L'INFORMAZIONE PROFESSIONALE
PER LA PASTA FRESCA E SECCA

Pasta & Pastai

ANNO XXVII
189
GIUGNO/LUGLIO 2021

Pasta addizionata con acidi grassi Omega 3

Sostenibilità ambientale di due filiere di produzione della pasta

Prosegue la crescita dei distretti agro-alimentari italiani

ISSN 1824-9523

Edizioni Avenue media®

La sostenibilità ambientale della pasta

di **Alessio Cappelli**[1], **Lucia Recchia**[2], **Enrico Cini**[1], **Francesco Garbati Pegna**[1], **Paolo Boncinelli**[1]
[1]Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI), Università degli Studi di Firenze
[2]Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione e dell'Informazione, Università degli Studi Guglielmo Marconi, Roma

Un approccio integrato per confrontare filiere locali e globali

Secondo i dati pubblicati da Italmopa, nel 2020 in Italia sono state trasformate 6.300.000 tonnellate di frumento duro per produrre 3.855.000 tonnellate di paste alimentari(1), che confermano la leadership a livello mondiale del nostro Paese nella produzione di pasta(1). Le grandi società, di solito, acquistano il grano duro sul mercato internazionale delle materie prime, di cui Canada e Messico sono i maggiori player. In Italia, invece, i produttori di pasta utilizzano preferibilmente grano duro proveniente dal mercato nazionale, integrando le forniture con prodotti importati soprattutto da Francia, Stati Uniti e Australia(1-7). Di conseguenza, l'impatto ambientale di questo settore produttivo può essere significativo e ciò ha spinto le principali aziende a valutare l'impronta ambientale delle loro produzioni attraverso la Valutazione del Ciclo di Vita (LCA) e, in alcuni casi, anche con la Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD), in accordo con le normative vigenti. Le ragioni a sostegno di questa scelta sono legate *in primis* alla crescente attenzione dei consumatori in materia d'impatto della produzione (alimentare e non solo) sull'ambiente. Inoltre, il rinnovato interesse dei consumatori per i grani antichi ha promosso un considerevole aumento della loro coltivazione, ampliando così il numero di prodotti offerti dall'industria alimentare(8). La riscoperta dei grani antichi ha contribuito anche alla salvaguardia della biodiversità e allo sviluppo di una microeconomia locale, che permette ai piccoli produttori di aumentare i profitti (8).

La politica di protezione del pianeta ha indotto molte organizzazioni nazionali e internazionali a soste-

nere strategie di sviluppo, produzione e consumo sostenibili, alle quali i produttori più piccoli hanno maggiore difficoltà ad accedere. Di conseguenza, sono pochi i dati disponibili relativamente all'impatto delle produzioni artigianali di pasta secca. Inoltre, i sistemi di produzione alimentare hanno forti specificità nazionali. Bevilacqua *et al.* (2007)[9] hanno identificato le seguenti fasi del ciclo di vita nella produzione della pasta: coltivazione del grano duro; macinazione del grano duro per ottenere la semola; produzione e confezionamento della pasta; trasporto e distribuzione; consumo domestico; smaltimento dei rifiuti e dei pallet. Queste fasi sono citate e quantificate anche nel Sistema Internazionale EPD per i produttori di pasta industriale.

Obiettivi dello studio

In questo articolo, già pubblicato sulla rivista internazionale Resources [10], è stata valutata la sostenibilità ambientale di due diverse filiere di produzione di pasta; la prima riguarda la produzione di "pasta di alta qualità" realizzata seguendo processi di produzione tradizionali in un'azienda agricola toscana che utilizza solo varietà di grani antichi (indicata di seguito come "scenario locale"); la seconda, invece, fa riferimento a una filiera di produzione di "pasta convenzionale" che utilizza semola di frumento nazionale e/o internazionale seguendo processi industriali (di seguito indicata come "scenario globale"). In particolare, gli obiettivi di questo studio sono di confrontare le due filiere in termini d'impatto ambientale lungo l'intero processo produttivo e di suggerire specifiche strategie di miglioramento.

Materiali e metodi

Per raggiungere i suddetti obiettivi è stata sviluppata una metodologia integrata: sono stati presi in considerazione una serie di indicatori quantitativi e qualitativi per analizzare le diverse caratteristiche dei due sistemi produttivi e il loro impatto ambientale.

