

## Cuoci-pasta ecosostenibile

**Alessio Cimini** (a.cimini@unitus.it), **Matteo Cibelli** (mcibelli@unitus.it),  
**Mauro Moresi** (mmoresi@unitus.it)

Dipartimento per la Innovazione nei sistemi Biologici, Agroalimentare e Forestale, Università della Tuscia, Via S. C. de Lellis, 01100 Viterbo

### Introduzione

La cottura della pasta è un processo ad alta intensità energetica: per cuocere 1 kg di pasta secca, si usano circa 10 L di acqua e 1,8 kWh di elettricità per far bollire l'acqua e 0,05 kWh per ogni minuto di cottura (UNAFPA, 2018).

Generalmente, la pasta viene cotta in acqua che bolle alla pressione atmosferica locale in una pentola senza coperchio per poterla più volte rimescolare sì da favorirne una cottura uniforme senza agglomerati o zone parzialmente cotte.

L'impronta di carbonio della pasta secca dalla culla ai centri di distribuzione è stata stimata in circa 1,33 kg CO<sub>2e</sub> kg<sup>-1</sup> (Barilla, 2017), mentre quella della cottura casalinga della pasta (CF<sub>PC</sub>) a 0,79 kg CO<sub>2e</sub> kg<sup>-1</sup> secondo lo scenario europeo medio, ove l'83% dei sistemi di cottura sono costituiti da fornelli a gas ed il restante 17% da fornelli elettrici (UNAFPA, 2018). Le emissioni di gas serra (GHG) associate alla coltivazione del grano duro sono generalmente inferiori a quelle legate alla fase di consumo (Barilla, 2017), il che giustifica l'interesse a minimizzarne l'impatto ambientale.

Avendo in precedenza valutato l'effetto del rapporto acqua di cottura/pasta sulla qualità di cottura della pasta lunga (Cimini et al., 2019ac) e corta (Cimini et al., 2019b) e sviluppato un nuovo cuoci-pasta eco-sostenibile (Cimini et al., 2020), che era gestito da una piattaforma *open source* (Arduino®) a basso costo che viene pilotata tramite cellulare o tablet e che permetteva di controllare la temperatura di cottura della pasta con una precisione di ±0,5 °C, scopo di questo lavoro è stato quello di utilizzare detto cuoci-pasta per minimizzare il consumo di energia e l'impronta di carbonio rispetto alla temperatura e al tempo di cottura.

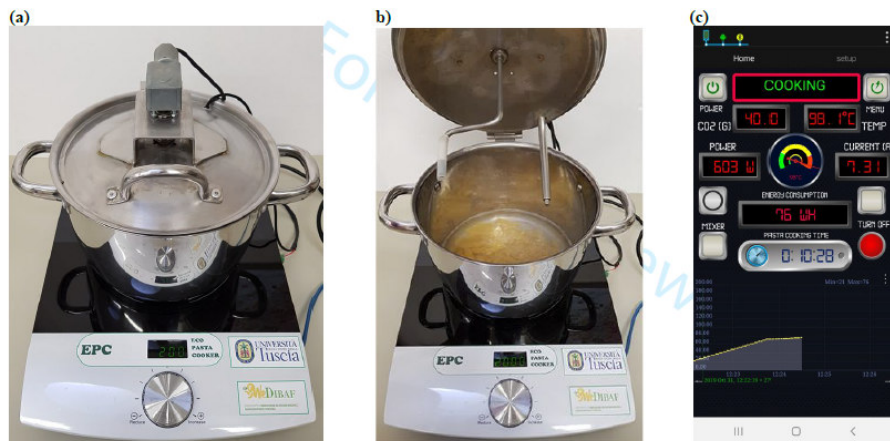
### Breve descrizione del cuocitore eco-sostenibile

