura fino al 15% dei costi sostenuti per il gettato nell'arco temporale di un anno.

Il riciclo è un altro modo interessante che espande le opportunità per la gestione dei rifiuti. A livello generale, il riutilizzo innovativo interessa principalmente sei fronti: carburanti (biodiesel), mangimi per animali, fertilizzanti, produzione di elettricità, bioplastiche per il repackaging e nuovo cibo edibile. Gli interessi emergenti propendono verso la produzione di cibi edibili. Si sfruttano, in particolare, la conversione di frutti e vegetali con forma irregolare in prodotti vendibili e i sottoprodotti della produzione alimentare, trasformati in nuovi alimenti.

Attualmente il focus è più concentrato verso l'utilizzo di scarti alimentari per la produzione di fertilizzanti, carburante e mangime animale ma si prevede che questo interesse si muoverà verso il nuovo cibo edibile o l'estrazione di ingredienti d'alto valore da scarti alimentari.

1.6.1 Startup innovative

Diverse start up stanno offrendo tecnologie innovative o soluzioni che consentano di gestire una larga varietà di scarti alimentari.

ReGrained (USA)

Gli Usa sotto questo aspetto sono all'avanguardia. ReGrained è una food startup di San Francisco che trasforma scarti della produzione della birra in cibo adatto al consumo umano. L'idea è partita da un dato: negli Usa si consumano ogni anno circa 200 milioni di fusti di birra con una media di 2 milioni e settecentomila tonnellate di cereali usati dai birrifici. I cereali esausti, come sottoprodotti, sono un costo di smaltimento per le industrie: contengono però ancora alimenti come fibre, proteine e conservano anche sapori particolari. ReGrained raccoglie allora questo materiale (orzo, segale, avena, grano) dai locali birrifici urbani per produrre barrette di cereali (alle mandorle e miele o al caffè e cioccolato) nelle cui ricette vengono aggiunti diversi altri ingredienti (quinoa, tapioca, avena, cannella, per esempio) quasi tutti bio. Il progetto prevede di sviluppare altri healthy snack, biscotti, chips, ma anche cereali e pane.

WholeVine (California)

Nei vigneti della Contea di Sonoma, in California, WholeVine converte scarti e sottoprodotti dell'uva (dalle bucce ai vinaccioli) in differenti prodotti: olio, farina, biscotti, oltre a coloranti naturali, integratori e perfino carta. Un modo per chiudere il ciclo e ridurre l'impatto ambientale.

Misfit Juicery

Più di 900mila tonnellate di prodotti freschi, inoltre, non vengono raccolti o vanno invenduti nei retail ogni anno a causa di inestetismi. Di qui l'idea di Misfit Juicery: succhi estratti (che mantengono i nutrienti a differenza dei centrifugati) dal 70-80 per cento di frutta e verdura scartata per difetti estetici (forma, taglia, colore) o come surplus nella supply chain. I prodotti vengono recuperati da aziende agricole o dalla distribuzione.

EatLimmo (Messico)

A Monterrey, in Messico, due ragazzi Enrique González e Flavio Siller hanno fondato EatLimmo, una startup che converte semi, pelle e polpa di mango scartati in una polvere che può essere utilizzata come emulsionante nei prodotti da forno, sostituire lo zucchero o la pectina in marmellate o come conservante per carne lavorata.

Rubies in the Rubble (Regno Unito)

Olanda e Regno Unito sono in Europa i Paesi più attivi nei nuovi prodotti da scarti alimentari. Nel Regno Unito vedendo l'ammasso di frutta e verdura scartate nei mercati di Londra solo per inestetismi, Jenny Costa ha fondato Rubies in the Rubble: una start up che converte il surplus di cibo in marmellate, salse, chutney e sottaceti. *“Lo spreco di cibo si combatte con le salse”*, recita lo slogan. *“Qualcuno li ritiene spazzatura, per noi diventano condimento”*.

L'Italia sul fronte è un po' più indietro, risultando invece all'avanguardia nel recupero delle eccedenze di cibo con la donazione al terzo settore. Il progetto LIFE-Food Waste Stand Up, co-finanziato dalla Commissione Europea, con capofila Federalimentare e che coinvolge per la prima volta tutta la filiera, industria, distribuzione e consumatori, punta, con un campagna informativa e di sensibilizzazione 2017, a prevenire e ridurre lo spreco alimentare e recuperare le eccedenze sul percorso tracciato dalla legge Gadda. Un esempio, in questo percorso, è Last Minute Market, primo sistema professionale in Italia di riutilizzo di beni invenduti dalla gdo. Non mancano però esempi anche nella produzione di cibo edibile. Il Refettorio Ambrosiano di Milano è nato in occasione di Expo grazie a Caritas Ambrosiana che ha sviluppato un'idea dello chef stellato Massimo Bottura e di Davide Rampello, ex presidente della Triennale di Milano. La mensa ogni sera dà da mangiare a 96 persone, recuperando le eccedenze alimentari grazie a una rete di donatori stabili della grande distribuzione, mense scolastiche, ristorazione collettiva, piccoli produttori. Recentemente è stata avviata una partnership con Sogemi, la società che gestisce il Mercato Ortofrutticolo di Milano (il più grande mercato ortofrutticolo all'ingrosso d'Italia). Il quantitativo va oltre le necessità, di qui l'idea di trasformare i prodotti in confetture, minestre surgelate, conserve distribuite alle persone in difficoltà. Da una parte la verdura viene portata a una cooperativa di Lecco, Il Grigio, che trasforma i prodotti in surgelati e minestre. Dalla frutta in eccesso vengono prodotte poi marmellate nei laboratori del Refettorio. Altre eccedenze vengono donate ad altre mense e comunità del circuito Caritas.

1.7 Scarto alimentare di origine vegetale

Ad oggi vengono forniti dati scientifici e letteratura in rapida crescita incentrati sul ruolo della trasformazione alimentare secondaria e dei prodotti in relazione al benessere umano. Per

coincidenza, vi è un aumento delle informazioni dei consumatori per quanto riguarda le malattie non trasmissibili associate alla dieta (Chernukhaa & Fedulova, 2015). Così, la domanda di componenti alimentari non chimici, naturali, sicuri e di miglioramento della salute è anche in crescita (Schieber, Stintzing, & Carle, 2001). Grandi quantità di prodotti agricoli secondari o di prodotti generati dopo la trasformazione alimentare sono diventati il problema principale per quanto riguarda l'industria alimentare in tutto il mondo, poiché potrebbero portare all'ambiente un forte inquinamento (suolo, acqua, aria). Inoltre, lo smaltimento dei prodotti agricoli potrebbe costare un importo enorme per il trattamento in base a determinate normative governative (Gowe, 2015). Inoltre, non è più pragmatico scartare i prodotti da parte delle materie prime; l'utilizzo dei prodotti by-products è diventato un metodo alternativo per superare questo problema. In particolare, quando la trasformazione alimentare per prodotti alimentari ha una notevole quantità di composti funzionali bioattivi grezzi preziosi e favorevoli, possono quindi essere utili sia per scopi tecnologici che farmaceutici Galali et al., 2020)

1.8 Scarto del cavolfiore/broccoli

Uno degli scarti alimentari più tipici è sicuramente rappresentato dalle foglie dei broccoli; attualmente circa il 60-75% della produzione mondiale di broccoli viene sprecata durante la raccolta. Le sue foglie sono talmente considerate degli scarti che c'è chi si premura di eliminarle ancora prima di pesare il broccolo sulla bilancia del supermercato. Eppure, sono perfettamente commestibili e possono essere utilizzate per preparare un contorno di verdura, oppure una crema o una vellutata. Dal punto di vista nutrizionale si tratta di un cibo poco denso di energie (100 grammi di foglie di broccoli corrispondono a circa 30 Calorie) ma che contiene preziose sostanze: vitamina A, vitamina C e vitamine B3 e B5, folati, potassio, fosforo, calcio, magnesio, selenio, ferro, zinco e manganese. Sono inoltre fonte di sodio e di grassi polinsaturi (omega 3 e omega 6). Così come le foglie dei broccoli si possono riutilizzare anche quelle del cavolfiore e del broccolo romanesco. (<https://www.ohga.it/lotta-allo-spreco-alimentare-le-proprietà-nutrizionali-degli-scarti/>)

La composizione del cavolfiore e del broccolo è simile nei fiori (30% della biomassa) e nei sotto-prodotti: glucosinolati, isotiocianati, polifenoli, fibre dietetiche, proteine, tocoferoli, carotenoidi, minerali, altro. I dati letterari suggeriscono che le foglie di cavolfiori e broccoli possano costituire un alimento funzionale aggiuntivo. La composizione chimica e il potenziale antiossidante dei componenti bioattivi trovati nelle foglie di broccoli devono essere analizzati per convalidare le loro proprietà funzionali. L'incorporazione di foglie di broccolo negli alimenti funzionali potrebbe migliorare la qualità delle diete gluten-free e facilitare la gestione

degli scarti di vegetali (Drabinska et al., 2018). I sottoprodotti di frutta e verdura possono essere inoltre utilizzati come fonti additive di nutrienti e come ingredienti funzionali senza incremento dei costi di produzione. Studi epidemiologici hanno dimostrato che una dieta ricca di crucifere può ridurre il rischio di cancro e malattie cardiovascolari.

