

Il rinnovato interesse verso la coltivazione di grani antichi è motivato da fattori socio-culturali, nonché dagli accertati benefici nutrizionali e salutistici dei prodotti di trasformazione. La ricerca scientifica promuove il rilancio della biodiversità di tali coltivazioni cerealicole, proponendo strategie innovative e sostenibili per la stabilizzazione post-raccolta dei frumenti antichi, considerati un patrimonio alimentare unico.



GRANI ANTICHI: IL RILANCIO DELLA BIODIVERSITÀ

di Alessia Cuoco¹, Marco Iannone², Rosario Cavallo², Matteo d'Amore^{1,2}, Anna Angela Barba^{1,2,3}



Nel precedente numero di *Tecnologie Alimentari* (n.1 Gennaio/Febbraio 2022), è stato messo in luce come, negli ultimi anni, la coltivazione dei grani antichi, molto diffusa sul territorio italiano, e il loro mercato stiano riscuotendo un crescente interesse. In questo articolo vengono presentate note a carattere più tecnologico, legate alla problematica della preservazione post-raccolta delle proprietà nutritive e sensoriali dei semi dei grani antichi.

IL RITORNO AI VECCHI SAPORI

Il bacino del Mediterraneo è considerato hotspot di biodiversità globale, grazie alla posizione geografica, al clima, alle caratteristiche del terreno, alla variabilità dei paesaggi e alle molteplici interazioni con fattori biotici: l'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) evidenzia che la biodiversità vegetale e animale rafforza la produttività di un qualsiasi ecosistema,

apportando benefici alle popolazioni che lo abitano in termini economici, ambientali, alimentari, energetici e terapeutici. Limitando l'attenzione ad aspetti relativi alla alimentazione umana, è ben noto che la dieta mediterranea moderna, per il corretto stile di apporto di nutrienti, è riconosciuta dall'Unesco come patrimonio culturale e immateriale dell'umanità. La sua rappresentazione iconografica attraverso una struttura piramidale (figura 1) mette bene in evidenza che tra le specie vegetali quelle cerealicole, insieme a frutta e ortaggi, ne determinano la base. In particolare, i cereali e loro derivati sono sempre stati nell'alimentazione italiana la fonte principale di amido e quindi di carboidrati che, assorbiti e utilizzati dall'organismo in forma semplice o complessa, assicurano un continuo rifornimento di glucosio, cioè di energia, nonché l'apporto di fibre, acidi grassi, proteine, vitamine, minerali e altri importanti micronutrienti [1].

¹Eng4Life srl;
²Dipartimento di Farmacia, Università degli Studi di Salerno;
³EST srl

Il grano o frumento, appartenente al genere *Triticum*, è un cereale di antica coltura, rappresenta una delle prime piante domestiche dall'uomo ed è ad oggi, nella sua forma integrale, un alimento fondamentale per una dieta bilanciata. La specie *Triticum aestivum*, comunemente chiamato grano tenero, insieme al *Triticum durum* o grano duro costituiscono le varietà di frumento più coltivate e da sempre utilizzate per la produzione, rispettivamente, del pane e della pasta. La terminologia "grano antico" oggi è in uso per indicare varietà di grano che non hanno subito modificazioni genetiche e selezioni da parte dell'uomo, conservando così peculiari caratteristiche morfologiche e nutrizionali originali (dettagli presenti in schema 1). Il ritorno ai "vecchi sapori" dei prodotti derivati dei grani antichi (pane, pasta, altri prodotti da forno) sta guidando verso consumi sempre maggiori per diverse motivazioni: coltivazioni e prodotti Made in Italy, migliori caratteristiche salutistiche accertate con studi, promozione di biodiversità territoriali, maggiore attenzione alla salvaguardia ambientale durante la coltivazione [2]. Di fatto, i frumenti antichi implicano procedure agricole a basso impatto ambientale non richiedendo l'impiego di concimanti e diserbanti come quanto per i grani moderni, fondamentale per predisposizione genetica di adattabilità anche in ambienti ostili. Come per i grani moderni anche per quelli antichi lo stoccaggio post-raccolta dei semi richiede l'applicazione di metodi di sanitizzazione in grado di inibire la proliferazione di infestanti al fine di preservare proprietà igieniche, patrimonio nutritivo, aspetti sensoriali. Allo scopo nuove tecnologie a basso impatto ambientale sono correntemente investigate. L'irraggiamento assistito da microonde è una di quelle più esplorate per i vantaggi che offre: rapida, efficace e sicura. Studi sulla sanitizzazione assistita da microonde su alcuni tipi di grani moderni hanno dato risultati