Il prototipo, illustrato in Fig. 1ab, è stato realizzato assemblando un fornello ad induzione Melchioni Indu; un motoriduttore (Modello 4632-370) fissato al coperchio della pentola rotante a 30 rev min<sup>-1</sup> ed alimentato con tensione continua a 12 V prelevata direttamente dal fornello; un microprocessore Arduino®, che è stato integrato nel circuito della piastra ad induzione da cui si alimenta, controllandone l'accensione, lo spegnimento e la potenza erogata; un sensore di temperatura digitale 1-WIRE - DS18B20, alloggiato entro un pozzetto in acciaio inox presente nel coperchio che termina in prossimità del fondo della pentola; un sensore di corrente SCT 013-020 per misurare l'intensità di corrente e rilevare la potenza erogata dal fornello. L'intero sistema veniva gestito e programmato da un'applicazione *open source* utilizzabile su qualsiasi Smartphone (Fig. 1c) con sistema Android, che era stata realizzata tramite la piattaforma HMI e che permetteva la gestione del processo di cottura, l'accensione/spegnimento del fornello, l'impostazione del tempo di cottura della pasta e dei tempi di funzionamento dell'agitatore, il monitoraggio e la registrazione della temperatura dell'acqua di cottura [in °C], del consumo energetico [in Wh], della potenza assorbita istantanea [in W], della corrente erogata [in A] e della quantità di anidride carbonica equivalente emessa [in g CO<sub>2e</sub>] (Fig. 1c). La comunicazione tra Smartphone e la piastra ad induzione avveniva tramite Bluetooth con modulo HC-05.

Il prototipo è stato saggiato con una tipologia di pasta lunga (*spaghetti*), gentilmente fornita da De Matteis Agroalimentare Spa (Flumeri, AV), a base di semola di grano duro *Armando*, come riportato in etichetta, con un contenuto di umidità e di proteina grezza (Nx6.25) pari, rispettivamente, a 125 e 135 g kg<sup>-1</sup>. Detta pasta è stata cotta utilizzando un rapporto acqua di cottura/pasta pari a

10 L kg<sup>-1</sup> ed un rapporto minimo di 2,7 L kg<sup>-1</sup> stimato come indicato da Cimini et al. (2019b) sulla base della superficie esterna dello spaghetti e della massa d'acqua assorbita dallo stesso.

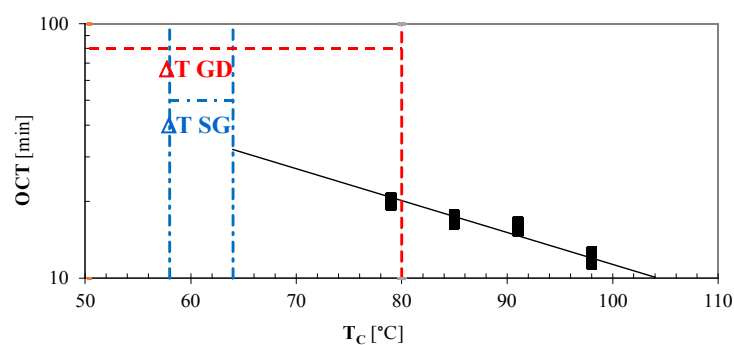
La qualità della pasta cotta è stata determinata, valutando il tempo di cottura ottimale (OCT), ossia il tempo a cui è ancora visibile una linea bianca centrale tratteggiata (ISO, 2016); l'acqua assorbita dalla pasta cotta (WU) riferita alla pasta cruda; la quantità di solidi dispersi nell'acqua di cottura per unità di pasta secca (*cooking loss*, CL: D'Egidio et al., 1990); la consistenza della pasta cotta tramite misure dinamometriche (Universal Testing Machine UTM mod. 3342 (Instron Int. Ltd., High Wycombe, UK), equipaggiata con una cella di carico da 1000 N, sottoponendo i campioni a 2 cicli consecutivi di compressione al 30 ed al 90% dello spessore medio del campione di pasta lunga, come descritto da Cimini et al. (2019abc).



**Figura 1:** Immagini dell'EPC all'inizio (a) ed alla fine (b) della fase di cottura della pasta con il coperchio della padella chiuso e aperto, insieme all'applicazione installata su smartphone con i tasti funzione che monitorano la cottura della pasta (c).

### Effetto della temperatura di cottura sul tempo ottimale di cottura

Indipendentemente dal rapporto acqua/pasta, il tempo ottimale di cottura (OCT) degli spaghetti aumentava da circa 12 a 20 min al ridursi di  $T_c$  da 98 a 79 °C, come illustrato in Fig. 2. Detto tempo è stato ricostruito con il modello di Bigelow et al. (1920), ricavando che l'incremento di temperatura ( $z$ ) necessario per ridurre l'OCT di un fattore 10 rispetto a quello della temperatura di riferimento era pari a  $80 \pm 4$  °C ( $r^2 = 0.96$ ).