Diversi progetti europei sulla produzione di biocarburanti adottano una metodologia simile che integra la valutazione degli impatti locali con l'LCA, non solo per la fase agricola ma anche per quella logistica e industriale, fornendo così una valutazione ambientale completa[11-13]. Il presente studio ha preso in considerazione 5 diversi comparti ambientali (suolo, acqua, aria, risorse naturali, cambiamenti climatici) e un totale di 10 pressioni ambientali, come illustrato in **Figura 1**.

Per ognuno sono stati definiti indicatori specifici con l'obiettivo di valutare le conseguenze locali e globali dei processi produttivi (**Tabella 1**).

Gli indicatori sono stati valutati per ciascuno degli scenari proposti in modo da confrontarli in termini di performance rispetto alle pressioni ambientali. A ciascuna performance è stato possibile assegnare tre valori: un valore di 2 (prestazione peggiore - in rosso), di 1 (prestazione equivalente - in giallo) o di 0 (prestazione migliore - in verde). Inoltre, sommando tutti i valori riportati in Tabella 1 è stato possibile ottenere un risultato totale per i due scenari dove più alto è il punteggio più bassa è la performance corrispondente. Insieme alla valutazione riportata in Tabella 1, è stata effettuata un'analisi LCA di tipo comparativo con l'obiettivo di valutare le pressioni globali causate dai processi produttivi, evidenziando le principali differenze tra i due scenari. L'analisi LCA è stata realizzata secondo lo standard ISO 14040[14, 15] con approccio "from cradle to grave", modellando la filiera produttiva attraverso il software Gemis® versione 4.95 (IINAS GmbH, Darmstadt, Germania). Inoltre, lo strumento di calcolo dei gas serra Biograce® versione 4d (IFEU GmbH, Heidelberg, Germania) è stato impiegato per calcolare le emissioni di N_2O legate all'uso di fertilizzanti. Nello specifico, sono stati valutati:

- gli effetti sul riscaldamento globale quantificando le emissioni (in CO_2 equivalenti) di anidride carbonica (CO_2), metano (CH_4) e protossido di azoto (N_2O), utilizzando il Global Warming Potential (GWP 100);
- il consumo di energia primaria utilizzando il Cumulated Energy Requirement (CER), che rappresenta l'energia fossile necessaria per l'estrazione, la produzione e lo smaltimento di materie prime e ausiliarie;
- il Cumulated Material Requirement (CMR) considerando tutte le materie prime non rinnovabili utilizzate durante l'intero ciclo di vita;
- l'indice di eutrofizzazione (EI) considerando la lisciviazione dei nutrienti nelle acque superficiali e sotterranee.

Confini del sistema, scelta dell'unità funzionale e raccolta dei dati

Per entrambe le filiere di produzione della pasta qui analizzate, sono state considerate le seguenti operazioni unitarie: coltivazione del grano duro, post-raccolta e trasporto al mulino; macinazione del grano duro per ottenere la semola; produzione e confezionamento della pasta; trasporti, cottura domestica e gestione dei rifiuti. I consumi domestici re-

Figura 1

Comparti e pressioni ambientali investigate

A) SUOLO	B) ACQUA	C) ARIA	D) RISORSE	E) CLIMATE CHANGE
A1) Uso del suolo	B4) Inquinamento	C6) Inquinamento	D8) Agrobiodiversità	E10) Cambiamento climatico
A2) Inquinamento	B5) Estrazione o deviazione	C7) Rumore	D9) Risorse non rinnovabili	
A3) Degradazione				

Tabella 1

Indicatori utilizzati per la Environmental Impact Analysis (EIAN) e per il Life Cycle Assessment (LCA)