Anna Angela Barba

Anna Angela Barba è Ingegnere Chimico; ricopre il ruolo di professore associato di Impianti Chimici presso l'Università degli Studi di Salerno, Dipartimento di Farmacia. Svolge attività di ricerca sulle innovazioni di processo nei settori farmaceutico-nutraceutico e alimentare, attraverso l'applicazione dei principi dell'"intensificazione". È co-leader del gruppo di ricerca Transport Phenomena & Processes. È co-fondatrice degli spin off universitari: Eng4Life srl e EST srl. È autrice di numerose pubblicazioni scientifiche su giornali e in libri a diffusione internazionale, è guest editor di alcuni numeri speciali di riviste internazionali. Enhanced Systems and Technologies, EST srl, è uno spin-off accademico che ha come obiettivo il trasferimento tecnologico delle ricerche accademiche sviluppate dal gruppo di ricerca Transport Phenomena & Processes nel campo delle Life Science su scala industriale attraverso un approccio ingegneristico. Per maggiori informazioni: <http://est.srl>.



soddisfacenti [3]; sulla scorta di tali risultati, ricerche in corso sui grani antichi stanno confermando il successo di questa nuova tecnologia.

ASPETTI NUTRIZIONALI E SALUTISTICI

I grani antichi, analogamente ai grani moderni, sono costituiti dalle stesse classi di composti quali carboidrati, proteine, fibre, svariati tipi di molecole antiossidanti e minerali, vitamine, ma con anche importanti scostamenti quali-quantitativi [1]. L'amido, il maggior costituente dei cereali, è presente nell'endosperma sotto forma di granuli ed è composto da: amilosio e amilopectina, il cui rapporto influenza i livelli di glucosio e insulina nel sangue dopo i pasti e mantenendo la sazietà più a lungo. È stato riscontrato che, per alcune specie di grani antichi, il contenuto in amilosio risulta essere decisamente inferiore alle specie moderne, con un minor indice glicemico dei prodotti che ne derivano [4-6]. I grani antichi sono costituiti da una percentuale proteica maggiore rispetto ai grani moderni e ciò ne determina valori nutrizionali e proprietà tecnologiche differenti. Inoltre, contenuto e composizione proteica sono elementi chiave che

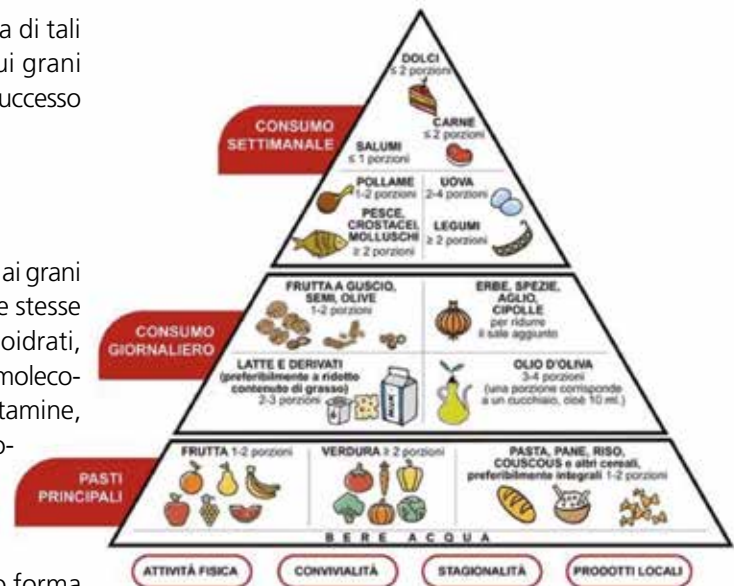


Figura 1 - La piramide alimentare della dieta mediterranea moderna (fonte: www.fondazioneveronesi.it)