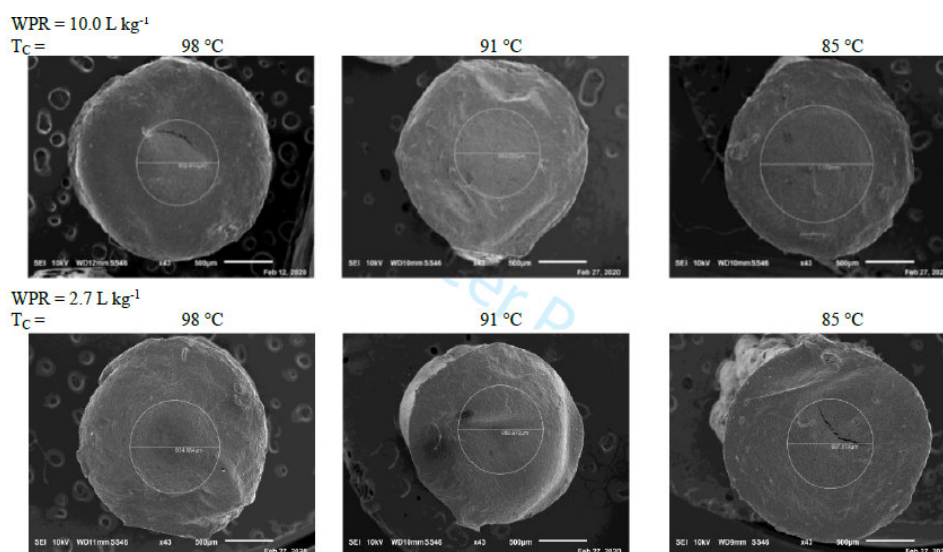


**Figura 2:** Effetto della temperatura di cottura ( $T_c$ ) sul tempo di cottura ottimale (OCT) per spaghetti (■). La linea continua è stata calcolata con l'equazione di Bigelow, mentre le linee tratteggiate verticali si riferiscono alle temperature iniziali e finali della gelatinizzazione dell'amido di frumento (SG) e della denaturazione del glutine (GD).

### Struttura SEM degli spaghetti cotti

In Fig. 3 si mostrano le immagini ottenute con il microscopio elettronico a scansione (SEM) di sezioni trasversali di spaghetti cotti, ove lo spessore del nervo centrale è evidenziato da linee continue.

Il diametro del nervo centrale degli spaghetti cotti a 98, 91 o 85 °C con un rapporto acqua/pasta (WPR) di 10,0 o 2,7 L kg<sup>-1</sup> presentava in pratica lo stesso valore medio (884±27 μm contro 920±34 μm) indipendentemente dal valore di T<sub>C</sub>.