Settore industriale	Quantità di rifiuti (1.000 ton)	Per prodotti (%)
Produzione, trasformazione e conservazione di carne e prodotti a base di carne	150	2,5
Produzione e conservazione di pesce e prodotti ittici	8	3,5
Produzione e conservazione di frutta e verdura	279	4,5
Produzione di oli e grassi vegetali e animali	73	1,5
Industria lattiero-casearia e del gelato	404	2
Produzione di prodotti a base di cereali e amido	245	1,5
Produzione di altri prodotti alimentari	239	2
Industria delle bevande	492	2
Totale	1,890	2,6

Tabella 1. Stima dei prodotti di approvvigionamento nell'industria alimentare

Gli scarti prodotti dall'industria conserviera rappresentano una risorsa economica in qualità di concimi, mangimi, specie fitochimiche (esempio licopene, tocoferoli, tomatina, polifenoli) impiegati come integratori di cocktail o in nuovi prodotti alimentari (sughi pronti, minestre) e nel settore farmaceutico-cosmetico (licopene, tomatina). Le tecniche estrattive solido-liquido in uso sono: macerazione, percolazione, estrazione con fluidi in fase supercritica, estrazione rapida solido-liquido dinamica o Naviglio-Estrattore. Esistono vari scarti di origine alimentare: tra questi il più comune è sicuramente la buccia della frutta. Ad esempio andando ad analizzare la buccia della mela questa contiene fibre, vitamina A, vitamina C; vitamina E, vitamine del gruppo B e vari minerali quali potassio, calcio e magnesio. Recentemente la tecnologia moderna si è concentrata sull'utilizzo e lo sfruttamento di questi prodotti by-products nella produzione di nuovi prodotti utili con elevate proprietà tecniche e farmaceutiche

come additivi alimentari e il completamento, dal momento che possiedono molti benefici che includono proprietà antivirali, antibatteriche, cardioprotettivi e antimutageni (Djilas, Canadanovic-Brunet, & Cetkovic, 2009). Passando alla verdura spiccano i finocchi; usufruendo infatti della parte esterna (perfettamente commestibile) si possono preparare brodi di verdure. I finocchi sono una fonte di vitamina A, vitamina C, vitamine B3 e B5, folati, calcio, ferro, magnesio, fosforo, potassio, sodio, zinco, rame, manganese e selenio. La buccia delle patate non è certo un concentrato di energie (un etto sono circa 60 Calorie) ma al suo interno troviamo vitamine (C, B3, B5, B6 e folati), minerali (potassio, fosforo, calcio, magnesio, ferro, rame, manganese, zinco, selenio e sodio), carboidrati (incluse fibre), proteine e grassi polinsaturi (omega 3 e omega 6). Particolare attenzione viene posta agli scarti del caffè e del cavolfiore/broccolo.

I prodotti vegetali sono importanti fonti di composti fenolici presenti e possono essere estratti utilizzando diversi solventi. Vari prodotti di by-prodotti sembravano contenere diversi composti bioattivi. I rifiuti di asparagi sembrano avere i composti fenolici più alti, e il pomodoro ha mostrato i composti fenolici più bassi (Tabella 3; Peschel et al., 2006). Si è scoperto che l'uso di solvente di acetone potrebbe essere molto potente per estrarre composti fenolici. È stato riferito che i derivati dell'acido caffeico sono il componente principale nei prodotti di carciofo by-products con una gamma prevalente di derivati dell'acido caffeoylquinic con acido clorogenico (5-acido caffèilquinico) come il più importante di questi derivati. Sono stati determinati alcuni altri composti fenolici come l'apigenina flavonoide e il luteolina così come diversi derivati del caffèoilglucoside cianidina. Inoltre, il prodotto di lattuga ha mostrato la presenza di acidi idrossicinnamici e flavonoidi. I flavonoidi sono composti da flavoni (derivati della luteolina) e flavonoli (derivati quercetina), mentre i prodotti di cicoria sono costituiti solo da derivati del kampferolo. I prodotti di cavolfiore hanno anche dimostrato di contenere composti fenolici. È stato dichiarato che i prodotti di cavolfiore contengono flavonoidi e acidi idrossicinnamici (acido caffeico e acido sinapico). Flavonoli come kampferolo e quercetina con acido sinapico e glucosio sembravano essere i principali fenolici disponibili (Llorach, Espàn, Tomàs-Barberàn, & Ferreres, 2003).

Materia	Acqua	Metanolo	Etanolo	Acetone	Esano
Carciofo	42,75 x 12,17	95,65 x 8,24	88,15 x 4,99	102,33 x 6,19	36,65 x 5,87
Asparagi	89,40 x 5,07	69,43 x 7,06	60,14 x 5,85	113,65 x 17,73	29,33 x 4,36
Pomodoro	12,15 x 0,83	37,29 x 2,08	42,00 - 6,19	49,61 x 9,52	30,24 x 4,76
Broccoli	29,87 x 1,58	25,58 x 2,51	28,31 x 1,69	36,18 x 1,89	33,45 x 2,32
Cetriolo	18,41 x 2,68	27,26 x 1,80	16,96 x 2,16	20,52 x 2,59	26,71 x 5,21
Indivia	34,01 x 6,79	17,18 x 2,24	16,12 - 2,48	23,66 x 0,93	23,44 x 2,46
Cicoria	13,56 x 1,81	25,51 x 3,11	21,54 x 3,58	14,16 x 1,45	12,30 x 1,80

Tabella 3. Contenuto totale di fenolo di prodotti vegetali che utilizzano diversi solventi

1.9 Cavolfiore e broccoli

Il broccolo ed il cavolfiore appartengono alla famiglia delle Brassicaceae e sono uno dei vegetali più consumati al mondo e la loro produzione genera un'enorme quantità di scarto. I broccoli (o cavoli broccoli) sono una varietà di *Brassica oleracea* e fanno parte della famiglia delle crucifere insieme a cavoli e cavolfiore. Questa verdura è oggi diffusa in gran parte dell'Europa e del mondo, ma pochi sanno che ha avuto origine nel Sud Italia.

1.9.1 La storia

Diverse sono le tappe principali della storia del broccolo, partendo dagli Etruschi e dagli antichi Romani per arrivare fino allo sbarco negli Stati Uniti. La famiglia dei cavoli, a cui il broccolo appartiene, era molto amata dagli Etruschi, che ne apprezzavano sia il gusto che le proprietà benefiche. Questa antica civiltà di abili navigatori era infatti dedita alla coltivazione ed è grazie agli Etruschi e ai loro famosi commerci nel Mediterraneo che il cavolo arrivò anche ai Fenici, agli antichi Greci e alle popolazioni delle attuali isole della Sicilia, della Sardegna e della Corsica. Grandi amanti dei cavoli erano anche gli antichi Romani, tanto che il noto naturalista Plinio il Vecchio, a cavallo tra il 23 e il 79 d.C., scrisse di come questa civiltà usasse coltivarli e cucinarli. Proprio a loro va attribuito il merito della creazione della prima varietà di broccoli, detta broccolo calabrese. Si dice che i Romani usassero bollire i broccoli insieme a una miscela di spezie, cipolla, vino e olio o servirli accompagnati a salse cremose preparate con erbe aromatiche o vino, così come si racconta che usassero mangiarli crudi prima dei

banchetti per far sì che l'organismo assorbisse meglio l'alcol. La diffusione dei broccoli al di fuori del territorio italiano iniziò nel 1533, quando Caterina de' Medici sposò Enrico II e introdusse questo prezioso ortaggio nella corte francese, di cui all'epoca facevano parte anche degli chef italiani. Dopo la Francia fu la volta dell'Inghilterra, dove i broccoli vennero soprannominati gli asparagi italiani, come menzionato nell'edizione del 1724 del Gardener's Dictionary di Miller. In entrambi i paesi i broccoli divennero popolari con il passare del tempo, ma l'accoglienza iniziale non fu delle migliori, anche a causa dello sgradevole odore di zolfo che emanano durante la cottura. Nel 1922 due immigrati di Messina portarono i semi dei broccoli in California, dando vita alla prima piantagione nella città di San Jose, e contribuirono poi alla loro distribuzione anche in altre città. Negli Stati Uniti, al contrario dei paesi europei, questi ortaggi si affermarono rapidamente e con successo, e già negli anni 30 la loro popolarità era consolidata. In tutto il mondo negli ultimi trent'anni, grazie ai nuovi metodi di cottura e alle nuove scoperte sui benefici per la salute, il consumo dei broccoli è triplicato. Le varietà più conosciute e amate sono quella calabrese, dalla forma a rosetta, e il broccolo romanesco, noto per la sua forma piramidale con tante piccole rosette a spirali.

