



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti

Risorse naturali e Ambiente

*Corso di laurea Triennale in Scienze e Tecnologie Agrarie*

Frumenti antichi, un mercato in crescita. Analisi critica tra  
effettive potenzialità e falsi miti

Relatrice: Prof.ssa Vittoria Giannini

Laureando: Francesco Frizzo

Matricola n. 2006045

ANNO ACCADEMICO 2023/2024



# Indice

	Frumenti antichi, un mercato in crescita. Analisi critica tra effettive potenzialità e falsi miti.....	1
<b>1.</b>	<b>Riassunto</b> .....	5
<b>2.</b>	<b>Introduzione</b> .....	7
2.1.	Cosa sono i cereali antichi .....	7
2.2.	Un mercato in crescita: .....	8
2.3.	Un tema dibattuto e poco chiaro .....	8
<b>3.</b>	<b>Differenze agroambientali</b> .....	9
3.1.	Coltivazione a bassi input.....	9
3.2.	Stress abiotici.....	10
3.3.	Stress biotici .....	11
<b>4.</b>	<b>Composizione nutrizionale dei frumenti antichi rispetto ai moderni</b> .....	15
4.1.	Il caso specifico del Kamut®.....	15
4.2.	Esempio di cereali italiani .....	20
4.3.	Composti fenolici .....	20
<b>5.</b>	<b>Risposta degli organismi viventi ai differenti genotipi</b> .....	23
5.1.	Studi <i>in vitro</i> .....	23
5.2.	Studi su pazienti umani.....	32
5.2.1.	Sensibilità al glutine non celiaca (NCWS).....	33
5.2.2.	Celiachia.....	34
<b>6.</b>	<b>Sondaggio</b> .....	37
<b>7.</b>	<b>Discussione</b> .....	45
7.1.	Aspetti agronomico – ambientali.....	45
7.2.	Aspetti nutraceutici.....	45
<b>8.</b>	<b>Conclusione</b> .....	49

Bibliografia 51



## **1. Riassunto**

Il mercato dei cereali antichi ha avuto un forte incremento, interessando inizialmente le piccole aziende per svilupparsi negli ultimi anni anche fra i colossi dell'industria e della grande distribuzione organizzata. Il tema ha generato accesi dibattiti dai quali però il consumatore medio difficilmente riuscirebbe a trarne qualche convinta conclusione. Tra leggende metropolitane e falsi miti come la tolleranza del glutine contenuto nei cereali antichi per i celiaci, questo studio si propone di fare chiarezza sull'argomento andando a sondare gli studi certificati nella letteratura scientifica. L'attenzione è stata posta sulle differenze agronomiche e nutrizionali tra i grani pre e post rivoluzione verde, in particolare al tema della rusticità in relazione ai cambiamenti climatici, agli aspetti medico-nutrizionali come l'infiammazione e la tolleranza al glutine dei non celiaci. Lo studio si avvale inoltre della raccolta di esperienze dirette di operatori del settore quali imprenditori, agricoltori, molini e panificatori.



## 2. Introduzione

Il cibo che mangiamo oggi è diverso da quello che mangiavano i nostri nonni. Le principali differenze possiamo ascriverle oltre che al processamento anche alle cultivar e le varietà da cui otteniamo le materie prime. Ciò è sicuramente valido per il frumento, la cui selezione nel tempo è stata finalizzata all'obiettivo di aumentare la produzione e agevolare i processi colturali, tecnologici e industriali (Dinu et al., 2018), senza però tener conto degli aspetti nutrizionali e nutraceutici e di come queste modificazioni avrebbero potuto impattare l'organismo umano, evolutosi per lungo tempo con le varietà precedenti (Pecetti e Annicchiarico, 1998; Motzo et al., 2004). Nella presente disamina si andranno ad analizzare le crescenti prove scientifiche sulla possibile relazione fra l'aumento delle intolleranze alimentari (Panetto, 2023) e le varietà moderne. Diversi studi hanno analizzato il valore nutraceutico, fitochimico e sensoriale delle varietà antiche, e ne hanno suggerito un profilo migliore e più sano rispetto ai moderni.