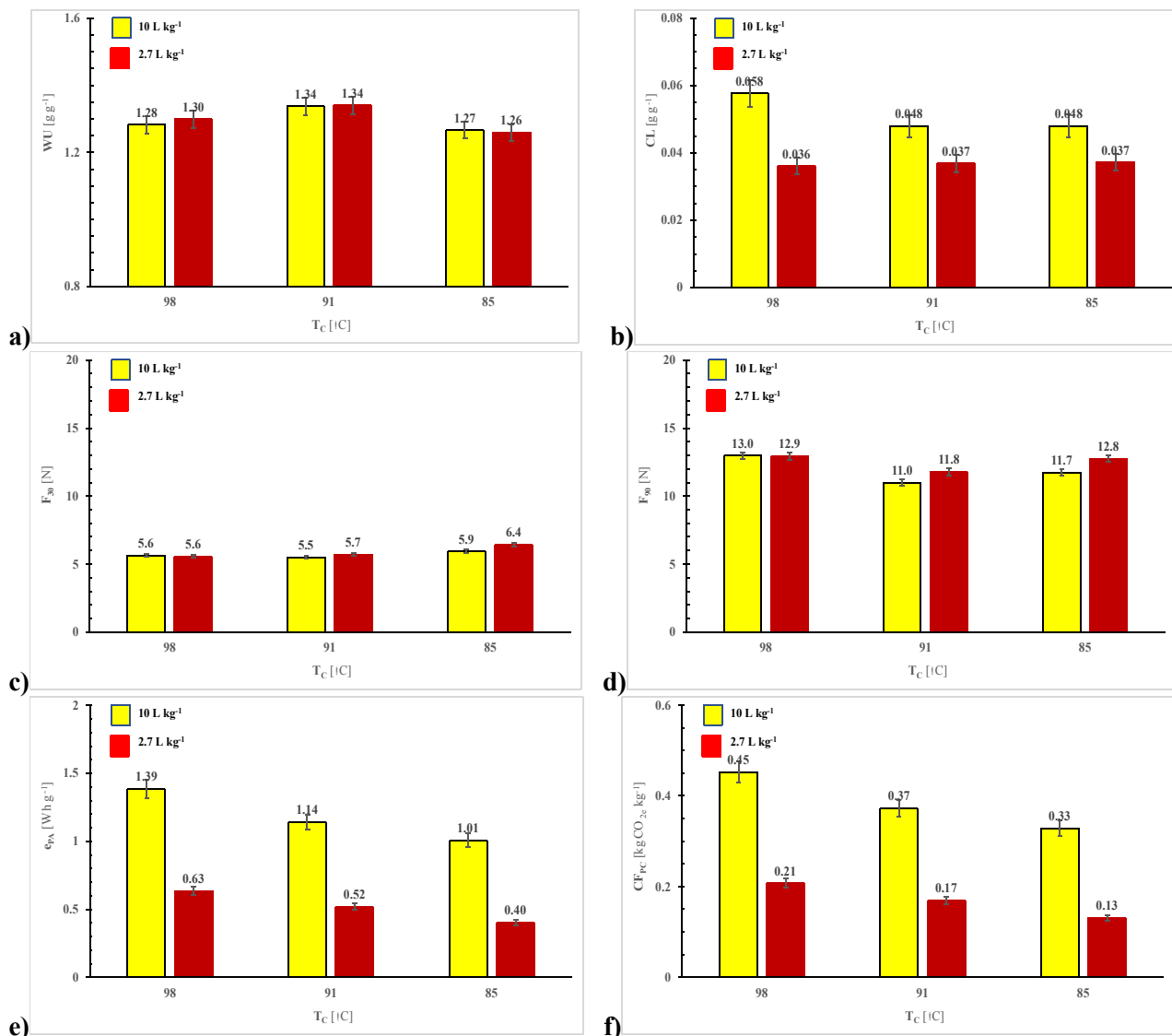
**Figura 3:** Micrografie SEM di sezioni trasversali di spaghetti cotti a due rapporti acqua/pasta (WPR) e tre temperature di cottura (T<sub>C</sub>) per i tempi di cottura ottimali (OCT) riportati in Fig. 2, dove lo spessore del nervo centrale è stato approssimativamente evidenziato da linee continue.

### Qualità della pasta cotta

In Fig. 4 si riporta l'effetto della temperatura di cottura e del rapporto WPR su principali parametri caratteristici della qualità della pasta cotta. In particolare, l'assorbimento specifico di acqua WU risultava indipendente da WPR e da T<sub>C</sub> al livello di confidenza del 95 % (Fig. 4a) ed in linea con i valori tipici della pasta di buona qualità (Pasqualone et al., 2016). Al contrario, il *cooking loss* (CL) si riduceva al diminuire soprattutto di WPR e poi di T<sub>C</sub> (Fig. 4b). Non si sono riscontrate differenze statisticamente significative nella consistenza della pasta cotta durante sia il primo ciclo (Fig. 4c) che il secondo ciclo (Fig. 4d) di compressione.