Di questa pianta si mangiano le infiorescenze non ancora mature, che possono essere consumate sia crude che cotte: queste vengono considerate una specie di *superfood*, dati i tanti benefici che offrono al nostro organismo. Alcune delle proprietà principali sono quella di costituire una preziosa riserva di vitamine e sali minerali, contenere antiossidanti, promuovere una digestione sana e la regolarità intestinale, giovare sulla salute del cuore, fortificare le ossa, fare bene alla vista e tenere a bada la glicemia. Da quanto emerso da FAOSTAT i più grandi produttori mondiali di cavolfiori e broccoli sono Cina, India e Stati Uniti (1994-2017). A livello europeo Spagna, Italia e Francia. (<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>)

Il Cavolfiore è una tra le crucifere più coltivate in Italia, diffusa soprattutto nelle regioni centro-meridionali e precisamente in Campania, Marche, Toscana, Lazio, Puglia e Sicilia. La sua origine è piuttosto incerta. Il nome deriva dal latino "caulis" (fusto, cavolo) e "floris" (fiore). In Italia si affermò prima in Toscana, come testimoniano alcuni quadri Medicei dei primi del Settecento dove è ritratto un cavolfiore proveniente dalla zona di Arezzo che viene

offerto in dono a Cosimo III. I Paesi in cui è maggiormente diffusa la sua coltivazione sono l'India, la Cina, la Francia, l'Italia e gli Stati Uniti.

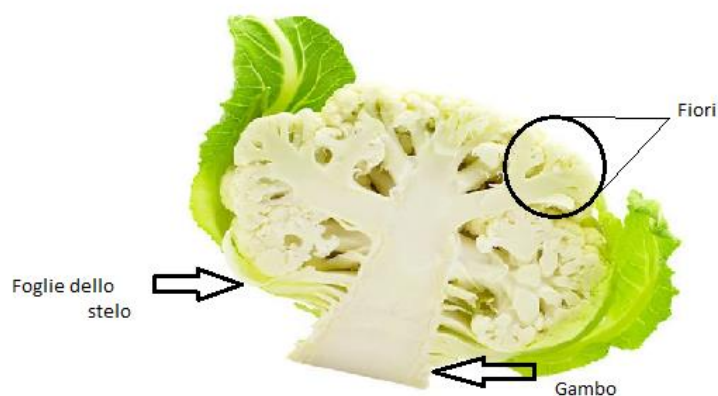


Figura 2. Parti edibile e non edibili del cavolfiore.

1.9.2 Componenti bioattivi

Negli ultimi tempi l'attenzione riguardo ai componenti bioattivi nel cibo è considerevolmente cambiata tra i consumatori. La prova evidente che il cibo e i suoi componenti influenzano significativamente la salute del corpo umano è dovuta al fatto che gli alimenti sono direttamente associati alla prevenzione delle malattie che dipendono dalla nutrizione e ai benefici fisici e mentali dell'organismo (Šamec et al., 2019). I composti bioattivi risultano fondamentali in quanto è proprio da questi che andremo a ricavare gli scarti che ci interessano. Rappresentano composti aventi o no valore nutrizionale e dotati di attività biologica che si esplica nel prevenire il rischio di sviluppo di numerose malattie croniche e, quindi, nella loro funzione protettiva. Si trovano in maggiori quantità in prodotti di origine vegetale ed in minori aliquote in carne, uova, latte e formaggi. I composti bioattivi presenti negli alimenti di origine vegetale, detti fitochimici, si possono dividere in cinque categorie: vitamine e sali minerali (composti nutritivi), antiossidanti, fitoestrogeni e fibra alimentare (composti non nutritivi) (Mignogna et al., 2010). La composizione del cavolfiore per quanto riguarda i composti bioattivi consiste in glucosinolati molto termolabili, isotiocianati, polifenoli, fibre dietetiche, proteine, tocoferoli, carotenoidi, quali luteina e β -carotene, minerali e altro. I tocoferoli nel cavolfiore sono i componenti minori se comparati ai glucosinolati e agli isotiocianati, per i quali la famiglia delle Brassicaceae è conosciuta, ma sono componenti rilevanti per il loro

valore nutrizionale in una dieta bilanciata. Numerosi studi epidemiologici indicano che i vegetali della Brassica proteggono l'uomo dal cancro poiché rappresentano fonti ricche di glucosinolati così come possiedono un alto contenuto di flavonoidi, vitamine minerali (Moreno et al. 2006). Quindi un elevato consumo di verdure crucifere è associato a un ridotto rischio di cancro, in particolare quello ai polmoni e al tratto gastrointestinale.

1.9.2.1 Glucosinolati

I glucosinolati - noti anche come glucosidi solforati o tioglucosidi - sono un gruppo di glucosidi composti da una parte zuccherina legata, tramite un atomo di zolfo, alla parte agliconica, derivata da aminoacidi come metionina, fenilalanina, tirosina e triptofano. Fintanto che rimangono sequestrati nei compartimenti sub-cellulari dei tessuti vegetali, i glucosinolati sono chimicamente stabili ed inattivi dal punto di vista biologico. Viceversa, il danno tissutale causato dai parassiti o da qualsiasi altro fattore che porta alla lacerazione dei tessuti, determina il contatto dei glucosidi con enzimi endogeni chiamati mirosinasi. Si attiva così un processo di idrolisi enzimatica (mediato dalle mirosinasi) dei glucosinolati, con rottura del legame b-tioglucosidico e formazione di intermediari instabili che si riarrangiano spontaneamente in isotiocianati, tiocianati o nitrili. Sono proprio gli isotiocianati i responsabili dell'odore pungente e del sapore piccante tipico di crucifere e brassicacee. In particolare dalla reazione della sulforafanina (glucosinolato) con l'enzima mirosinasi si forma il sulforafano, appartenente al gruppo degli isotiocianati. La cottura eccessiva delle crucifere può portare all'inattivazione dell'enzima mirosinasi e quindi alla riduzione del contenuto in sulforafano, che è la forma in grado di essere assorbita e responsabile degli effetti biologici.

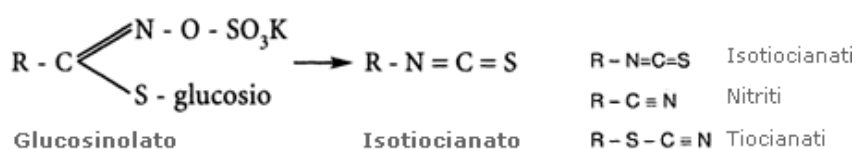


Figura 4. Da glucosinolati a isotiocianati

1.9.2.2 Polifenoli

I polifenoli sono, dal punto di vista strutturale, derivati del benzene con uno o più gruppi sostituenti associati ad uno o più anelli aromatici e classificati in base al numero di anelli benzenici che li costituiscono e ad agli elementi strutturali che legano gli anelli tra loro (Vitale

& Vaccaro, 2015) L'anello aromatico che va a costituire la struttura comune a tutti i polifenoli è il fenolo, dove è presente almeno un idrossile come gruppo sostituito. Oltre a questa caratteristica comune, queste sostanze sono in forma libera nei tessuti della pianta o solitamente legate ad altre molecole, come zuccheri, proteine o acidi organici: sono, difatti, presenti come coniugati con mono- o polisaccaridi, uniti ad uno o più gruppi fenolici e possono presentarsi come derivati funzionali, come esteri e metil esteri (Manach et al., 2004; Balasundram, Sundram, & Samman, 2006; Reis Giada, 2013). Dal punto di vista chimico, i polifenoli sono molecole composte da più cicli fenolici condensati, con questo nome tecnico si vogliono indicare quei composti organici con uno o più gruppi ossidrilici – OH – legati ad un anello aromatico. Prodotti in natura dal processo metabolico secondario delle piante, essi possono avere ruoli diversi al variare della loro composizione chimica. Ce ne sono alcuni che servono alle piante per difendersi dagli animali erbivori e sono i responsabili dei sapori sgradevoli di alcune foglie, altre volte i polifenoli sono patogeni oppure fanno da supporto meccanico come nel caso delle lignine. In alcune piante servono da barriera contro l'invasione microbica oppure per attrarre gli impollinatori e disperdere il frutto. Nelle piante da competizione, sono inibitori di crescita. Contribuiscono alla prevenzione di molte patologie come quelle cardio-vascolari, metaboliche, neurovegetative e infiammatorie. I principali componenti fenolici nelle piante delle brassicaceae sono i flavonoidi e gli acidi idrossicinnamici derivanti dai glucosidi (Mageney, Neugart, & Albach, 2017). I flavonoidi sono una vastissima famiglia di composti polifenolici a basso peso molecolare; hanno genericamente due anelli aromatici (A e B) (Figura 7) (Liu, 2004), collegati da tre atomi di carbonio che fanno parte di un anello eterociclico ossigenato, il cosiddetto anello eterociclico C.

Particolarmente ricco di polifenoli è il cavolo rosso (Figura 8), una varietà di cavolo che si contraddistingue per il suo colore brillante, rosso-violaceo, pigmentazione dovuta appunto alla presenza di sostanze idrosolubili chiamate antociani (o antocianine), appartenenti alla famiglia dei flavonoidi.