I presunti meccanismi attraverso i quali il frumento conferisce effetti protettivi sulla salute umana sono ancora poco noti, ed in linea di massima attribuiti alle proprietà fisiche e alla struttura delle cariossidi: dimensione granulare della farina, quantità e tipo di fibra, quantità e qualità dei fitochimici, contenuto di amilosio e amilopectina, quantità e qualità delle proteine (Gil et al., 2011).

### 2.1. Cosa sono i cereali antichi

Non esiste una definizione formale, la più corretta è quella per cui si intendono antichi tutti quei cereali coltivati e selezionati prima della rivoluzione verde (anni '40-70 del 1900)<sup>1</sup>. È da ritenersi erronea la definizione popolare secondo cui i cereali antichi non hanno subito selezione genetica cosa ipotizzabile solo per alcune varietà. Si può invece intendere più precisamente che non abbiano subito una selezione genetica spinta sulla capacità produttiva in termini di quantità. Oppure, in termini morfologico-nutrizionali si possono definire come varietà di frumento a taglia alta (non nanizzati) e che non siano stati modificati in termini di composizione del glutine (Dinelli et al., 2017).

Tra questi, probabilmente il più famoso a livello internazionale è il Kamut<sup>®</sup>, in quanto marchio registrato, soggetto a monopolio e sviluppatosi grazie

---

<sup>1</sup> Per rivoluzione verde si intende l'approccio innovativo della produzione agricola che si verificò intorno agli anni '60 del secolo scorso. In questo periodo in un'agricoltura ancora largamente di sussistenza, hanno fatto ingresso la meccanizzazione, l'utilizzo di prodotti chimici di sintesi (sia concimi che prodotti fitosanitari), e una selezione genetica molto più efficiente delle specie vegetali e animali. Ciò ha determinato una crescita esponenziale delle produzioni agricole, accompagnate però da una scarsa consapevolezza in tema di sostenibilità.

ad una efficace campagna pubblicitaria. Tra i frumenti alcuni esempi di varietà autoctone italiane sono: Senatore Cappelli, Saragolla, Tumminia, Farro, Verna, Gentil Rosso, Russello, Maiorca, Biancolilla, Bidì. In Veneto particolarmente riscoperti negli ultimi anni sono stati il Canove, originario dell'omonimo paese nell'altopiano di Asiago (Vi), a 1000m di altitudine, e il Piave. Sempre dell'altopiano di Asiago è anche l'Invernizzo di Lusiana (Vi), un frumento che si potrebbe definire a duplice altitudine in quanto le sue caratteristiche lo rendevano ottimo anche per la realizzazione di manufatti in paglia (Vicenza comuni De.Co, 2015).

## 2.2. Un mercato in crescita:

Secondo un'indagine svolta da Coldiretti sui dati dei Consorzi Agrari d'Italia e della Società Italiana Sementi, il mercato dei cereali antichi è aumentato di 250 volte in 20 anni (Coldiretti, 2017), in particolare la varietà "Senatore Cappelli" che nella campagna 2017-2018 ha quintuplicato le superfici coltivate, passando dai 1000 ettari del 2017 ai 5000 nel 2018 (Coldiretti, 2018).

## 2.3. Un tema dibattuto e poco chiaro

Secondo l'Accademia Nazionale di Agricoltura, i prodotti a base di grani antichi sono *"una strategia commerciale che si basa su una narrazione ingannevole: non sono sostenibili per l'ambiente, salubri per la salute e vengono venduti a prezzi più alti senza motivo"* (accademia nazionale di agricoltura, 2023). Mentre secondo *SlowFood* i grani antichi sarebbero addirittura il futuro dell'umanità (*SlowFood*, 2016).

### 3. Differenze agroambientali

#### 3.1. Coltivazione a bassi input

Rispetto ai grani moderni, la resa in granella dei cereali antichi è relativamente bassa nelle condizioni agronomiche standard. È stato stimato da Longin e Würschum (2014) che questa resa si stabilisce solo al 38% per il farro monococco, al 45% per il farro dicocco e al 63% per il farro Spelta, rispetto ai frumenti moderni. Tuttavia, se la valutazione venisse effettuata in condizioni di basso input, oppure in agricoltura biologica, queste percentuali aumentano notevolmente (Konvalina et al., 2010; Filipcev et al., 2013; Krystyana et al., 2018; Ugrenović et al., 2018). Si ipotizza che questo sia dovuto ad un migliore adattamento dei genotipi antichi ai terreni poveri dove, inoltre, presentano culmi di minore altezza. Ciò porta a ridurre l'allettamento e ad aumentare l'indice di raccolto, consentendo rese migliori e stabili. Non è un caso, infatti, che la necessità di nanizzare i cereali si sia presentata in conseguenza dell'ingresso dei fertilizzanti chimici utilizzati per soddisfare il contenuto proteico richiesto dalle industrie di trasformazione (Dinu et al., 2018).