possono determinare il valore economico maggiore del frumento costituendo una caratteristica fondamentale per la qualità dei prodotti trasformati (pasta e pane). I grani antichi hanno un contenuto lipidico maggiore rispetto ai grani moderni. Da un punto di vista nutrizionale tale fattore contribuisce alla prevenzione di malattie cardiovascolari riducendo il rischio di trombosi e aterosclerosi oltre che offrire una minore ossidabilità dei prodotti e una maggiore shelf-life. La fibra, che regola diverse fun-

zioni fisiologiche all'interno dell'organismo umano, è uno dei componenti dei cereali più importante da un punto di vista nutrizionale. I dati disponibili in letteratura scientifica evidenziano che, rispetto alle cultivar moderne, i grani antichi sono generalmente meno ricchi in arabinoxilani e β -glucani ma mostrano un più alto contenuto in fruttani, composti che favoriscono lo sviluppo di microrganismi endogeni collegati a vari effetti benefici sull'organismo umano, come l'incremento della biodisponibilità di alcuni micronutrienti tra cui calcio e ferro. I cereali sono ricchi in vitamine del gruppo B e E e il loro contenuto dipende dalle specie prese in esame. In particolare, alcune varietà di grani antichi mostrano un contenuto in vitamine del gruppo E decisamente superiore ai grani moderni. I carotenoidi sono un'altra classe di importanti antiossidanti liposolubili presenti nel genere *Triticum* nella forma di luteina. Il contenuto medio in luteina delle farine ricavate da grani antichi è da quattro a otto volte maggiore rispetto a quella riscontrata nei grani teneri moderni e due volte quella presente nei grani duri comunemente utilizzati. I polifenoli sono importanti metaboliti antiossidanti, essenziali per la crescita e la riproduzione della pianta e, per alcune landrace come Carosella e il Gentil Rosso, è stato riscontrato un maggior numero di polifenoli totali (nella forma libera e legata) rispetto alle cultivar moderne. I fitosteroli hanno una struttura molto simile al colesterolo e sono conosciuti per i molteplici effetti benefici che esercitano sulla salute dell'uomo come quello di ridurre i livelli di colesterolo totale nel sangue oltre che possedere attività antiossidanti e antinfiammatorie. In alcune specie di grani antichi ne sono stati riscontrati valori considerevoli che risultano essere maggiori del 25% rispetto a quelli ritrovati nei grani comuni. Infine, i grani antichi presentano un maggiore quanti-

Proprietà macroscopiche	Grani antichi	Grani moderni
Altezza	taglia alta (alcune varietà >180 cm)	taglia bassa (generalmente 70 cm circa)
Colore	spiga e cariosside caratterizzate da diverse tonalità e sfumature di colore (dal rosso bruno al giallo ambrato)	spiga e cariosside caratterizzate da un colore uniforme, conseguenza del miglioramento genetico (es. colore giallo ambrato per il grano duro)
Glume e glumette	fortemente ancorate alla cariosside	debolmente ancorate alla cariosside
Rachide	fragile	rafforzata
Cariosside	numero esiguo piccole dimensioni	numero elevato grandi dimensioni
Propensione a flessione/allettamento	altamente suscettibili	resistenti

Mefleh, M., et al., *From ancient to old and modern durum wheat varieties: interaction among cultivar traits, management, and technological quality*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2019. 99(5): p. 2059-2067.
Giambanelli, E., et al., *A comparative study of bioactive compounds in primitive wheat populations from Italy, Turkey, Georgia, Bulgaria and Armenia*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2013. 93(14): p. 3490-3501.



È stato dimostrato che, in confronto a pane e pasta prodotti a partire da grani moderni, quelli preparati utilizzando specie antiche sono più ricchi di aminoacidi, vitamine e minerali, oltre che ad avere proprietà sensoriali superiori

tativo di minerali (potassio, ferro, fosforo, manganese e zinco) rispetto ai grani moderni, probabilmente perché essendo piante più alte hanno anche radici più lunghe che riescono ad assorbire un maggior quantitativo di micronutrienti dal terreno [1] (dettagli presenti in schema 1). Sul piano salutistico, diversi studi hanno messo a confronto le varietà di grano antico con quelle moderne, rilevando per le prime importanti funzioni come: attività antiossidante più spiccata; azione anti-diabetogena; riduzione dell'insorgenza della celiachia; attività di prevenzione per malattie croniche (per migliori parametri antiossidativi, stato glicemico e lipidico) e riduzione dei sintomi legati alla sindrome dell'intestino irritabile [7-10].