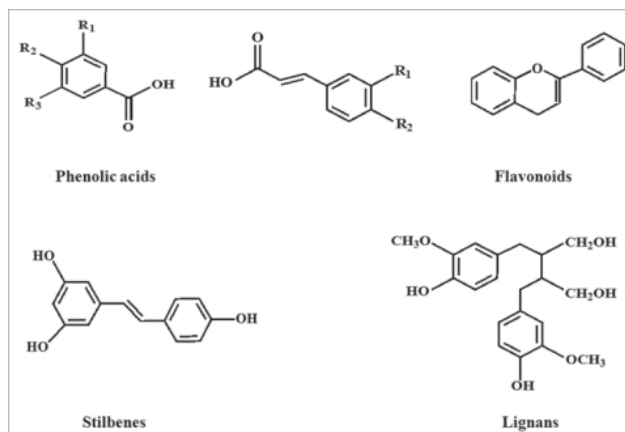


Figura 5. Polifenoli (chimicamo.org)

Figura 6. Il cavolfiore viola

1.9.2.3 Fibra alimentare

La fibra alimentare è composta da molecole di origine vegetale non degradabili dagli enzimi digestivi e non assorbibili. Si può suddividere in: fibra solubile, fibra insolubile, amido resistente. Le fibre insolubili (cellulosa, emicellulosa, lignina), hanno la capacità di inglobare una notevole quantità di acqua. Proprio grazie a questa preziosa caratteristica, svolgono diverse e importanti funzioni: aumentano il volume ed il peso delle feci e, di conseguenza, accelerano la motilità intestinale accorciando il tempo di transito del materiale fecale. Grazie a questa particolarità, le fibre insolubili correggono la stipsi, prevengono la diverticolosi e riducono, tra l'altro, anche il rischio di tumore del colon. Le fibre solubili (pectine, gomme, mucillagini) formano con l'acqua una massa gelatinosa che ha potere saziante, in quanto distende le pareti gastriche, stimolando i meccanocettori deputati alla trasmissione del senso di sazietà al cervello; inoltre riduce l'assorbimento intestinale dei prodotti della digestione, sottraendoli in parte all'organismo. Per questo motivo le fibre alimentari sono indicate nelle diete dimagranti e nella dietoterapia del diabete (riducono l'assorbimento degli zuccheri) e

delle iperlipidemie (riducono l'assorbimento dei grassi e del colesterolo). Le fibre idrosolubili sono quindi utili nella prevenzione delle malattie cardiovascolari e della calcolosi della colecisti.

(<https://www.my-personaltrainer.it/nutrizione/fibre-alimentari.html>)

1.9.2.4 Vitamina E

In natura, la vitamina E consiste di quattro tocoferoli (α -, β -, γ - e δ -) e quattro tocotrienoli (α -, β -, γ - e δ -) (Fig. 3), determinati dal numero e dalla posizione del gruppo metile presente in posizione 5- e 7- sull'anello cromanolo, definiti tococromanoli o tocoli. Tutti i tocoli hanno una catena laterale fitile a 16 carboni legata all'anello cromanolo, nei quali i tocoferoli sono saturi ed i tocotrienoli hanno tre doppi legami. I tocoli sono conosciuti per il loro potere antiossidante, antiinfiammatorio, anticancro, immuno-stimolatorio, capacità neuroprotettiva, nefroprotettiva, attività soppressiva della dermatite allergica, ipolipidemica, antidiabetica ed antiipertensiva. La vitamina E è un importante antiossidante liposolubile che ha azione scavenger verso i radicali liberi nei tessuti e protegge le componenti cellulari.



Figura 7. Formula di struttura della vitamina E

1.9.2.5 Carotenoidi

I carotenoidi costituiscono una famiglia di pigmenti vegetali liposolubili, di colore dal giallo all'arancio, dal rosso al violetto e sono, per questo, responsabili della colorazione della matrice in cui sono contenuti. Devono il loro nome al carotene, una sostanza giallo-arancione trovata per la prima volta nel 1831 nella radice di *Daucus carota*. Sono una delle più rilevanti classi di pigmenti delle piante e giocano un ruolo cruciale nella definizione dei parametri qualitativi di frutta e verdura, dove si trovano come microcomponenti, conferendo loro una tipica colorazione. Si trovano principalmente in foglie, frutta, piante, alghe e batteri fotosintetici contribuendo allo svolgimento del fenomeno della fotosintesi; sono riscontrabili, contemporaneamente, in batteri non fotosintetici, lieviti e muffe - proteggendoli dal danno provocato da luce e ossigeno - insetti, pesci e crostacei. Vengono prodotti solamente da piante e microrganismi, non dagli animali: sono, difatti, presenti nel nostro organismo umano, il quale non li sintetizza e deve quindi ottenerli attraverso la dieta, fondamentalmente, dai vegetali; circa il 90% dei carotenoidi del corpo umano è rappresentato da α - e β -carotene, licopene, luteina e criptozantina. Sono sostanze molto sensibili alla luce, alle temperature elevate e

all'ossigeno. Sono precursori della vitamina A e alcuni di loro hanno un ruolo specifico nel prevenire i danni da ossidazione, genotossicità e insorgenza di tumori.

Seppur poco conosciuto, il cavolfiore arancione (Figura 9) è un'ottima fonte di betacarotene. E' un cavolfiore ibrido a ciclo precoce che produce un meraviglioso corimbo o testa di colore arancione. Tale colorazione è dovuta alla presenza nei tessuti vegetali del betacarotene (contenuta anche nella carota) che riesce a mantenerla anche dopo la cottura. Questa varietà è una novità tra i cavolfiori dato il colore che lo rende unico nel suo genere. Il cavolfiore arancione è di forma globosa-bombata, di media pezzatura con peso specifico di circa 1 kg, molto attraente e con foglie abbastanza serrate, ma che permette lo stesso una facile raccolta. Occorrono circa 80-84 giorni dal trapianto per essere raccolto a piena maturazione. Se la pianta non è legata il colore arancione diventa più intenso. Il betacarotene è un precursore della Vitamina A con proprietà antiossidanti, aiuta a mantenere la pelle liscia e morbida, aiuta nella riparazione e nella corretta crescita dei tessuti corporei; aiuta a proteggere le mucose del naso, della bocca, dei polmoni riducendo le possibili infezioni; apporta benefici agli occhi e aiuta nella formazione di ossa e denti.



Figura 8. Il cavolfiore arancione

1.9.3 Fattori che influenzano i componenti bioattivi

Il potenziale dei componenti bioattivi nei cibi nell'esprimere i loro effetti sull'organismo dipende dal loro rilascio nella matrice, cambiamenti durante la digestione, assorbimento, metabolismo e biodegradazione. Il termine biodisponibilità ha molte condizioni di uso e non

esiste una condizione universale accettata. Da un punto di vista nutrizionale, è definita come la frazione dei componenti digeriti disponibili per l'utilizzo in normali funzioni psicologiche. La biodisponibilità include due termini addizionali: la bioaccessibilità e la bioattività. Quest'ultima si occupa di eventi legati a come i composti bioattivi hanno raggiunto le circolazioni del sistema e hanno trasportato e raggiunto i tessuti target, interagendo con il metabolismo delle biomolecole in questi tessuti, e tutte le conseguenze sugli effetti psicologici che ne scaturiscono (Cilla et al. 2018).

Il loro contenuto negli alimenti può essere influenzato da fattori varietali, pedoclimatici e tecnologici, maturità alla raccolta, condizioni tecnologiche e di stoccaggio (Mignogna, Panfili, & Fratianni, 2010).

1.10 Alimenti funzionali

Negli ultimi tempi è stato attribuito agli alimenti, oltre alle loro proprietà nutrizionali e sensoriali, anche un importante ruolo sul mantenimento della salute, sul benessere psico-fisico e sulla prevenzione di alcune patologie. Ed è da qui che emergono gli alimenti funzionali (functional food), ossia prodotti alimentari ideati per offrire, rispetto agli alimenti tradizionali, un beneficio in più nel migliorare il benessere psico-fisico e concorrere alla riduzione del rischio di alcune malattie come parte di un normale regime alimentare. Sono alimenti caratterizzati da effetti addizionali dovuti alla presenza di componenti (generalmente non nutrienti) naturalmente presenti o aggiunti che interagiscono più o meno selettivamente con una o più funzioni fisiologiche dell'organismo (biomodulazione) continuando comunque a restare «alimenti» poiché non possono essere definiti alimenti funzionali pillole, pastiglie o integratori di sorta.

Ma da dove nasce il concetto di alimenti funzionali? Nelle zone asiatiche, influenzate dalla cultura cinese, gli alimenti e i farmaci sono spesso stati considerati derivanti da un'unica fonte. Il termine di alimenti funzionali nasce in Giappone. Negli anni '80, le autorità sanitarie di questo Paese, riconobbero la necessità di migliorare la qualità della vita parallelamente all'incremento dell'aspettativa di vita di un numero crescente di anziani per poter controllare i costi sanitari. Fu introdotto, quindi, il concetto di alimenti specificamente sviluppati per favorire la salute o ridurre il rischio di malattie lanciando per primi il "fibe mine" (soft drink arricchito di fibra) di Otsuka Pharmaceutical. Nel 1991 il Ministero della Salute e del Welfare giapponese stabilì i criteri per l'identificazione e approvazione di una specifica categoria di alimenti, chiamata FOSHU (Food for Specified Health Uses) e ne regolamentò anche

l'etichettatura nutrizionale permettendo che fossero in seguito commercializzati con questo marchio.