Comparto investigato	Pressione ambientale	Scenario Locale (EIAN)	Scenario Globale (LCA)
1) Fase agricola			
	A1	Resa media	-
	A2, B4	Prodotti chimici (tipologia e quantità)	-
Scelta della coltura	B5	Water Use Efficiency (WUE)	CMR
	D8	Uso di varietà autoctone	-
	A3	Livello di meccanizzazione	-
Gestione del suolo	D9	Consumo di combustibile	CER, CMR
	E10	-	Emissioni (CO_2 equivalenti)
	B4	Fertilizzanti (topologia e quantità)	Eutrofizzazione
Uso di fertilizzanti	D9	Quantità di fertilizzanti	CER, CMR
	E10	-	Emissioni (CO_2 equivalenti)
	A2, B4,D8	Indice di rischio pesticidi	Eutrofizzazione
	B5	Volume dell'acqua di diluizione	CMR
Uso di pesticidi	D9	Pesticidi (tipologia e quantità)	CER, CMR
	E10	-	Emissioni (CO_2 equivalenti)
2) Fase di produzione della pasta			
	B5	Consumo d'acqua	CMR
	C7	Livello tecnologico di macchine, impianti e attrezzature	-
	D9	Consumo di energia elettrica	CER, CMR
	E10	-	Emissioni (CO_2 equivalenti)
3) Fase di trasporto			
	C6	Livello di ottimizzazione della logistica	-
Trasporto di frumento, semola e pasta	C7	Tipologia di trasporto	-
	D9	Consumo di carburante	CER, CMR
	E10		Emissioni (CO_2 equivalenti)
4) Fase di cottura della pasta			
	D9	Consumo di energia	CER, CMR
Cottura domestica	B5	Volume dell'acqua di cottura	CMR
	E10	-	Emissioni (CO_2 equivalenti

lativi alla cottura della pasta sono stati determinati sperimentalmente per la "pasta di alta qualità", mentre per la pasta convenzionale sono state utilizzate delle stime (fonte: EPD). Per quanto concerne i confini del sistema, sono stati esclusi dall'analisi degli impatti ambientali: i materiali necessari per la costruzione e la manutenzione di macchine e attrezzature; i materiali da costruzione per gli edifici e le macchine agricole; il trasporto associato ai fertilizzanti e agli altri prodotti agrochimici consegnati alle aziende; i trattamenti di depurazione delle acque reflue degli impianti di produzione; i consumi di energia e risorse dovuti alle attività amministrative; e il consumo di inchiostro per il packaging del prodotto.

L'unità funzionale (UF) scelta in questo studio è stata 1 kg di pasta secca. Per quanto riguarda la modalità di raccolta dei dati di inventario, i due scenari presentano delle differenze. Per lo scenario locale, i dati sperimentali necessari per l'inventario sono stati raccolti nelle tre aziende che costituiscono la filiera produttiva: l'Azienda Agricola Montepaldi (San Casciano in Val di Pesa, Fi) per la coltivazione del grano; il Molino Silvestri (Torgiano, Pg) per la macinazione del grano; il Pastificio Artigianale Fabbri (Strada in Chianti, Fi) per la produzione della pasta. I dati utilizzati per lo scenario locale si riferiscono a quelli medi relativi agli anni dal 2012 al 2015. Per lo scenario globale, invece, i dati sono stati ottenuti dalla media dei valori riportati negli EPD di un noto brand che commercializza la sua pasta secca a livello internazionale. I risultati sono riassunti in **Tabella 2** e in **Figura 2**. Considerando gli input di fertilizzazione, la produzione di grano moderno (per lo scenario globale) richiede quasi due volte l'azoto normalmente utilizzato nella coltivazione delle varietà antiche. Infatti, i risultati mostrano chiaramente che, per la fase agricola, lo scenario locale ottiene una migliore performance grazie a un minor livello di meccanizzazione e a un minor consumo di carburante, fertilizzanti e pesticidi. Tuttavia, lo scenario globale richiede un volume d'acqua inferiore, poiché la coltivazione di cultivar moderne è caratterizzata da una maggiore WUE e sfrutta irroratrici più efficienti che consen-

La produzione di grano moderno richiede quasi due volte l'azoto utilizzato per le varietà antiche