L'energia consumata per cuocere 1 kg di spaghetti (e<sub>PA</sub>) a 98 °C si riduceva del 54% circa, ossia da 1,39 a 0,63 W h g<sup>-1</sup> al ridursi di WPR da 10 a 2,7 L kg<sup>-1</sup> (Fig. 4e). Inoltre, l'abbassamento di T<sub>C</sub> da 98 a 85 °C comportava un ulteriore risparmio del 27% dell'energia consumata nella condizione standard (WPR=10 L kg<sup>-1</sup>), che si contraeva al 17% a WPR=2,7 L kg<sup>-1</sup>. Pertanto, i risparmi energetici derivanti dalla riduzione di WPR erano molto più rilevanti di quelli derivanti dall'abbassamento della temperatura di cottura. Infine, l'impronta del carbonio relativa alla cottura di 1 kg di pasta (CF<sub>PC</sub>) è stata stimata in base alle *Category Rules* specifiche per la pasta secca (UNAFPA, 2018), moltiplicando i consumi globali di energia per il potenziale di riscaldamento globale a 100 anni riferito alla produzione termo-elettrica italiana da risorse rinnovabili e non (0,3077 kg CO<sub>2e</sub> kWh<sup>-1</sup>) ed alle perdite medie (5,8 %) della rete nel 2017 (ISPRA, 2019). Riducendo WPR da 10 a 2,7 L kg<sup>-1</sup>, CF<sub>PC</sub> si riduceva da 0,45 a 0,21 kg CO<sub>2e</sub> kg<sup>-1</sup> (Fig. 4f). Grazie alla possibilità di regolare la temperatura di cottura a valori inferiori al punto di ebollizione dell'acqua, è stato possibile ridurre ulteriormente le emissioni di GHG a 0,13 kg CO<sub>2e</sub> kg<sup>-1</sup> quando la cottura della pasta era effettuata a 85 °C. In tal modo, rispetto all'impronta di carbonio media europea della cottura domestica della pasta (0,79 kg CO<sub>2e</sub> kg<sup>-1</sup>), si potrebbero risparmiare fino a 0,66 kg di CO<sub>2e</sub> per kg di pasta cruda.

Per ulteriori dettagli si rinvia ai dati riportati da Cimini et al. (2021).



**Figura 4:** Effetto del rapporto acqua/pasta sui parametri caratteristici della qualità della pasta cotta: **a)** assorbimento d'acqua,  $WU$ ; **b)** cooking loss:  $CL$ ; consistenza della pasta cotta ad una compressione del 30 ( $F_{30}$ : **c)** e del 90 ( $F_{90}$ : **d)**); consumo specifico di energia ( $e_{PA}$ : **e)** e sull'impronta del carbonio ( $CF_{PA}$ : **f)**).

## Conclusioni

Per minimizzare l'impatto ambientale della cottura casalinga della pasta occorre sostituire i sistemi di cottura attualmente in uso (a gas od elettrico) con sistemi a maggiore efficienza energetica, come il cuoci-pasta ecosostenibile qui utilizzato, in grado di controllare in modo preciso il processo e la temperatura di cottura, minimizzare i consumi di acqua e di energia e, soprattutto, garantire la stessa qualità chimico-fisica della pasta cotta in condizioni convenzionali.

Analogamente a quanto già attuato dall'industria del caffè, anche l'industria della pasta dovrebbe iniziare a commercializzare la pasta secca insieme al proprio sistema di cottura *smart*, onde garantirne la cottura in modo molto riproducibile e rapido, anche se utilizzato da cuochi improvvisati. Pertanto, l'uso di quantità minori di acqua (2,7 L kg<sup>-1</sup>) e la cottura a 85 °C hanno permesso di ridurre il consumo specifico di energia dal valore tipico di 2,8 kWh kg<sup>-1</sup> a circa 0,4 kWh kg<sup>-1</sup> e le emissioni complessive di GHG a circa un sesto di quelle associate ai fornelli mediamente utilizzati nella Comunità Europea con un tempo complessivo di cottura leggermente ridotto da 21,5 a 20,5 min.

## **Ringraziamenti**

Questo lavoro è stato effettuato nell'ambito del progetto di ricerca PRIN 2015 - prot. 2015MFP4RC\_002.

## **Riassunto**

In questo studio si è valutata la qualità e l'impronta di carbonio di spaghetti cotti in un nuovo cuoci-pasta casalingo ecosostenibile, variando rispettivamente il rapporto acqua/pasta da 10 a 2,7 L kg<sup>-1</sup> e la temperatura di cottura da 98 a 85 °C. In questi intervalli, la pasta cotta presentava in pratica le stesse proprietà, quali assorbimento d'acqua, cooking loss, consistenza e spessore del nervo centrale (come osservato con un microscopio elettronico a scansione). La cottura con un minor quantitativo di acqua (2,7 L kg<sup>-1</sup>) a 85 °C con detto cuoci-pasta ha minimizzato il consumo di energia a 0,40 kWh kg<sup>-1</sup> e le emissioni di gas ad effetto serra a circa un sesto di quelle emesse dai fornelli mediamente utilizzati nella Comunità Europea.