Se da un lato in Giappone gli alimenti funzionali tradizionali sono considerati come una categoria separata di alimenti, in Europa e USA invece, parlare di alimento funzionale significa aggiungere funzionalità a un prodotto tradizionale già esistente non costituendo una categoria separata di alimenti. In Europa l'organizzazione che se ne occupa maggiormente è l'EFSA (European Food Safety Authority), negli USA la FDA (United States Food and Drug Administration). E' importante menzionare anche il concetto di "nutraceutico", un tipo di prodotto funzionale con una formula specifica simile ai medicinali. Tuttavia è importante chiarire la differenza tra medicinale e cibo funzionale o nutraceutico: è possibile stabilire delle caratteristiche comuni e la particolarità degli alimenti funzionali di non risolvere le malattie.

In generale dividiamo i prodotti in due gruppi:

- alimenti funzionali con un ingrediente aggiunto associato ad un beneficio sulla salute
- alimenti funzionali senza un ingrediente (naturalmente presente nel prodotto originale) con associato un rischio per la salute.

2. SCOPO DELLA TESI

Lo scopo del lavoro consiste nel valutare le potenzialità degli scarti di vegetali quali broccoli e cavolfiori. In quest'ottica, si vogliono indagare gli scarti delle Brassicaceae come fonte di componenti bioattivi (isotiocianati, glucosinolati, polifenoli, tocoferoli e carotenoidi) come ingredienti in alimenti funzionali.

3. METODI

E' stata condotta una ricerca bibliografica sul database Scopus con le parole chiavi "broccoli" e "by-products", la quale ha prodotto 50 risultati, di cui 37 articoli scientifici sono stati inclusi nell'analisi bibliografica e classificati per tipologia di impiego per valorizzare gli scarti di broccolo.

Brought to you by UNIVPM

Scopus Search Sources Lists SciVal Create account Sign in

50 document results

TITLE-ABS-KEY (broccoli AND by-products)

Edit Save Set alert Set feed

Search within results...

Documents Secondary documents Patents View Mendeley Data (249)

Analyze search results Show all abstracts Sort on: Date (newest)

Limit to Exclude

Access type Open Access (15)

Document title	Authors	Year	Source	Cited by
1 Preference study of four alternative silage fodders from the <i>Hordeum vulgare</i> L. in Mexico <i>Coaradas</i> <i>et al.</i>	Manllor, P., Sandoval-Casta, C.A., <i>et al.</i>	2020	Small Ruminant Research	0

E' stata inoltre condotta una ricerca bibliografica sul database Scopus con le parole chiavi "cauliflower" e "by-products", la quale ha prodotto 49 risultati, di cui 36 articoli scientifici sono stati inclusi nell'analisi bibliografica e classificati per tipologia di impiego per valorizzare gli scarti di cavolfiore.

Brought to you by UNIVPM

Scopus Search Sources Lists SciVal Create account Sign in

49 document results

TITLE-ABS-KEY (cauliflower AND by-products)

Edit Save Set alert Set feed

Search within results...

Documents Secondary documents Patents View Mendeley Data (303)

Analyze search results Show all abstracts Sort on: Date (newest)

Limit to Exclude

Access type Open Access (4)

Document title	Authors	Year	Source	Cited by
1 Studies on reclamation of crude oil polluted soil by biosurfactant producing <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (DKB1)	Deivakumari, M., Saniivkumar, M., <i>et al.</i>	2020	Biocatalysis and Agricultural Biotechnology	0

Per entrambe le ricerche gli studi si sono concentrati sulle seguenti classi di utilizzo degli scarti: formulazione alimentare, mangimi per animali, fertilizzanti, farmaceutici e altri.

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

4.1 Ricerca bibliografica sull'utilizzo di scarti di broccolo

La ricerca bibliografica condotta sul database Scopus con le parole chiavi “broccoli” e “by-products” ha prodotto 49 risultati, di cui 37 articoli scientifici sono stati inclusi nell'analisi bibliografica e classificati per tipologia di impiego per valorizzare gli scarti di broccolo. Come mostrato in Figura 9, gli studi si sono concentrati sulle seguenti classi di utilizzo degli scarti: formulazione alimentare, mangimi per animali, fertilizzanti, farmaceutici e altri. Dalla Figura si evince che l'interesse per lo studio degli scarti derivanti dai broccoli della comunità scientifica è aumentata negli anni, si denota infatti un trend crescente di articoli per anno. Nel 2018 e 2020 si è registrato il maggior numero di pubblicazioni, con un totale di 12. La principale applicazione degli scarti di broccolo risulta essere nella formulazione di alimenti utilizzando gli scarti come ingredienti. Di conseguenza anche le applicazioni per mangimi per animali sono cresciute, ma con un trend inferiore degli alimenti. Alcuni studi si sono concentrati anche per sviluppi di farmaceutici, invece i fertilizzanti a base di scarto di broccoli non hanno avuto interesse.

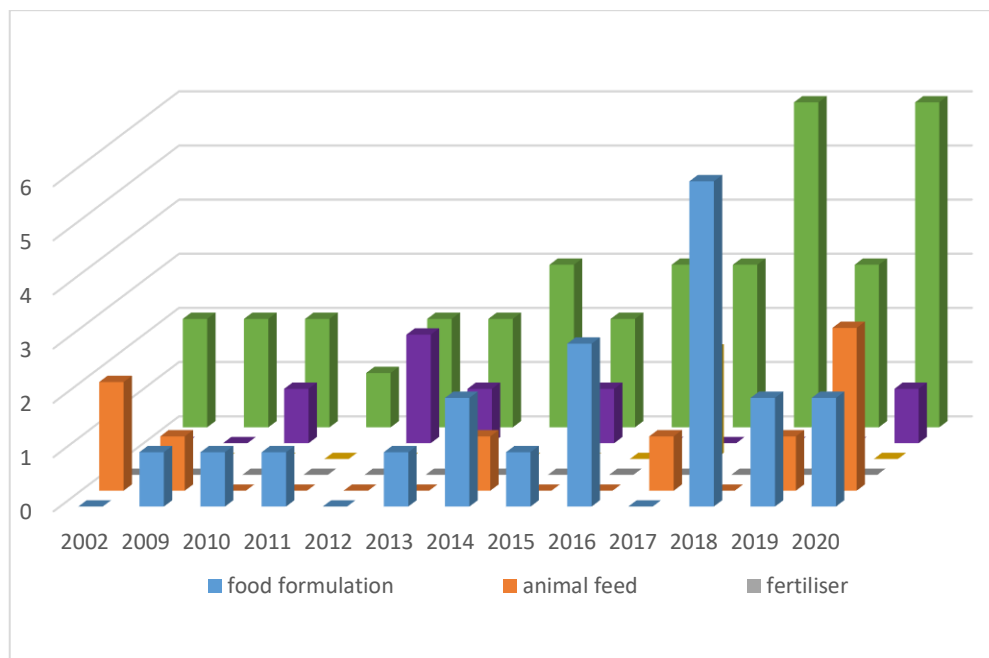


Figura 9. Articoli pubblicati riguardanti gli scarti di broccoli (37) dal 2002 al 2020 dalla ricerca bibliografica sul database Scopus del 19/09/2020 con parola chiave «broccoli» e «by-products».

4.2 Ricerca bibliografica utilizzo di scarti di cavolfiore

La ricerca bibliografica condotta sul database Scopus con le parole chiavi “cauliflower” e “by-products” ha prodotto 49 risultati, di cui 36 articoli scientifici sono stati inclusi nell’analisi bibliografica e classificati per tipologia di impiego per valorizzare gli scarti di cavolfiore. Come mostrato in Figura 10, gli studi si sono concentrati sulle seguenti classi di utilizzo degli scarti: formulazione alimentare, mangimi per animali, fertilizzanti, farmaceutici e altri. Dalla Figura si evince che l’interesse per lo studio degli scarti derivanti dai cavolfiori della comunità scientifica è aumentata negli anni che vanno dal 2012 al 2017, per poi riabbassarsi fino al 2020. In particolare il 2016 è stato l’anno con il maggior numero di pubblicazioni (16). La principale applicazione degli scarti di cavolfiore risulta essere nella formulazione di alimenti utilizzando gli scarti come ingredienti, ma interessanti sono anche i dati dei farmaceutici, anche se con un trend inferiore degli alimenti. Alcuni studi si sono concentrati anche sui mangimi per animali, invece i fertilizzanti a base di cavolfiore hanno avuto poco interesse.