tono di utilizzare volumi d'acqua inferiori. Per quanto concerne la fase di produzione della pasta, sono state rilevate differenze significative; in particolare, il consumo d'acqua è risultato più elevato per lo scenario locale che necessita di un volume d'acqua maggiore per la produzione della pasta (principalmente per il lavaggio di macchinari e attrezzature). Al contrario, il volume d'acqua utilizzato per la pulizia è notevolmente ridotto nello scenario globale, grazie alla maggiore quantità di pasta prodotta (migliore economia di scala) e per il maggiore avanzamento tecnologico dei sistemi di pulizia che consentono di ridurre al minimo i consumi d'acqua. In merito alla fase di trasporto, lo scenario locale è risultato meno performante in termini di scelta dei mezzi di trasporto e dei percorsi, nonostante le distanze ridotte. Per quanto riguarda lo scenario globale, invece, le distanze di trasporto sono state ipotizzate considerando una media complessiva di 2.700 km suddivisi in camion agricoli (4%), trasporto su strada (45%) e trasporto via nave (51%), considerando anche un tasso di esportazione del 25%, ad esempio in Nord America. Il fabbisogno energetico per la cottura domestica della pasta prodotta nello scenario locale è stato misurato effettuando una prova sperimentale, debitamente motivata della mancanza di dati bibliografici per la cottura della pasta di grani antichi. Per questo motivo, 300 g di pasta sono stati cotti in 3 litri di acqua con 30 g di sale, consumando 53 g di butano in 14 minuti. Per la pasta convenzionale, la fase di cottura è stata modellata considerando un consumo energetico di circa 15 MJ/UF e una quantità richiesta di 10 kg/UF, come riportato da Bevilacqua *et al.* (2007)[9].

Occorrono nuove strategie per ridurre i consumi legati alla cottura domestica della pasta

La differenza nel consumo energetico tra le due tipologie di pasta è probabilmente dovuta alle diverse condizioni di cottura (ad esempio, fonte energetica, quantità di pasta, tipo e forma della pasta cotta ecc.).
In conclusione, l'analisi LCA mostra come lo scenario locale abbia ottenuto una performance complessivamente migliore rispetto a quello globale (1706 vs 1765 g CO_2eq/UF; 13.7 vs 14.3 MJ/UF; 109 vs 126 µgPO4–/UF). Guardando alle emissioni di CO_2eq, le fasi più critiche sono, senza dubbio, la coltivazione del frumento e la cottura domestica della pasta. Inoltre, lo scenario locale mostra migliori performance in termini di riduzione del ri-

Tabella 2

Risultati dell'analisi integrata EIAN - LCA

Parametri	Scenario locale	Scenario globale
1) Fase agricola		
Resa media del frumento (Kg/ha)	2450	4000
WUE delle varietà coltivate	bassa	alta
Utilizzo di varietà autoctone	Si	No
Livello di meccanizzazione	Medio	Alto
Combustibile (per ha)	4 GJ	6 GJ
Prodotti chimici (Kg/ha)	149	252
Fertilizzanti (Kg/ha)	147	250
Acqua (Kg/ha)	1113	880
Pesticidi (per ha)	1.9	2.2
Indice di rischio pesticidi	2.83 – 3.05 – 2.52	4.40 – 4.22 – 3.17
Emissioni (CO_2eq) [g/UF]	1236	1217
CER (mj/uf)	7.2	6.6
CMR (Kg/UF)	0.176	0.117
Indice di eutrofizzazione (mg/uf)	7.264	5.242
2) Fase di produzione della pasta		
Livello tecnologico di macchine, impianti e attrezzature	Basso	Avanzato
Consumo d'acqua (Kg/uf)	7.735	0.400
Consumo di energia elettrica	1.027	0.830
Emissioni (CO_2eq) [g/UF]	253	245
CER (mj/uf)	3.6	3.7
CMR (Kg/UF)	0.028	0.033
3) Fase di trasporto		
Livello di ottimizzazione della logistica	bassa	alta
Tipologia di mezzi di trasporto	Camion agricoli + trasporto su strada	Camion agricoli + trasporto su strada + trasporto navale
Consumo carburante (MJ/UF)	2.615	10.706
Emissioni (CO_2eq) [g/UF]	217	302
CER (mj/uf)	2.9	4.0
CMR (Kg/UF)	0.001	0.003
4) Fase di cottura della pasta		
Energia consumata (mj/uf)	9	15
Acqua di cottura (Kg/UF)	10	10
Emissioni (CO_2eq) [g/UF]	1242	1114
CER (mj/uf)	19.1	18.2
CMR (Kg/UF)	0.004	0.137
PERFORMANCE PEGGIORE (PUNTEGGIO 2)	PERFORMANCE EQUIVALENTE (PUNTEGGIO 1)	PERFORMANCE MIGLIORE (PUNTEGGIO 0)