## **Abstract**

This study was aimed at assessing the cooking quality and carbon footprint of spaghetti cooked in a novel home eco-sustainable pasta cooker, by varying the cooking water-to-pasta ratio from 10 to 2.7 L kg<sup>-1</sup> and temperature from 98 to 85 °C. In such ranges, the water uptake, cooking loss, textural properties, and thickness of the central nerve (as observed with a scanning electronic microscope) of cooked pasta were found to be practically constant. By cooking with a smaller amount of water (2.7 L kg<sup>-1</sup>) at 85 °C with the eco-sustainable pasta cooker, the energy consumption reduced to ~0.4 kWh kg<sup>-1</sup> and GHG emissions to about one sixth of those resulting from the use of the average European home appliances.

## **Bibliografia**

- Barilla, 2017. EPD217 Barilla durum wheat semolina pasta in paperboard box. <https://edgeenvironment.com/wp-content/uploads/2016/11/epd217-Durum-wheat-semoline-dried-pasta.pdf> [9.02.2021].
- Bigelow, W.D., Bohart, G.S., Richardson, A.C., Ball, C.O., 1920. Heat penetration in processing canned foods. Bulletin (National Canners Association) no. 16L. National Canners Association, Research Laboratories, Washington, D.C.
- Cimini, A., Cibelli, M., Messia, M.C., Marconi, E., Moresi, M., 2019a. Cooking quality of commercial spaghetti: Effect of the water-to-dried pasta ratio. *European Food Research and Technology* 245(5), 1037-1045.
- Cimini, A., Cibelli, M., Messia, M.C., Moresi, M., 2019b. Commercial short-cut extruded pasta: Cooking quality and carbon footprint vs. water-to-pasta ratio. *Food and Bioproducts Processing* 116, 150-159.
- Cimini, A., Cibelli, M., Moresi, M., 2019c. Reducing the cooking water-to-dried pasta ratio and environmental impact of pasta cooking. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 99, 1258-1266.
- Cimini, A., Cibelli, M., Moresi, M., 2020. Development and assessment of a home eco-sustainable pasta cooker. *Food and Bioproducts Processing*, 122, 291-302.
- Cimini, A., Cibelli, M., Moresi, M., 2021. Effect of cooking temperature on cooked pasta quality and sustainability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, in press (doi: 10.1002/jsfa.11138).
- D'Egidio, M.G., Mariani, B.M., Nardi, S., Novaro, P., Cubadda, R., 1990. Chemical and technological variables and their relationships: a predictive equation for pasta cooking quality. *Cereal Chemistry* 67, 275-281.
- ISO, 2016. Durum wheat semolina and alimentary pasta - Estimation of cooking quality of alimentary pasta by sensory analysis - Part 1: Reference method. ISO n. 7304-1. Vernier, Geneva, CH: International Organization for Standardization.

- ISPRA, 2019. Italian greenhouse gas inventory 1990-2017: National Inventory Report 2019. ISPRA Rapporti 307, Rome, Italy. [http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni/national-inventory-report/at\\_download/file](http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni/national-inventory-report/at_download/file) [9.02.2021].
- Pasqualone, A., Gambacorta, G., Summo, C., Caponio, F., Di Miceli, G., Flagella, Z., Marrese, P.P., Piro, G., Perrotta, C., De Bellis, L., Lenucci, M.S., 2016. Functional, textural and sensory properties of dry pasta supplemented with lyophilized tomato matrix or with durum wheat bran extracts produced by supercritical carbon dioxide or ultrasound. Food Chemistry 213, 545-553.
- UNAFPA (Unions de Associations de Fabricants de Pâtes Alimentaires), 2018. Product Environmental Footprint category rules (PEFCR) for dry pasta. Vers. 3. [http://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/Dry%20pasta%20PEFCR\\_final.pdf](http://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/Dry%20pasta%20PEFCR_final.pdf) [9.02.2021].