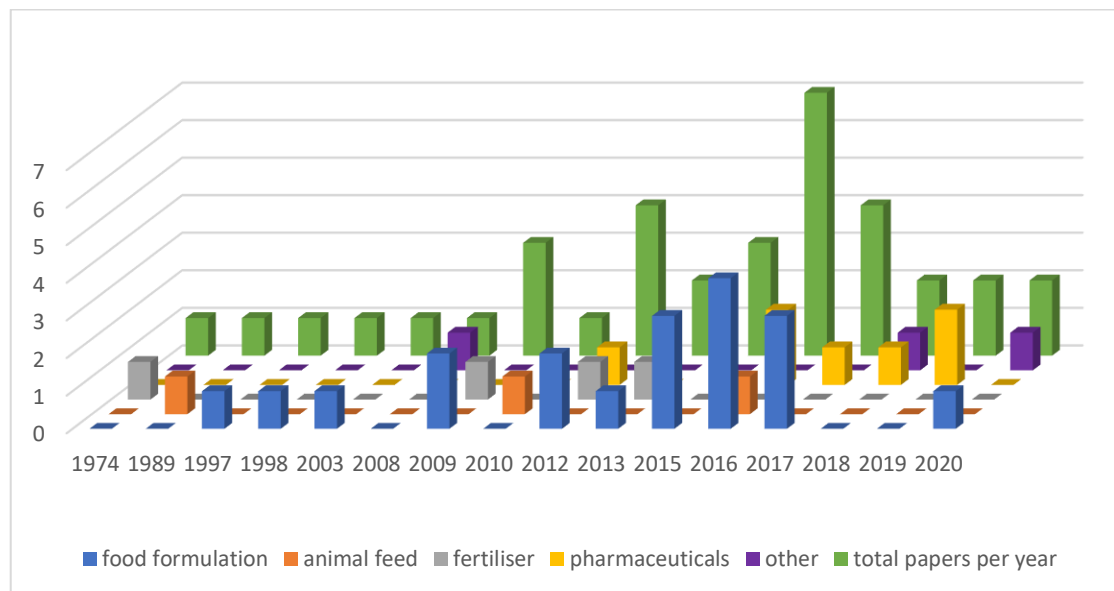


Figura 10. Articoli pubblicati riguardanti gli scarti di cavolfiore (36) dal 1974 al 2020 dalla ricerca bibliografica sul database Scopus del 19/09/2020 con parola chiave “cauliflower” e “by-products”.

NOME AUTORE E ANNO	SCOPO
Scarti broccoli	
Shi, M. et al., 2020	protezione and co-delivery of epigallocatechina in olio di tonno
Angiolillo, L. et al., 2019	aumentare la shelf-life della pasta fresca ripiena
Krupa-Kozak, U. et al., 2019	migliorare l'attrattiva e l'appetibilità del pan di spagna senza glutine
Drabi'sska, N. et al., 2018	migliorare il potenziale nutraceutico di tortine senza glutine
Yi, X.W. et al., 2015	effetti sulle prestazioni di allattamento nelle vacche da latte
Alvarez-Jubete, L. et al., 2014	sviluppo di una nuova zuppa funzionale ricca di sulforafani
Dominguez-Perles, R. et al., 2011	bevanda di tè verde ed estratti di scarto di broccoli
Scarti cavolfiore	
Sanz-Puig, M. et al., 2017	effetto antimicrobico contro S.Typhimurium
Huynh, N. T. et al., 2014	migliore resa di estrazione assistita da enzimi
Ng, S.K. Et al., 2011	disidratare gli sprechi alimentari per potenziale ri-utilizzo
Zykwinska, A. et al., 2008	estrazione di pectine con etichetta verde
Llorach, R. et al., 2005	funzionalizzazione e aumento della capacità antiossidante della zuppa di pollo
Llorach, R. et al., 2003	fonte di fenolici antiossidanti come ingredienti per funzionalizzare gli alimenti
Larrosa, M. et al., 2002	funzionalizzare' il succo di pomodoro, aumento attività antiossidante
Abul-Fadl, M. M. 2012	modifica della qualità di salsiccia di manzo
Amofa-Diatuo, T. et al., 2017	sviluppo di succo di mela funzionale
Caliceti, C. et al., 2019	miglioramento della vitalità delle cellule endoteliali vascolari umane
Dominguez-Perles, R. et al., 2010	prodotti con valore funzionale
Montone, C. M. et al., 2018	caratterizzazione di antiossidanti e conversione di enzima inibitorio
Sanz-Puig, M. et al., 2015	effetto antimicrobico contro L.monocytogenes
Sanz-Puig, M. et al., 2015	effetto antimicrobico su patogeni
San-Puig, M. et al., 2016	effetto antimicrobico combinato con PEF contro S.Typhimurium
Soengas, P. et al., 2012	prodotti con alta attività antiossidante
Stojceska 2008	snack a base di cereali come prodotto funzionale

Tabella 4. Articoli classificati in funzione delle categorie scelte: scopo d'uso, modo d'uso, molecola bioattiva analizzata.

Solo gli articoli che parlano di food sono stati scelti per la tabella e sono stati classificati in funzione delle categorie scelte: scopo d'uso, modo d'uso e molecola bioattiva analizzata.

4.3 Scopo d'uso degli scarti di broccolo/cavolfiore

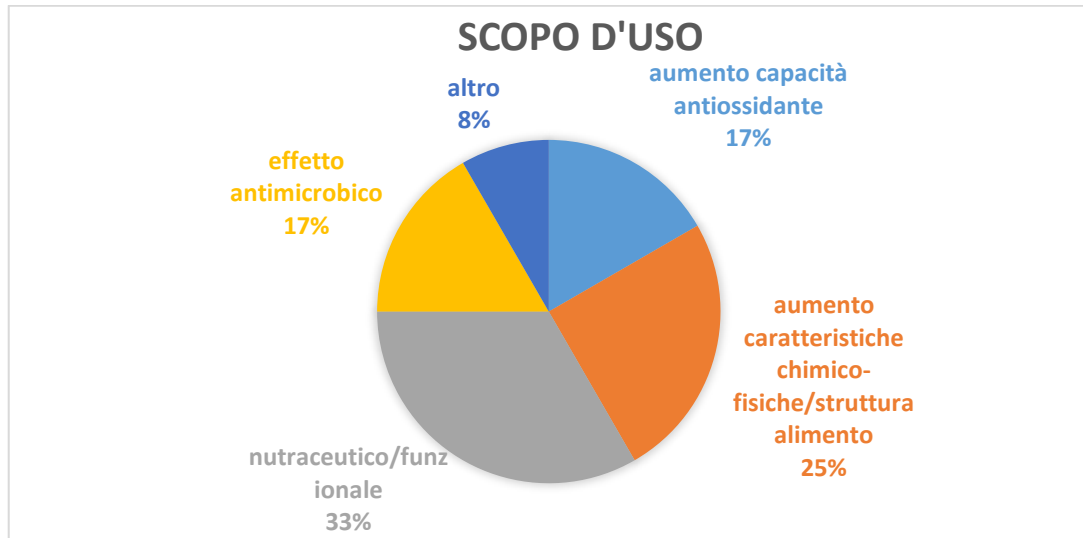


Grafico 1. Scopo d'uso

Per quanto riguarda lo scopo d'uso, come si nota dal Grafico 1, due sono le principali caratterizzazioni riguardanti l'uso degli scarti alimentari: quelli usati a scopo nutraceutico o funzionale e quelli che vanno ad aumentare la qualità delle caratteristiche chimico-fisiche oppure la struttura dell'alimento. Delle prime fanno parte il 33% degli articoli analizzati; ad esempio Drabi'sska et al. (2018) aggiungendo polvere di foglie di broccolo all'impasto di tortine senza glutine, riescono a creare un prodotto molto ricercato da persone affette da celiachia senza però aumentare eccessivamente i costi di produzione. Alvarez-Jubete et al. (2014) riportano lo sviluppo di una zuppa funzionale, creata dalla miscelazione di una zuppa secca con polvere di foglie di broccolo, il cui prodotto finale offre una vasta gamma di sulforafani, ottime sostanze contro lo sviluppo di tumori. Larrosa et al. (2002) affermano inoltre la funzionalizzazione del succo di pomodoro, aggiungendo al succo centrifugato scarti di cavolfiore, andandone ad aumentare anche la sua attività antiossidante, grazie alle molteplici quantità di polifenoli contenuti nelle crucifere. Passando alla caratterizzazione secondo la quale vengono migliorate le caratteristiche chimico-fisiche e la struttura dell'alimento (25%), interessante è l'articolo di Zykwinska et al. (2008), i quali parlano di estrazione di pectine con etichetta verde. Tali pectine infatti sono state isolate da diversi prodotti vegetali, tra cui fiori e foglie di cavolfiore. In particolare sono state estratte utilizzando proteasi e cellule in grado di agire sulle proteine e sulla cellulosa presenti nelle pareti cellulari. Questo fa sì che ci sia una

considerevole riduzione di scarti generati da industrie alimentari. Sempre di modifica della qualità di un alimento parlano Abul-Fadl et al. (2012), in questo caso della salsiccia di manzo; aggiungendo quindi farina fiori di cavolfiore bianco liofilizzata alla carne di manzo ne aumentano in maniera netta la qualità grazie ai componenti bioattivi presenti nel vegetale: primi fra tutti i flavonoidi e i glucosinolati. Anche altre 2 caratterizzazioni vengono spesso citate negli articoli e sono quella dell'aumento della capacità antiossidante e l'effetto antimicrobico, entrambe al 17% del totale. La capacità antiossidante, data quasi completamente dalla presenza di polifenoli all'interno delle verdure crucifere, viene trattata da Llorach et al. (2005), che parlano della funzionalizzazione di zuppa di pollo, alla quale vengono aggiunti estratti di sotto-prodotti di cavolfiore in diverse concentrazioni. Sono stati poi identificati composti fenolici tra cui l'acido caffeico e l'acido clorogenico, e l'attività di scavenging dei radicali liberi e la capacità di riduzione ferrica sono stati utilizzati per valutare appunto la capacità antiossidante della zuppa. L'effetto antimicrobico è stato invece studiato su diversi patogeni come *L. monocytogenes* o *S. Typhimurium*; anche se non da molto tempo questo tipo di scopo viene studiato, la capacità battericida osservata del prodotto di cavolfiore contro vari patogeni si ipotizza sia dovuta all'effetto del suo alto contenuto di polifenoli.