PRODOTTI TRASFORMATI

Nella nostra società, i prodotti derivati dal frumento comunemente consumati sono frutto dell'utilizzo di grani moderni geneticamente modificati (ovvero ottenuti da farine raffinate che migliorano l'attitudine alla lavorazione) e dell'impiego di nuove tecniche molitorie che aumentano la produttività, il tutto a discapito del loro valore nutritivo che può essere significativamente ridotto. Pane e pasta sono prodotti di trasformazione di farine moderne a base di grano tenero e semola o il semolato di grano duro. È proprio relativamente ai processi di panificazione e pastificazione che, negli ultimi anni, diverse aziende agricole, così come la comunità scientifica, si sono interessate al recupero e allo studio di varietà di frumento tradizionali, allo scopo di valorizzare coltivazioni locali e ottenere prodotti dalle caratteristiche nutrizionali, tecnologiche e organolettiche superiori. I prodotti derivati dai grani antichi sono quindi alimenti definibili funzionali e sostenibili che, caratterizzati da una maggiore variabilità di elementi nutritivi, offrono proprietà nutrizionali uniche. È stato ad esempio dimostrato che in confronto a pane e pasta prodotti a par-



tire da grani moderni, quelli preparati utilizzando specie antiche sono più ricchi di amminoacidi, vitamine e minerali, oltre ad avere proprietà sensoriali superiori.

TRATTAMENTI DI STABILIZZAZIONE POST RACCOLTA, NUOVI PROCESSI APPLICATI E RISULTATI

Per la produzione di alimenti derivati (sfarinati, pasta, pane, altri prodotti da forno) naturalmente è richiesto l'impiego di materie prime integre, non degradate durante lo stoccaggio post-raccolta per attività di infestanti/agenti microbici, e da fattori ambientali. Non esistendo ancora un quadro normativo che regolamenti i trattamenti di disinfezione dei grani antichi, la gestione delle avversità fungine e degli insetti dannosi è condotta seguendo i principi dell'agricoltura biologica. Le filiere di tali cereali si rifanno dunque alle stesse linee guida che disciplinano i prodotti di agricoltura biologica secondo cui gli interventi di lotta diretta agli infestanti sono maggiormente orientati alla prevenzione piuttosto che all'azione a posteriori e sono autorizzati solo quando si verifica un pericolo o un danno tale da compromettere il risultato finale della coltura [11]. Se per i grani moderni durante i processi di stoccaggio i parassiti infestanti possono essere combattuti mediante

mezzi sia fisici che chimici, la produzione biologica dei grani antichi esclude l'impiego di mezzi chimici per cui maggiore attenzione è posta verso azioni precauzionali e trattamenti biologici e fisici.

Come per i grani moderni, anche per quelli antichi, i metodi fisici utilizzati per il controllo dei parassiti in fase di stoccaggio comprendono prevalentemente l'utilizzo di gas inerti (anidride carbonica, azoto), l'utilizzo di polveri di diatomee e di sistemi di stoccaggio come i silobag, che attuano un'azione antiproliferativa degli infestanti fondamentalmente per asfissia. Il controllo dell'umidità o l'uso delle basse o delle alte temperature agiscono invece sul rallentamento del metabolismo dei fitofagi o provocano la loro distruzione termica. L'applicazione delle tecniche elencate può costituire una spesa ingente non trascurabile in alcuni contesti rurali per strutture e materiali richiesti nonché per l'impiego di manodopera qualificata. A tal fine nuove tecnologie a basso impatto ambientale e semplici da implementare su grande scala sono costantemente studiate. Tra queste l'uso delle applicazioni di potenza delle microonde si presenta come una tecnologia adatta e sostenibile poiché basata su metodi fisici (esposizione al calore per brevi tempi mediante irraggiamento di letti di