Nello studio di Szilvia Bencze et al. (2020) dieci varietà invernali di farro dicocco (*Triticum turgidum* subsp. *Dicoccum* Scrank) e cinque di farro monococco (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) sono state coltivate in un terreno con condizioni pedoclimatiche definibili marginali. La sperimentazione è stata condotta in Ungheria orientale nell'istituto di ricerca di Nyíregyháza (*Nyíregyháza University of Agricultural Sciences and Technology Institute*), in terreno sabbioso a bassa ritenzione idrica, a pH acido e basso contenuto di carbonio organico.

Nelle condizioni della sperimentazione, i valori medi calcolati della resa in granella per gli anni di raccolta 2016, 2017 e 2018 erano rispettivamente di 3,16 t, 1,76 t e 3,58 t per ettaro per il farro dicocco e 4,33 t, 1,34 t e 2,82 t per ettaro per il farro monococco (in linea con gli altri dati presenti in letteratura). Alcune varietà sono riuscite a produrre quasi cinque tonnellate per ettaro, ma solo nelle annate più vantaggiose. In media, nel corso degli anni il farro dicocco e monococco hanno entrambi prodotto 2,83 t/ha di cereale. Un dato certamente basso rispetto alle 7-8t/ha di un cereale moderno in un terreno fertile, ma degno di attenzione se considerato il luogo di crescita.

Prove a basso input sono state svolte in Inghilterra da Costanzo et al. (2019) utilizzando cinque varietà di farro monococco, tre di farro dicocco e tre di grano tenero moderno. Sono state coltivate in tre stagioni di crescita in regime di agricoltura biologica testando diversi tipi di rotazione. Si è riscontrata una significativa riduzione dell'altezza del culmo nella rotazione preceduta da avena

primaverile rispetto ad una leguminosa. Questo è probabilmente dovuto alla minore presenza di azoto e potrebbe avere delle implicazioni positive sul rischio di allettamento.

Dinelli et al. (2013) hanno confrontato due varietà di grano duro antiche e sei moderne coltivandole nello stesso luogo (Bologna, IT) e con una gestione agronomica a basso input per due stagioni consecutive. Le rese finali non hanno manifestato una chiara distinzione tra varietà antiche e moderne, mostrando che i genotipi moderni in condizioni di bassi input diminuiscono sensibilmente la loro resa. Il valore più elevato è stato ottenuto dall'antica varietà Urria (4,0t/ha), mentre il più basso dalla moderna Anco Marzio (2,5t/ha). L'antico senatore Cappelli ha prodotto 3,3t/ha, tutti gli altri moderni quasi 4t/ha: Iride (3,8 t/ha), Orobel (3,9 t/ha), Solex (3,9 t/ha) e Svevo (3,9 t/ha). Questi risultati suggeriscono chiaramente che le rese dei genotipi moderni, senza un elevato apporto di azoto, sono comparabili con quelle dei genotipi antichi.

Risultati analoghi sono stati ottenuti da Dinelli et al. (2014) in condizioni di basso input. Infatti, in questo caso la varietà moderna Claudio presentava una densità maggiore di piante rispetto al Kamut<sup>®</sup>, il quale però presentava un maggior numero di cariossidi per spiga e dal peso più elevato. La varietà moderna, quindi, aveva un maggior numero di spighe, ma non riusciva, in condizioni di agricoltura biologica, a esprimere il suo potenziale di rendimento.