4.4 Modo d'uso degli scarti di broccolo/cavolfiore

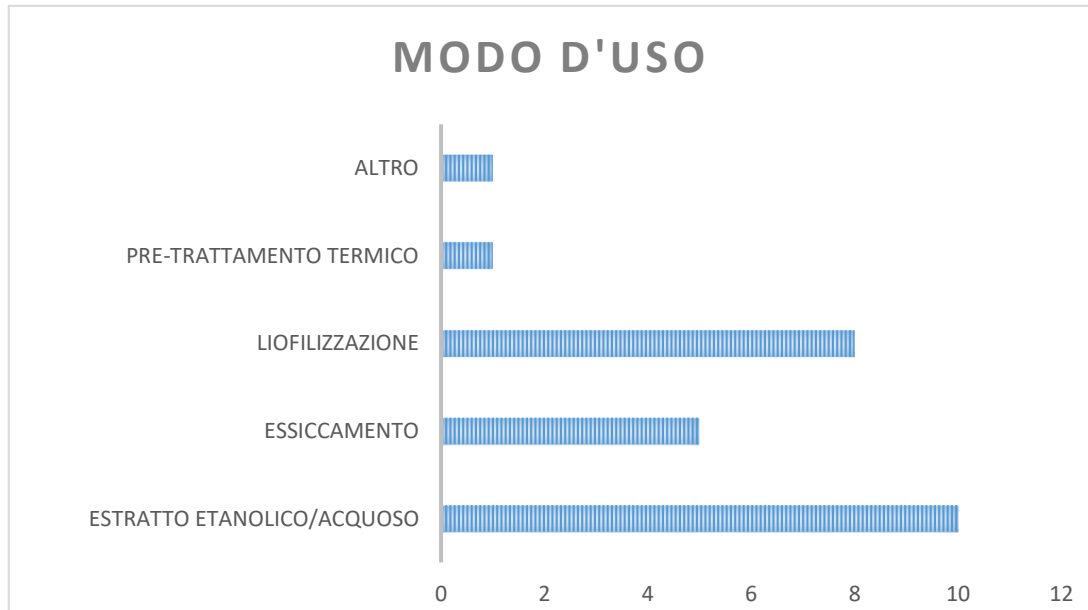


Grafico 2. Modo d'uso

Notiamo che, come riportato nel Grafico 2, il modo d'uso più frequente (quasi la metà) negli articoli analizzati è quello d'estrazione, che sia essa etanolica o acquosa. Andando nel particolare, l'estratto etanolico viene utilizzato in fase supercritica nell'aumento della shelf-life della pasta fresca ripiena, dove poi è ridisciolto in acqua (Angiolillo et al., 2019); viene inoltre citato per azione antimicrobica contro i patogeni (Sanz-Puig et al., 2015); passando poi all'estratto acquoso, questo è utilizzato in infusione nella preparazione di tè verde (Dominguez-Perles et al., 2011) e per la funzionalizzazione del succo di pomodoro (Larrosa et al., 2002). Subito dopo si trova la liofilizzazione, che viene utilizzata poiché riduce i tempi di lavoro e offre bassi costi: nell'articolo di Alvarez-Jubete et al. (2014) vengono usati fiori e steli liofilizzati per lo sviluppo di una zuppa funzionale; Abul-Fadl et al. (2012) riportano questa tecnica per creare farina di fiori per la modifica della qualità della salsiccia di manzo; infine viene riportata da Stojceska et al. (2008) farina liofilizzata per la preparazione di snack a base di cereali come prodotto funzionale. Altro modo d'uso è l'essiccamento, meno impiegato rispetto alla liofilizzazione, poiché ne conseguono maggiori costi. Ad esempio polvere di foglie tramite essiccamento per migliorare l'attrattiva e l'appetibilità del pan di spagna senza glutine (Krupa-Kozak et al., 2019) o anche cimette e foglie essiccate per l'estrazione di pectine con etichetta verde (Zykwinska et al., 2008). In ultimo vengono registrati, perché poco utilizzati, pre-trattamenti termici.

4.4 Molecole bioattive analizzate degli scarti di broccolo/cavolfiore

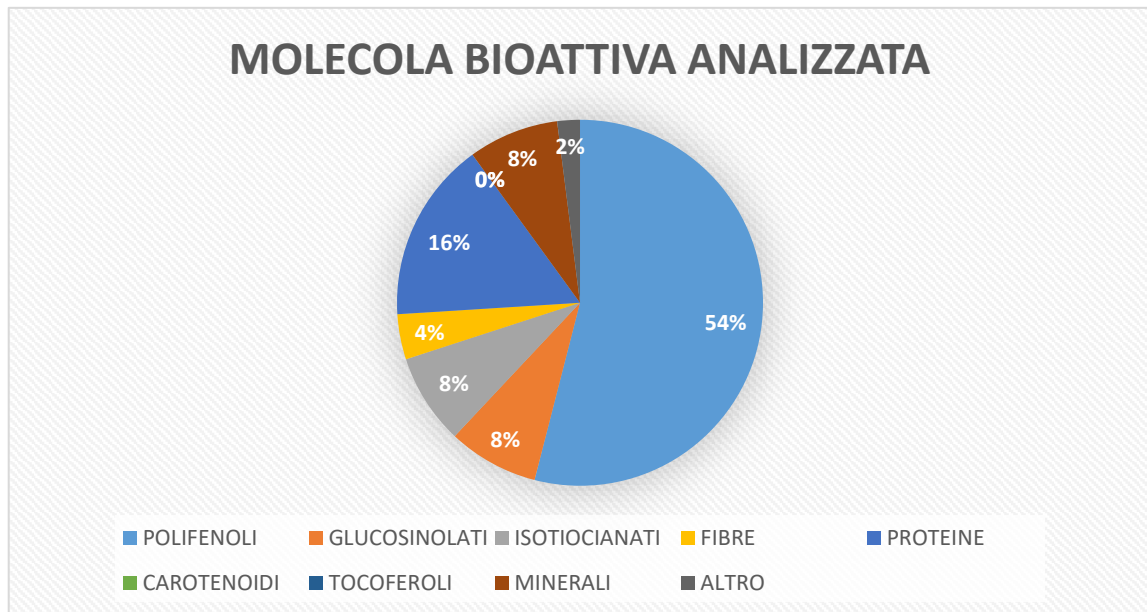


Grafico 3. Molecole bioattive analizzate

Dal grafico 3 si evince che i polifenoli rappresentano i componenti bioattivi più studiati ed analizzati negli articoli pubblicati (54%). Questo è dato dalle varie proprietà che possiedono tali sostanze, prima fra tutte quella antiossidante (<https://www.ideegreen.it/polifenoli-105615.html>). Ne parlano infatti Angiolillo et al. (2019) nell'aumento della shelf-life di pasta fresca ripiena o Dominguez-Perles et al. (2011) per la creazione di tè verde a base di estratto di broccolo; Llorach et al. (2005) li citano come sostanze importanti nella zuppa di pollo e Larrosa et al. (2002) per l'aumento dell'attività antiossidante nel succo di pomodoro. Non meno importanti sono le proteine, citate ad esempio da Drabi'sska et al. (2018) nel loro articolo con lo scopo di migliorare il potenziale nutraceutico di tortine senza glutine. Passando a glucosinolati ed isotiocianati (entrambi 8%), Abul-Fadl et al. (2012) parlano dei primi nella modifica di qualità della salsiccia di manzo, mentre Alvarez-Jubete et al. (2014) citano i secondi in una zuppa funzionale ricca di sulforafani, che oltre agli effetti antiossidanti e antinfiammatori, sono in grado di inibire la crescita delle cellule cancerose. (<https://www.artoi.it/sulforafano/>). Minerali e fibre vengono meno trattati, mentre non sono stati riscontrati negli articoli tocoferoli e carotenoidi.