Schema 2

semi), tra l'altro testata con successo sui grani moderni [3]. Da studi scientifici è ben noto che i grani possono essere sanizzati mediante l'uso di microonde per le caratteristiche uniche del riscaldamento elettromagnetico (regione microonde): rapidità e selettività [12]. In particolare, esso permette la realizzazione di condizioni high temperature - short time, con conseguente riduzione delle perdite di nutrienti negli alimenti per i ridotti tempi di esposizione al calore. Al contempo gli shock termici indotti possono essere letali per distruggere organismi infestanti in tutti i possibili stadi di sviluppo [13]. L'azione termica discriminante è insita nella diversa composizione chimico-fisica degli infestanti rispetto a quella dei semi: i primi sono selettivamente e severamente più esposti ad incrementi di temperatura (fino al raggiungimento, in tempi estremamente rapidi, delle condizioni termiche letali) per una maggiore interazione con i campi elettromagnetici. Ciò che non consente ancora una più larga applicazione della tecnologia è l'assenza diffusa di expertise nella conduzione di processo. In quest'ambito sono in corso di sviluppo le ricerche del progetto "GIC - Giovani in campo" (PSR

Figura 2 - Fotografie dei quattro tipi di grani antichi studiati (fonte: Azienda Agricola Regionale Sperimentale Improsta sita a Eboli, Salerno)



Campania 2014-2020 Misura 16 Tipologia 16.1 Azione 2 “Sostegno ai progetti operativi di innovazione POI” - <https://giovancampo.it/>) i cui risultati sono presentati a seguire.

Letti di semi di quattro differenti ecotipi di grani antichi (Carosella e Risciola, grani teneri, e Saragolla e Senatore Cappelli, grani duri) sono stati campionati stesso batch di raccolta e suddivisi in modo da costituire diversi lotti modello di campioni non trattati e campioni irradiati. L'irraggiamento a microonde è stato effettuato in una cavità multimodale chiusa (LBP 210/50 Microwave Oven 2300 W, InLand, USA; 2450 MHz) equipaggiata con due agitatori modalici. I semi sono stati irradiati in condizioni statiche (in contenitore in Pirex) operando a 1 kW per tempi di trattamento variabili in modo da avere il raggiungimento e il mantenimento di temperature tra 60 e 70°C [13] nella massa dei semi e di variare il tempo di esposizione.

I semi dei grani antichi, sebbene abbiano modeste proprietà dissipative e ridotta capacità termica, sono in grado di interagire con le microonde riscaldandosi rapidamente anche in modo volumetrico (la bassa permittività consente alle microonde di penetrare nel letto dei grani [3; 12]). L'intensità variabile del campo di temperature è stata osservata effettuando esposizioni per diversi tempi a parità di potenza: 75 s, 90 s, 100 s e 300 s. I tempi di esposizione applicati sono stati selezionati per simulare trattamenti mild e più drastici al fine di valutarne gli effetti su alcune importanti proprietà dei semi come quelle meccaniche (rilevanti per la macinazione), germinative (rilevanti per usi di semina), di comportamento al calore (rilevanti per osservazioni di fenomeni degradativi) e di stabilità allo stoccaggio (inibizione dello sviluppo di infestanti). Nella tabella 1 sono riassunte alcune caratteristiche iniziali e post-trattamento dei semi dei grani antichi esaminati.

L'analisi dei risultati permette di affer-

Tabella 1 - Contenuto di umidità e caratteristiche dimensionali pre e post irraggiamento (100 s e 300 s a 1 KW) di proprietà fisiche quali spessore, lunghezza e altezza, relative alle varie tipologie di grani antichi presi in esame