### 3.2. Stress abiotici

Tipicamente nell'ultimo secolo, ma da sempre nelle zone marginali, i cereali antichi sono stati coltivati in condizioni agroambientali estreme dove le tecniche e le risorse moderne sono difficili da utilizzare e quindi scarsamente competitive. Oggi il cambiamento climatico ha portato regioni che prima erano considerate fertili, a mostrare condizioni diverse da quelle abituali, come lunghi periodi con temperature estreme, siccità o piogge torrenziali che alterano i normali cicli vegeto-produttivi determinando una riduzione sensibile della resa dei raccolti (Curtis e Halford, 2014).

La letteratura presenta diversi esempi che mostrano il potenziale dei frumenti antichi ed ereditari come fonti di variabilità genetica per affrontare gli stress abiotici. Al farro, per esempio, sono associate caratteristiche di resistenza al caldo (Ali et al., 2010; Ullah et al., 2018), alla siccità (Damania et al., 1992), alla tolleranza al sale (Terletskaia et al., 2017), alla tolleranza al freddo e alle inondazioni (Burgos et al., 2001). Secondo Reynolds et al. (2006) le varietà autoctone sono buone fonti genetiche per la resistenza alla siccità e secondo Hede et al. (1999) agli stress termici.

### 3.3. Stress biotici

Una delle caratteristiche più importanti di una varietà autoctona è quella di essersi coevoluita con gli agenti patogeni locali, che, ora con il libero mercato, si sono diffusi in tutto il mondo. Attraverso la coevoluzione le piante hanno sviluppato naturali meccanismi di difesa come, ad esempio, lo sfasamento del ciclo vegetativo rispetto a quello del patogeno, e per questo sono meno o per nulla suscettibili a determinati patogeni. Sin dai primi studi, iniziati nella prima metà del XX secolo, il farro è considerato un'importante fonte di geni di resistenza e studi successivi hanno confermato queste osservazioni. Nel farro monococco sono stati identificati: tre geni di resistenza alla ruggine (*Puccinia graminis*) (Kerber e Dyck, 1973; The et al., 1979), resistenza alla ruggine fogliare (*Puccinia recondita*) (Jacobs et al., 1996; Bai et al., 1998), tre geni di resistenza all'oidio (*Blumeria graminis*), (Hsam et al., 1998; Xu et al., 2008; Schmolke et al., 2012) resistenza alla *Septoria tritici* (Jing et al., 2008) e *Septorium nodorum* (Ma e Hughes, 1993).

In una varietà autoctona indiana (Khapli) sono stati caratterizzati geni di resistenza che sono stati trasferiti con successo nel grano moderno. Questa varietà ha dimostrato di essere immune all'oidio (Reed, 1916), alla peronospora, alla ticchiolatura del Fusarium (*Fusarium graminearum/Gibberella zae*) (Oliver et al., 2008), alla Maculatura della foglia (*Pyrenophora tritici-repentis*) e alla Stagonosporiosi (*Phaeosphaeria nodorum*) (Chu et al., 2008).

Similmente, anche nello Spelta sono state identificate resistenze contro la *Puccinia graminis* (McVey e Leonard, 1990), la *Septoria tritici* (Simón et al., 2010) e la Fusariosi della spiga (Wiwart et al., 2004). Anche questi geni sono stati efficacemente trasferiti nel genoma del grano tenero commerciale (Kema, 1992).

Negli esperimenti condotti da Bencze et al. (2020) alcune varietà di farro monococco e dicocco presentavano resistenza alle malattie particolarmente elevata e il monococco in particolare era resistente alla maggior parte delle malattie. Nonostante ciò, la peronospora e il Fusarium potrebbero egualmente, in determinate condizioni, rappresentare un problema.

Risultati simili sono riportati anche da Moudry et al. (2011) e Konvalina et al. (2012) (tab. 3.1) i quali hanno verificato la maggiore resistenza del farro alle malattie fungine, compresi livelli inferiori osservati di deossinivalenolo (DON o vomitossina). Alcune varietà però, si sono dimostrate meno resistenti all'allettamento, per cui è sempre da ritenersi necessaria una scelta adeguata e non generica della varietà, in base alle caratteristiche pedoclimatiche. Nel lavoro di Costanzo et al. (2019), il farro dicocco coltivato in Inghilterra è stato il più colpito dalle malattie fogliari con una media di incidenza del 27,7%. Il farro