Figura 2

Valutazione delle pressioni ambientali per i due scenari oggetto dello studio

SCENARIO LOCALE

A) SUOLO	B) ACQUA	C) ARIA	D) RISORSE	E) CLIMATE CHANGE
A1) Uso del suolo	B4) Inquinamento	C6) Inquinamento	D8) Agrobiodiversità	E10) Cambiamento climatico
A2) Inquinamento	B5) Estrazione o deviazione	C7) Rumore	D9) Risorse non rinnovabili	
A3) Degradazione				

SCENARIO GLOBALE

A) SUOLO	B) ACQUA	C) ARIA	D) RISORSE	E) CLIMATE CHANGE
A1) Uso del suolo	B4) Inquinamento	C6) Inquinamento	D8) Agrobiodiversità	E10) Cambiamento climatico
A2) Inquinamento	B5) Estrazione o deviazione	C7) Rumore	D9) Risorse non rinnovabili	
A3) Degradazione				

PERFORMANCE PEGGIORE	PERFORMANCE EQUIVALENTE	PERFORMANCE MIGLIORE

schio di degrado del suolo e di perdita di agrobiodiversità, nonché di consumo di risorse non rinnovabili. Ciò è dovuto principalmente all'uso di minori quantità di prodotti chimici, al minore livello di meccanizzazione della fase agricola e all'utilizzo di grani antichi. Peraltro, lo scenario globale prevale in termini di sfruttamento più efficiente del suolo e delle risorse idriche, grazie a rese più elevate e all'utilizzo di irroratrici più efficienti.

Possibili strategie di miglioramento

Insieme alla coltivazione del frumento, l'operazione unitaria di cottura della pasta è risultata la più critica dell'intero product system. Per quanto riguarda lo scenario globale, per cercare di ridurre gli impatti connessi alla coltivazione del frumento, le strategie più interessanti sembrano essere: l'adozione di pratiche agronomiche a basso input, la rotazione delle colture (che può portare a una riduzione delle emissioni di gas serra fino al 36%)[16], la conversione a biologico di una quota parte della coltivazione e, soprattutto, l'identificazione della quantità minima di fertilizzanti da utilizzare nella coltivazione del frumento[17].

In riferimento allo scenario locale, invece, le strategie più interessanti per ridurre le pressioni ambientali connesse alla coltivazione del frumento sono la completa conversione a biologico (laddove non presente) e il riutilizzo dei sottoprodotti di altre produzioni agricole (ad esempio sansa d'oliva, sottoprodotti della filiera vitivinicola e non solo) per la produzione di un compost aziendale di alta qualità in sostituzione ai fertilizzanti chimici[18], in modo da ottenere "crediti" nella valutazione LCA e una rilevante riduzione del carbon footprint. Inoltre, la certificazione biologica potrebbe incrementare ulteriormente il valore del prodotto, aumentandone la probabilità di acquisto e di scelta.

Per quanto concerne la fase di produzione della pasta, in termini di consumi energetici il processo di essiccazione è risultato il più critico in entrambi gli scenari, indicando chiaramente la necessità di innovazioni e miglioramenti per questa operazione unitaria essenziale. La produzione di "pasta di alta