Tipologia di grano antico	Proprietà fisiche	Condizioni operative		
		Grani non trattati	100 s 1 KW	300 s 1KW
Carosella	contenuto di umidità [%]±sd	1.44 ± 0.13	1.28 ± 0.01	0.95 ± 0.11
	spessore [mm]±sd	3.66 ± 0.54	3.57 ± 0.18	4.22 ± 0.26
	lunghezza [mm]±sd	6.40 ± 0.87	6.87 ± 0.10	6.84 ± 0.16
	altezza [mm]±sd	3.26 ± 0.26	3.28 ± 0.27	3.48 ± 0.26
Risciola	contenuto di umidità [%]±sd	1.41 ± 0.10	1.32 ± 0.11	0.98 ± 0.30
	spessore [mm]±sd	3.00 ± 0.31	3.00 ± 0.05	4.00 ± 0.20
	lunghezza [mm]±sd	6.01 ± 0.44	6.23 ± 0.21	6.05 ± 0.28
	altezza [mm]±sd	2.82 ± 0.26	2.88 ± 0.16	3.17 ± 0.16
Saragolla	contenuto di umidità [%]±sd	1.18 ± 0.15	1.05 ± 0.13	0.94 ± 0.13
	spessore [mm]±sd	3.28 ± 0.13	3.10 ± 0.01	3.93 ± 0.29
	lunghezza [mm]±sd	8.80 ± 0.62	9.12 ± 0.28	8.93 ± 0.74
	altezza [mm]±sd	3.10 ± 0.20	3.12 ± 0.20	3.32 ± 0.10
Senatore Cappelli	contenuto di umidità [%]±sd	1.18 ± 0.11	1.09 ± 0.13	0.82 ± 0.14
	spessore [mm]±sd	2.97 ± 0.28	3.22 ± 0.19	4.07 ± 0.21
	lunghezza [mm]±sd	7.30 ± 0.61	7.18 ± 0.50	7.07 ± 0.55
	altezza [mm]±sd	3.03 ± 0.10	3.20 ± 0.02	3.45 ± 0.28

mare che non è evidente alcun effetto di riduzione di umidità statisticamente significativo a seguito del trattamento termico 100 s mentre tale effetto è ben evidente per tempi di esposizione maggiori (300 s). Il trattamento a 100 s non influenza lo spessore dei chicchi, mentre il trattamento termico protratto a 300 s tende a determinare un aumento del loro spessore per tutte le tipologie di grano (rigonfiamento dovuto alla formazione di vapore interno al seme). Prove meccaniche di penetrazione e compressione, condotte mediante

TA.XTplus Texture Analyzer e appositi protocolli e probe di misura (sonda ad ago, a cilindro; applicazione norma ASAE S368.4 DEC2000 R2008 “Compression Test of Food Materials of Convex Shape”), hanno permesso di determinare parametri quali forza di penetrazione necessaria alla rottura del seme, deformazione al punto di rottura e elasticità, imponendo una deformazione nota. Questi parametri sono indici delle caratteristiche dei grani utili nei processi di trasformazione come ad esempio la molitura. I dati misurati e calcolati sono riassunti nella tabella 2.

Tipologia di grano antico	Proprietà fisiche	Condizioni operative		
		Grani non trattati	100 s 1 KW	300 s 1KW
Carosella	Forza al punto di rottura [kg]±sd	1.93 ± 0.50	2.23 ± 0.23	1.26 ± 0.34
	Deformazione al punto di rottura [%]±sd	18.95 ± 8.62	21.72 ± 5.39	9.86 ± 3.57
	Modulo elastico al 5% della deformazione [MPa]±sd	50.63 ± 5.15	56.99 ± 7.39	40.80 ± 9.31
Risciola	Forza al punto di rottura [kg]±sd	2.29 ± 0.33	2.37 ± 0.24	1.53 ± 0.38
	Deformazione al punto di rottura [%]±sd	16.65 ± 2.40	14.60 ± 1.81	10.39 ± 1.76
	Modulo elastico al 5% della deformazione [MPa]±sd	69.88 ± 12.52	75.47 ± 5.29	63.87 ± 12.80
Saragolla	Forza al punto di rottura [kg]±sd	3.67 ± 0.55	5.10 ± 0.67	1.34 ± 0.51
	Deformazione al punto di rottura [%]±sd	19.81 ± 3.62	28.00 ± 4.57	9.18 ± 1.84
	Modulo elastico al 5% della deformazione [MPa]±sd	58.92 ± 7.57	61.15 ± 2.77	36.60 ± 12.50
Senatore Cappelli	Forza al punto di rottura [kg]±sd	4.31 ± 0.64	4.33 ± 0.67	2.01 ± 0.86
	Deformazione al punto di rottura [%]±sd	24.23 ± 2.61	24.58 ± 4.10	12.99 ± 2.88
	Modulo elastico al 5% della deformazione [MPa]±sd	59.96 ± 9.67	62.28 ± 6.42	56.50 ± 9.47

Tabella 2 - Valori medi di forza di penetrazione necessaria alla rottura del seme, deformazione al punto di rottura e elasticità alla deformazione del 5% per i quattro ecotipi di grani antichi presi in esame pre e post irraggiamento (100 s e 300 s a 1 KW)

valori; particolarmente significativa è la riduzione del modulo per la varietà Saragolla.