5. CONCLUSIONI

La ricerca bibliografica condotta sul database Scopus ha mostrato che sono presenti diversi articoli interessanti che valorizzano gli scarti di broccolo e cavolfiore. Notevoli quelli che migliorano il potenziale nutraceutico o funzionale di alimenti già esistenti: il 33% di tutti gli articoli analizzati ha come scopo d'uso queste caratterizzazioni. Si nota anche che abbastanza rilevanti sono l'aumento della qualità delle caratteristiche chimico-fisiche dell'alimento (25%) e quello dell'attività antiossidante e l'effetto antimicrobico (entrambi 17%) contro patogeni. Riguardo alle modalità d'uso quasi il 50% utilizzano estratti di tipo etanologico/acquoso, meno usate invece le tecniche di liofilizzazione o essiccamento. Delle molecole bioattive presenti all'interno degli scarti, le più trattate sono i polifenoli, rappresentanti il 54% del totale. In conclusione, gli scarti di cavolfiore e broccolo rappresentano un'ottima risorsa: negli ultimi anni si tende ad usare scarti di vegetali soprattutto per creare nuovi cibi edibili o comunque per andare a migliorare la qualità e la funzionalità di cibi già esistenti, oltre che la struttura dell'alimento e la sua capacità antiossidante.

6. BIBLIOGRAFIA

- Shi, M., Ying, D. Y., Ye, J. H., Sanguansri, L., & Augustin, M. A. (2020). Broccoli byproducts for protection and co-delivery of EGCG and tuna oil. *Food Chemistry*, 326, 126963.
- Angiolillo, L., Spinelli, S., Conte, A., & Del Nobile, M. A. (2019). Extract from broccoli byproducts to increase fresh filled pasta shelf life. *Foods*, 8(12), 2020.
- Krupa-Kozak, U., Drabińska, N., Rosell, C. M., Fadda, C., Anders, A., Jeliński, T., & Ostaszyk, A. (2019). Broccoli leaf powder as an attractive by-product ingredient: effect on batter behaviour, technological properties and sensory quality of gluten-free mini sponge cake. *International Journal of Food Science and Technology*, 54(4), 1121–1129.
- Drabińska, N., Ciska, E., Szymatowicz, B., & Krupa-Kozak, U. (2018). Broccoli by-products improve the nutraceutical potential of gluten-free mini sponge cakes. *Food Chemistry*, 267, 170–177.
- Yi, X. W., Yang, F., Liu, J. X., & Wang, J. K. (2015). Effects of replacement of concentrate mixture by broccoli byproducts on lactating performance in dairy cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(10), 1449–1453.
- Alvarez-Jubete, L., Valverde, J., Kehoe, K., Reilly, K., Rai, D. K., & Barry-Ryan, C. (2014). Development of a Novel Functional Soup Rich in Bioactive Sulforaphane Using Broccoli (*Brassica oleracea* L. ssp. *italica*) Florets and Byproducts. *Food and Bioprocess Technology*, 7(5), 1310–1321.
- Dominguez-Perles, R., Moreno, D. A., Carvajal, M., & Garcia-Viguera, C. (2011). Composition and antioxidant capacity of a novel beverage produced with green tea and minimally-processed byproducts of broccoli. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12(3), 361–368.
- Sanz-Puig, M., Moreno, P., Pina-Pérez, M. C., Rodrigo, D., & Martínez, A. (2017). Combined effect of high hydrostatic pressure (HHP) and antimicrobial from agro-industrial by-products against *S. Typhimurium*. *Lwt*, 77, 126–133.
- Huynh, N. T., Smaghe, G., Gonzales, G. B., Van Camp, J., & Raes, K. (2014). Enzyme-assisted extraction enhancing the phenolic release from cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*) outer leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(30), 7468–7476.
- Ng, S. K., Plunkett, A., Stojceska, V., Ainsworth, P., Lamont-Black, J., Hall, J., White, C., Glendenning, S., & Russell, D. (2011). Electro-kinetic technology as a low-cost method for dewatering food by-product. *Drying Technology*, 29(14), 1721–1728.

- Zykwinska, A., Boiffard, M. H., Kontkanen, H., Buchert, J., Thibault, J. F., & Bonnin, E. (2008). Extraction of green labeled pectins and pectic oligosaccharides from plant byproducts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *56*(19), 8926–8935.
- Llorach, R., Tomás-Barberán, F. A., & Ferreres, F. (2005). Functionalisation of commercial chicken soup with enriched polyphenol extract from vegetable by-products. *European Food Research and Technology*, *220*(1), 31–36.
- Llorach, R., Espín, J. C., Tomás-Barberán, F. A., & Ferreres, F. (2003). Valorization of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) by-products as a source of antioxidant phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *51*(8), 2181–2187.
- Larrosa, M., Llorach, R., Espín, J. C., & Tomás-Barberán, F. A. (2002). Increase of antioxidant activity of tomato juice upon functionalisation with vegetable byproduct extracts. *LWT - Food Science and Technology*, *35*(6), 532–542.
- Abul-Fadl, M. M. (2012). Nutritional and chemical evaluation of white cauliflower by-products flour and the effect of its addition on beef sausage quality. *Journal of Applied Sciences Research*, *8*(2), 693–704.
- Amofa-Diatuo, T., Anang, D. M., Barba, F. J., & Tiwari, B. K. (2017). Development of new apple beverages rich in isothiocyanates by using extracts obtained from ultrasound-treated cauliflower by-products: Evaluation of physical properties and consumer acceptance. *Journal of Food Composition and Analysis*, *61*, 73–81.
- Caliceti, C., Capriotti, A. L., Calabria, D., Bonvicini, F., Zenezini Chiozzi, R., Montone, C. M., ... Roda, A. (2019). Peptides from Cauliflower By-Products, Obtained by an Efficient, Ecosustainable, and Semi-Industrial Method, Exert Protective Effects on Endothelial Function. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, *2019*, 1–13.
- Domínguez-Perles, R., Martínez-Ballesta, M. C., Carvajal, M., García-Viguera, C., & Moreno, D. A. (2010). Broccoli-Derived By-Products-A Promising Source of Bioactive Ingredients. *Journal of Food Science*, *75*(4), C383–C392.
- Montone, C. M., Capriotti, A. L., Cavaliere, C., La Barbera, G., Piovesana, S., Zenezini Chiozzi, R., & Laganà, A. (2018). Characterization of antioxidant and angiotensin-converting enzyme inhibitory peptides derived from cauliflower by-products by multidimensional liquid chromatography and bioinformatics. *Journal of Functional Foods*, *44*, 40–47.
- Sanz-Puig, M., Pina-Pérez, M. C., Rodrigo, D., & Martínez-López, A. (2015). Antimicrobial activity of cauliflower (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) by-product against *Listeria monocytogenes*. *Food Control*, *50*, 435–440.

- Sanz-Puig, M., Pina-Pérez, M. C., Saenz, J., Marañón, I., Rodrigo, D., & Martínez-López, A. (2015). Effect of polyphenol content on the antimicrobial activity of natural extracts from agro-industrial by-products.
- Sanz-Puig, M., Santos-Carvalho, L., Cunha, L. M., Pina-Pérez, M. C., Martínez, A., & Rodrigo, D. (2016). Effect of pulsed electric fields (PEF) combined with natural antimicrobial by-products against *S. Typhimurium*. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 37, 322–328.
- Soengas, P., Cartea, M. E., Francisco, M., Sotelo, T., & Velasco, P. (2012). New insights into antioxidant activity of Brassica crops. *Food Chemistry*, 134(2), 725–733.
- Stojceska, V., Ainsworth, P., Plunkett, A., İbanoğlu, E., & İbanoğlu, Ş. (2008). Cauliflower by-products as a new source of dietary fibre, antioxidants and proteins in cereal based ready-to-eat expanded snacks. *Journal of Food Engineering*, 87(4), 554–563.

7. SITOGRAFIA

<http://www.fao.org/news/story/it/item/196466/icode/>

<https://www.lerosa.it/ambiente/economia-circolare/spreco-alimentare-cause-impatto-e-possibili-soluzioni/>

<https://festamaurizio.it/spreco-cibo-linchiesta-dati-della-fao>

<https://www.ohga.it/lotta-allo-spreco-alimentare-le-proprietà-nutrizionali-degli-scarti/>

<https://www.mark-up.it/cibo-dagli-scarti-leconomia-e-circolare/>

<http://www.agribionotizie.it/cavolfiore/>

<https://www.greenme.it/mangiare/altri-alimenti/broccoli-proprietà-benefici/>

<https://www.my-personaltrainer.it/integratori/glucosinolati-isotiocianati.html>

<https://www.giovannapitotti.it/articoli/componenti-bioattivi-degli-alimenti/>

<https://www.ideegreen.it/polifenoli-105615.html>

<https://www.misya.info/ingrediente/cavolo-rosso>

<https://www.my-personaltrainer.it/nutrizione/fibre-alimentari.html>

<https://www.ilgiardinodellemeraviglie.it/it/cavolfiore-arancione.html>

<https://www.artoi.it/sulforafano/>

<https://www.cure-naturali.it/enciclopedia-naturale/alimentazione/nutrizione/alimenti-funzionali.html>