qualità" è basata su un'essiccazione a bassa temperatura per tempi prolungati (approccio Low Temperature Long Time, LTLT), riconosciuto come parametro di qualità dai consumatori. Tuttavia, il consumo energetico dell'approccio LTLT potrebbe essere ridotto con l'introduzione di nuove tecnologie, come microonde, infrarossi e campi elettrici pulsati. Passando alla fase di trasporto, per lo scenario locale, il caso dell'Azienda Agricola Montepaldi risulta alquanto rappresentativo. Infatti, la scelta di mezzi di trasporto più ecologici (dove applicabile) e l'utilizzo di mezzi per il trasporto su gomma full-electric o ibridi, può sicuramente ridurre significativamente gli impatti connessi a questa fase. Peraltro, parte degli impatti dovuti alla fase di trasporto potrebbero essere totalmente evitati (viste le distanze tra campo, mulino, e pastificio) tramite l'internalizzazione di tutte le lavorazioni post-raccolta nell'Azienda Agricola Montepaldi. Infatti, tutte le piccole e medie aziende dovrebbero essere indipendenti e realizzare internamente la coltivazione, la macinazione e la produzione di pasta per essere competitive sia in termini economici sia ambientali. Inoltre, diventa essenziale un'adeguata pianificazione della logistica in funzione dei canali di vendita selezionati. D'altra parte, lo scenario globale, dotato di una logistica efficiente, armonizzata e ottimizzata, non ha presentato grandi problematiche rispetto agli impatti ambientali connessi alla fase di trasporto (anche se rimane comunque la possibilità di migliorarsi ulteriormente). Infine, per quanto concerne le emissioni di CO_2 legate alla fase di cottura, è importante sottolineare che parte della produzione di "pasta di alta qualità" viene utilizzata dai ristoranti, dove l'uso dei cuocipasta permette di risparmiare fino al 60% di energia e al 38% di acqua[19]. Al contrario, come evidenziato dai risultati di questo studio, i consumi per la cottura domestica della pasta sono consistenti e necessitano urgentemente di nuove strategie per la loro riduzione. In questa direzione, quella più interessante per ridurre gli impatti connessi alla fase di cottura della pasta è stata indicata da Cimini & Moresi[20], che suggeriscono di cuocere la pasta utilizzando un piano di cottura a induzione e una padella coperta da un coperchio, impostando inizialmente la potenza al massimo per far bollire più velocemente l'acqua di cottura e poi al livello minimo durante la cottura. Questo approccio consente di ridurre la carbon footprint fino a 670 g CO_2eq e i costi energetici fino a 0,47 euro per kg di pasta[20].

L'introduzione di nuove tecnologie può ridurre il consumo energetico del processo di essicazione

Conclusioni

I risultati di questo studio mostrano che gli impatti connessi alla produzione di 1 kg di pasta secca nello scenario locale sono paragonabili a quelli dello scenario globale, anche se leggermente inferiori. Tuttavia, seguendo i suggerimenti proposti, le emissioni di CO_2 nello scenario locale possono es-

sere significativamente ridotte, ottenendo marcati miglioramenti nella valutazione LCA. Anche gli impatti dello scenario globale possono essere diminuiti seguendo le strategie proposte in questo articolo, seppur con minori margini di riduzione per alcune fasi investigate. Nonostante l'analisi LCA non evidenzi differenze molto marcate tra i due scenari, l'approccio integrato EIAN-LCA evidenzia chiaramente che lo scenario locale ha un impatto minore sul degrado del suolo, sulle perdite di agrobiodiversità e sul consumo di risorse non rinnovabili. D'altro canto, grazie alle rese più elevate, alla maggiore efficienza delle attrezzature e alle minori emissioni sonore delle macchine coinvolte, lo scenario globale presenta un impatto minore in termini di utilizzo del suolo, prelievo e/o deviazione di acqua ed emissioni sonore. In conclusione, l'approccio combinato EIAN-LCA sviluppato in questo studio permette di considerare diversi indicatori per una valutazione innovativa e completa delle filiere produttive della pasta secca. Inoltre, l'approccio proposto appare in grado di suggerire specifiche strategie di valorizzazione per le varie fasi produttive, considerando anche le peculiarità del contesto geografico e tecnologico, con l'obiettivo di migliorare la sostenibilità della produzione alimentare.

Alessio Cappelli, Lucia Recchia, Enrico Cini, Francesco Garbati Pegna, Paolo Boncinelli

Bibliografia

(1) https://www.italmopa.com/landamento-economico-del-settore/.

(2) Andrade-Sanchez, P., Ottman, M. J., "Determination of Optimal Planting Configuration of Low Input and Organic Barley and Wheat Production in Arizona". College of Agriculture, University of Arizona, Tucson, Usa, 2014.

(3) Bali, K., "Wheat Fertilization Practices in the Imperial Valley, California Wheat Commission Research Report", 2010-2011. http://www.californiawheat.org/uploads/resources/400/bali-wheatfertilization practices-research-report.pdf.

(4) DAF-Dep. of Agriculture and Fisheries, "Durum Wheat in Queensland", 2012. https://www.daf.qld.gov.au/business-priorities/plants/field-crops-and pastures/broadacre-fieldcrops/wheat/durum-wheat.

(5) Kneipp, J., "Durum Wheat Production", NSW Department of Primary Industries, Tamworth Agricultural Institute, Calala, Australia, 2008. https://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0010/280855/Durum-wheat-production-report.pdf.