I risultati relativi ai test di germinazione (espressi come rapporto tra semi germinati su semi totali per 100), condotti su un numero di semi statisticamente significativo a condizioni ambientali con umidificazione periodica dei letti di semina simulati, sono stati i seguenti. I grani non trattati hanno presentato capacità germinative dal 92 al 98% (ma è da puntualizzare che le condizioni indoor hanno sicuramente favorito lo sviluppo di germogli) mentre i trattamenti prolungati, 300 s, non hanno condotto alla germinazione per esposizione prolungata alle alte temperature (130-140°C), non rendendo quindi idonei i grani a scopi di semina. I semi sottoposti a 100 s (70-100°C) di irraggiamento hanno invece mostrato germogli in maniera quantitativa non trascurabile (tra il 18 e il 38%) e differenziata in base alla varietà di grano (la germinazione è meno inibita per le varietà di grano tenero). Ulteriori test condotti per tempi di esposizione inferiori (90 s e 75 s) hanno condotto a percentuali

Analizzando i risultati ottenuti dai test relativi alla forza di penetrazione a rottura risulta che il trattamento a microonde a 100 s non ha un effetto statisticamente significativo sulle tipologie di grani teneri Carosella Risciola e Senatore Cappelli, mentre si osserva una diminuzione della forza per la varietà Saragolla. Relativamente invece al trattamento a 300 s si riscontra un effetto statisticamente significativo della diminuzione della forza di penetrazione a rottura per tutti i tipi di semi. Lo stesso andamento è stato riscontrato per le misure del

parametro deformazione al punto di rottura. Si può affermare dunque che, in riferimento ai test di penetrazione, il trattamento termico più drastico determina un indebolimento generale della struttura del chicco di grano: si rompe a forze più basse e a deformazioni più basse. Sempre dai risultati ottenuti si nota come il trattamento a microonde a 100 s non ha effetto sui valori dei moduli elastici calcolati al 5% di deformazione per le diverse tipologie di grano. Applicando invece il trattamento più drastico si evince una riduzione dei

Nuove tecnologie a basso impatto ambientale vengono oggi esplorate per lo stoccaggio post-raccolta dei semi dei grani antichi. L'irraggiamento assistito da microonde è fra quelle che offrono maggiori rapidità, efficacia e sicurezza



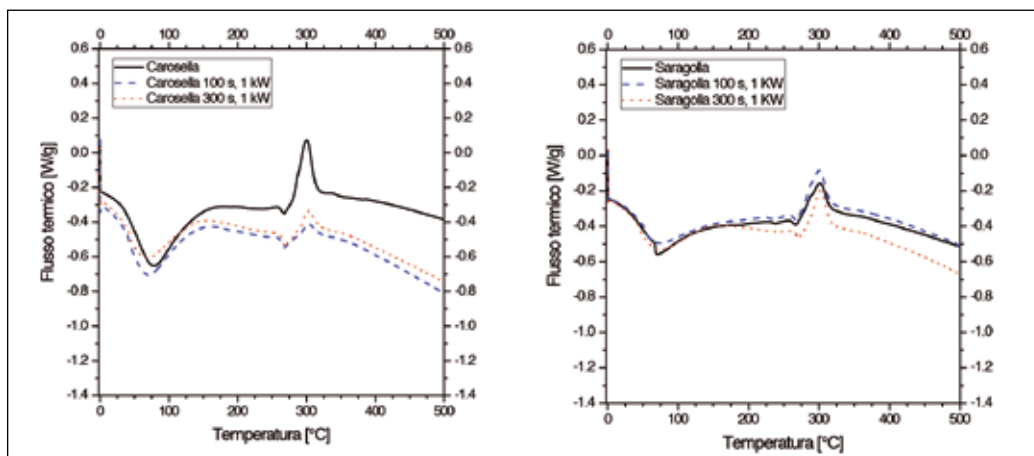


Figura 3 - Misure di calorimetria differenziale a scansione per due ecotipi di grani antichi presi in esame pre e post irraggiamento