monococco e il frumento moderno invece, hanno avuto un'incidenza minore rispettivamente dell'81,7% e dell'85,3% rispetto al dicocco. Quest'ultimo, infatti, mostra un'ampia variazione della sensibilità alle patologie fungine (Dinelli et al., 2014) e questo potrebbe essere dovuto alla zona di coltivazione; in quanto originario di regioni molto più secche (Zaharieva et al., 2010), potrebbe risentire fortemente di un clima umido come quello dell'Inghilterra. Il monococco invece ha confermato (Monneveux et al., 2014) la sua quasi totale immunità alle malattie fungine in tutti e tre gli anni di sperimentazione. Altro aspetto interessante è la contestualizzazione di tali frumenti antichi nella rotazione: l'incidenza delle malattie sul dicocco è stata del 6,66% se fatto susseguire alla leguminosa, mentre è aumentata del 98,7% se coltivato dopo l'avena, nonostante questa non sia considerata suscettibile alle stesse patologie del grano.

Secondo Van Bueren et al. (2011), l'*habitus* vegetativo a taglia alta, non è adatto alla gestione agricola convenzionale perché gli alti apporti azotati causano gravi perdite per allettamento. La taglia alta, tuttavia, può essere funzionale alla competitività nei confronti delle erbe infestanti e andrebbe gestita in regime di basso input di azoto. In una gestione biologica un culmo più alto e un apparato radicale più espanso possono risultare estremamente competitivi nei confronti delle erbe infestanti. È stato verificato, infatti, che le varietà di grano a taglia alta catturano una percentuale maggiore di radiazioni fotosintetiche (Spaner et al., 2006). Secondo Dinelli et al. (2014) il Kamut<sup>®</sup> rispetto al moderno Claudio presentava un'altezza quasi doppia (124,3 cm in media rispetto a 69,2cm) e aveva una maggiore capacità competitiva rispetto alla varietà moderna, però esclusivamente nei confronti di alcune specie infestanti con altezza di pianta piccola o intermedia (es. *C. arvense*, *L. seriola*, *R. Crispus*).

Tabella 3.1 (Konvalina et al., 2012). Differenze agronomiche tra varietà autoctone di farro, varietà antiche di farro registrate e varietà moderne di frumento.

<b>Parametro</b>	<b>Varietà locali di farro dicocco</b>	<b>Antiche varietà di frumento</b>	<b>Nuove varietà di frumento</b>
Resistenza alla peronospora (da 0 a 9)	9,00±0,00 <sup>a</sup>	7,24±0,77 <sup>c</sup>	8,03±0,89 <sup>b</sup>
Resistenza alle ruggini (da 0 a 9)	9,00±0,00 <sup>a</sup>	7,02±1,27 <sup>b</sup>	7,33±1,01 <sup>b</sup>
Altezza della pianta (cm)	114,65±16,08 <sup>a</sup>	99,67±18,07 <sup>b</sup>	89,42±13,1 <sup>c</sup>
Indice di allettamento	6,65±1,95	b 8,14±1,01 <sup>a</sup>	8,81±0,45 <sup>a</sup>
Indice di accestimento	2,48±0,87 <sup>a</sup>	1,62±0,51 <sup>b</sup>	1,52±0,49 <sup>b</sup>
N contenuto nella pianta (%)	1,54±0,31 <sup>a</sup>	1,72±0,42 <sup>a</sup>	1,77±0,55 <sup>a</sup>
N contenuto nella cariosside (%)	17,91±2,26 <sup>a</sup>	15,08±1,66 <sup>b</sup>	13,73±1,22 <sup>c</sup>
Resa (t/ha)	2,92±1,14 <sup>c</sup>	4,24±1,74 <sup>b</sup>	5,02±2,29 <sup>a</sup>
Cariosside/glumette (%)	76,56±4,07 <sup>b</sup>	100,00±0,00 <sup>a</sup>	100,00±0,00 <sup>a</sup>
Resa con cariosside decorticata (t/ha)	2,25±0,89 <sup>c</sup>	4,24±1,74 <sup>b</sup>	5,02±2,29 <sup>a</sup>
Resa in proteine (t/ha)	0,401±0,17 <sup>b</sup>	0,629±0,24 <sup>a</sup>	0,682±0,31 <sup>a</sup>
Indice di raccolto	0,33±0,05 <sup>c</sup>	0,40±0,05 <sup>b</sup>	0,46±0,03 <sup>a</sup>
Peso di mille semi (g)	31,41±3,16 <sup>c</sup>	39,55±7,51 <sup>b</sup>	43,13±4,70 <sup>a</sup>

<sup>a-c</sup> Le medie seguite da lettere diverse in apice sono statisticamente differenti (P < 0,05). Test ANOVA.