(6) SADGA-The Southern Australia Durum Growers Association Inc., "Growing a Successful Durum Crop", 2018. https://durumgrowerssa.org.au/industry-news/growing-a-successful-durum-crop.

(7) Samson, M.F., André, C., Audigeos, D., Besombes, C., Braun, P., Cassan, D., Chiron, A., Cochard, M., Dusautoir, J.C., Kessler, J.P. *et al.*, "Durum wheat pasta with a good quality and a reduced nitrogen fertilization: Is it possible?". In Proceedings of the 15th International Cereal and Bread Congress (ICBC 2016), Istanbul, Turkey, April 18-21, 2016.

(8) Cappelli, A., Cini, E., "Challenges and Opportunities in Wheat Flour, Pasta, Bread, and Bakery Product Production Chains: A Systematic Review of Innovations and Improvement Strategies to Increase Sustainability, Productivity, and Product Quality". Sustainability, 2021, 13(5), 2608.

(9) Bevilacqua, M., Braglia, M., Carmignani, G., Zammori, F.A., "Life Cycle Assessment of Pasta Production in Italy". Journal of Food Quality, 2007, 30, 932-952

(10) Recchia, L., Cappelli, A., Cini, E., Garbati Pegna, F., & Boncinelli, P., "Environmental sustainability of pasta production chains: An integrated approach for comparing local and global chains". Resources, 2019, 8(1), 56.

(11) Gärtner, S., Köppen, S., Detzel, A., Häfele, S., Münch, J., Reinhardt, G., Rettenmaier, N., Recchia, L., Chiaramonti, D., "Report on the Results of the Environmental Implications". Life Project "Vegetable Oil Initiative for a Cleaner Environment"; GA LIFE06 ENV/IT00257, CREAR-University of Florence, Florence, Italy, 2009.

(12) Kretschmer,W., Capaccioli, S., Chiaramonti, D., De Bari, I., Frattini, A., Giovannini, A., Janssen, R., Keller, H., Langer, M., Liden, G. , "Integrated Sustainability Assessment of Biolyfe Second Generation Bioethanol". FP7 Project "Second Generation Bioethanol Process: Demonstration Scale for the Step of Lignocellulosici Hydrolysis and Fermentation"; GA 239204, IFEU GmbH, Heidelberg, Germany, 2013.

(13) EEA-European Environmental Agency. "Estimating the Environmentally Compatible Bioenergy Potential from Agriculture". Technical Report n.12/2007, EEA, Copenhagen, Denmark, 2008; ISBN 978-92-9167-969-0, ISSN 1725-2237.

(14) ISO 14040:2006. "Environmental Management-Life Cycle Assessment-Principles and Framework". International Organization for Standardization (ISO), Geneva, Switzerland, 2006.

(15) ISO 14044:2006. "Environmental Management-Life Cycle Assessment-Requirements and Guidelines". International Organization for Standardization (ISO), Geneva, Switzerland, 2006.

(16) Ruini, L., Ferrari, E., Meriggi, P., Marino, M., Sessa, F., "Increasing the sustainability of pasta production through a life cycle assessment approach". In Proceedings of the International Workshop Advances in Cleaner Production "Integrating Cleaner Production into Sustainability Strategies", São Paulo, Brazil, May 22-24, 2013.

(17) Guerrini, L., Napoli, M., Mancini, M., Masella, P., Cappelli, A., Parenti, A., & Orlandini, S., "Wheat grain composition, dough rheology and bread quality as affected by nitrogen and sulfur fertilization and seeding density". Agronomy, 2020, 10(2), 233.

(18) Cappelli, A., Menditto, N., & Cini, E. "Innovative Olive Tree Leaves Shredder Prototype for the Valorization of Wasted Leaves: An Application to High-Quality Compost Production". Sustainability, 2021, 13(16), 9421

(19) Fusi, A., Guidetti, R., Azapagic, A., "Evaluation of environmental impacts in the catering sector: The case of pasta". Journal of Cleaner Production, 2016, 132, 146-160.

(20) Cimini, A., Moresi, M., "Energy efficiency and carbon footprint of home pasta cooking appliances". Journal of Food Engineering, 2010, 204, 8-17.