di germinazione decisamente maggiori (superiori al 50%), confermando le evidenze sperimentali di letteratura per le quali la germinabilità si riduce all'aumentare della esposizione alle alte temperature. I risultati di misure di calorimetria differenziale a scansione (DSC), condotte sui prodotti macinati dei grani, hanno evidenziato termogrammi simili per tutte le matrici analizzate, indice del mantenimento generale delle proprietà chimico-fisiche dei semi trattati. Sono evidenti, per tutti

i profili calorimetrici i seguenti effetti termici: i) un picco endotermico prima dei 100°C, ragionevolmente dovuto alla perdita di umidità nel campione piuttosto che dalla fusione dei cristalliti di amido; ii) un secondo picco endotermico a circa 220°C dovuto alla denaturazione proteica; iii) un primo picco esotermico a circa 350°C che indica la degradazione della cellulosa (in figura 3 termogrammi relativi alla varietà Carosella - grano tenero; e alla varietà Saragolla - grano duro).

Infine, tutti i lotti di semi irradiati a microonde (100 s e 300 s), osservati dopo oltre 10 mesi non hanno mostrato lo sviluppo significativo di infestanti, contrariamente ai campioni non trattati (alcuni lotti hanno mostrato chiari segni di sviluppo di infestanti).

CONCLUSIONI

Le evidenze sperimentali ottenute, benché limitate solo ad alcune fondamentali osservazioni termofisiche e meccaniche, permettono di concludere che i trattamenti a microonde, metodo fisico a basso impatto ambientale e di facile implementazione su scala di produzione, opportunamente applicati, possono essere utilizzati con efficacia per scopi di stabilizzazione. Emerge altresì che il metodo oggetto di studio si mostra innovativo e di applicazione responsabile, caratteri rispondenti agli scopi dell'attuale politica socio-economica promossa dall'ONU-Agenda 2030, per uno sviluppo più sostenibile (<https://unric.org/it/agenda-2030/>).

Bibliografia essenziale

- Suchowilska E., et al., A comparison of macro- and microelement concentrations in the whole grain of four Triticum species. *Plant, Soil and Environment*, 2012, 58(3), 141-147
- Ismea, *Bio in cifre*. 2020, Grani antichi per cibi più salutari a Firenze il forum dei Mugnai
- Barba A.A., et al., Microwave Treatments of Cereals: Effects on Thermophysical and Parenchymal-Related Properties, *Foods* 2020, 9, 711
- Zaupá, M., Evaluation of nutritional quality of cereals: bioaccessibility and effect of thermal treatment, 2014, Università di Parma. Dipartimento di Scienze degli Alimenti
- Hidalgo, A. and A. Brandolini, Nutritional properties of einkorn wheat (*Triticum monococcum* L.). *J. of the Science of Food and Agriculture*, 2014, 94(4), 601-612
- Dinu, M., et al., Ancient wheat species and human health: Biochemical and clinical implications. *The Journal of nutritional biochemistry*, 2018, 52, 1-9
- Di Silvestro R., Di Silvestro, R., et al., Health-promoting phytochemicals of Italian common wheat varieties grown under low-input agricultural management, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2012, 92(14), 2800-2810
- Leoncini E., et al., Phytochemical profile and nutraceutical value of old and modern common wheat cultivars. *PLoS One*, 2012, 7(9)
- Sofi, F., et al., Effects of short-term consumption of bread obtained by an old Italian grain variety on lipid, inflammatory, and hemorheological variables: an intervention study, *Journal of Medicinal Food*, 2010, 13(3), 615-620
- Sofi, F., et al., Effect of *Triticum turgidum* subsp. *turanicum* wheat on irritable bowel syndrome: a double-blinded randomised dietary intervention trial, *British Journal of Nutrition*, 2014, 111(11), 1992-1999
- Agrobiologica, A.N.C., *Disciplinare di produzione Montebello dei grani antichi*, 2006
- Torrealba-Meléndez R., et al., Dielectric properties of cereals at frequencies useful for processes with microwave heating, *J Food Sci Technol*, 2015, 52(12), 8403-8409
- Fields P.G., The control of stored-product insects and mites with extreme temperatures, *J. Stored Prod. Res.*, 1992, 28, 89-118