## 4. Composizione nutrizionale dei frumenti antichi rispetto ai moderni

### 4.1. Il caso specifico del Kamut®

Gli studi sono prevalentemente concordi nelle analisi delle componenti nutrizionali, ne vengono riportati qui alcuni esempi. Le presunte proprietà benefiche sono comunemente attribuite a livelli più elevati di proteine, acidi grassi insaturi, fibre solubili, minerali, vitamine e sostanze fitochimiche (Dinelli et al., 2018). In ogni caso, non è molto chiaro come i grani antichi abbiano effetti positivi sulla salute umana, a causa dei pochi studi finora condotti sull'argomento, della complessità dei sistemi biologici, della frammentazione delle conoscenze scientifiche e della grande variabilità dei genotipi. Riguardo all'ultimo aspetto è utile prendere in considerazione il caso del Kamut® in quanto viene sempre coltivato con certificazione biologica e senza mai essere ibridato o modificato geneticamente. Attualmente l'Italia ne è il più grande importatore, importando circa il 70% di tutto il Kamut® esportato in Europa (Bordoni et al., 2016).

Pasqualone et al. (2011) hanno confrontato le caratteristiche tecnologiche del Khorasan (nome volgare del commerciale Kamut®) e del farro cv. Forenza rispetto a due grani moderni: grano tenero cv. Rio e grano duro cv. Norba. Nel complesso, la sperimentazione svolta in due anni, ha indicato che entrambi i genotipi antichi presentavano un maggiore contenuto proteico rispetto ai due moderni, inoltre il Kamut® presentava una maggiore concentrazione di carotenoidi. (Tabella 4.2)

Sumczynski et al. (2015) riportano una concentrazione maggiore di proteine nel Kamut® come anche in tutti gli altri frumenti antichi analizzati (eccetto il Red wheat), e anche di lipidi, di minerali e minore di amido rispetto ai genotipi moderni. (Tabella 4.3)

In due diversi studi canadesi è stato analizzato il contenuto di fenoli e di carotenoidi. Nel primo è stata osservata una maggiore concentrazione di fenoli totali nel Kamut® rispetto a dieci cultivar di grano tenero moderno (Abdel-Aal e Rabalski, 2008), mentre nel secondo un contenuto maggiore di carotenoidi (Abdel-Aal et al., 2007).

Nel lavoro di Valli et al. (2018) finanziato dalla Kamut® Enterprises of Europe (Oudenaarde, Belgio) le analisi delle componenti nutrizionali sono state effettuate non direttamente sugli estratti/lisati del cereale, in quanto questa procedura potrebbe non rappresentare fedelmente gli elementi nutritivi effettivamente assimilati. È supponibile, infatti, che i nutrienti non siano i singoli composti presenti nel seme crudo, bensì la composizione nutrizionale complessiva e trasformata che viene assimilata dall'organismo. I cereali prima di

essere ingeriti subiscono infatti dei trattamenti tecnologici. In questo studio, quindi, sono stati confrontati due grani antichi, due patrimoniali (sinonimo statunitense di vecchie varietà) e quattro moderni, coltivati nello stesso luogo, nella stessa stagione, con le stesse condizioni agronomiche e successivamente, le farine integrali ottenute, panificate alla stessa maniera. I dati di questa ricerca, riportati nelle tabelle 4.4a e 4.4b, non mostrano una distinzione chiara del contenuto nutrizionale tra i genotipi antichi e moderni. Il pane fatto con i cereali Marquis (Ma, antico), Choteau (CH, moderno), e Fortuna (FO, moderno) presentavano il contenuto più alto di azoto, mentre la concentrazione maggiore di carboidrati disponibili si trovava in MA (antico) e FO (moderno). Il contenuto di acqua, lipidi, ceneri, energia e selenio era simile in tutti i campioni.

Dinelli et al. (2014) hanno osservato che la varietà moderna di grano duro Claudio presentava livelli proteici inferiori durante i primi due anni di test (105,0 e 94,2 g/kg) rispetto al Kamut® (111,0 e 125,0 g/kg). Durante la terza stagione di crescita invece, i livelli proteici erano simili in entrambi i genotipi (123,4 e 124,3 g/kg rispettivamente per Kamut® e Claudio). I primi due anni erano caratterizzati da delle condizioni di stress: eccessiva compattazione del terreno nel primo e grave sviluppo di erbe infestanti). Ciò evidenzia che, anche in condizioni di stress, il Kamut® era in grado di mantenere prestazioni abituali, mentre il moderno Claudio era più suscettibile, perdendo resa proteica.

Tabella 4.1 (Bordoni et al., 2016). Composizione chimica ed energetica del cereale Kamut<sup>®</sup>, di un frumento tenero moderno, e di un frumento duro moderno. N.d.=dato non rilevato.

<b>Parametro</b>	<b>KAMUT<sup>®</sup> (Khorasan)</b>	<b>Frumento tenero moderno</b>	<b>Frumento duro moderno</b>
Acqua (g/100 g)	11,07	10,42	10,94
Energia (Kcal/100 g)	337	340	339
Proteine (g/100 g)	14,54	10,69	13,68
Grassi totali (g/100 g)	2,13	1,99	2,47
Grassi saturi (g/100 g)	0,196	0,368	0,454
Grassi monoinsaturi (g/100 g)	0,213	0,227	0,344
Grassi polinsaturi (g/100 g)	0,621	0,837	0,978
Colesterolo (mg/100 g)	0	0	0
Carboidrati (g/100 g)	70,58	75,36	71,13
Fibre totali (g/100 g)	11,1	12,7	n,d,
Zuccheri (g/100 g)	7,84	0,41	n,d,
Vitamina C (mg/100 g)	0	0	0
Tiamine (mg/100 g)	0,566	0,410	0,419
Riboflavina (mg/100 g)	0,184	0,107	0,121
Niacina (mg/100 g)	6,375	4,766	6,738
Vitamina B6 (mg/100 g)	0,259	0,378	0,419
Acido folico (µg/100 g)	n,d,	41	43
Vitamina B12 (µg/100 g)	n,d,	0	0
Vitamina A (µg/100 g)	1	0	0
Vitamina E (mg/100 g)	0,61	1,01	n,d,
Vitamina D (µg/100 g)	n,d,	0	0
Vitamina K (µg/100 g)	1,8	1,9	n,d,
Calcio (mg/100 g)	22	34	34
Ferro (mg/100 g)	3,77	5,37	3,52
Magnesio (mg/100 g)	130	90	144
Fosforo (mg/100 g)	364	402	508
Potassio (mg/100 g)	403	435	431
Sodio (mg/100 g)	5	2	2
Zinco (mg/100 g)	3,68	3,46	4,16

Tabella 4.2 (Pasqualone et al., 2011). Contenuto di proteine e carotenoidi nelle cultivar antiche Kamut® e Forenza e nelle moderne Norba e Rio, coltivati per due stagioni vegetative.

<b>Parametro</b>	<b>Anno</b>	<b>Frumento duro cv, Norba</b>	<b>Kamut®</b>	<b>Farro spelta cv, Forenza</b>	<b>Frumento tenero cv, Rio</b>
Proteine (g/kg sostanza secca)	Primo	125,0±1,6	150,4±3,3	173,9±3,3	139,3±2,2
	Secondo	112,3±1,9	123,1±2,0	123,8±3,2	104,6±1,2
Carotenoidi (mg/kg sostanza secca)	Primo	4,25±0,12	4,57±0,10	3,43±0,13	1,78±0,10
	Secondo	3,81±0,13	4,61±0,13	3,38±0,11	1,70±0,18

Tabella 4.3 (Sumczynski et al., 2015). Contenuto nutrizionale. Il primo è un genotipo moderno, gli altri quattro antichi. I risultati sono espressi come percentuale rispetto al prodotto tal quale, in questo caso fiocchi di cereale.

	<b>Sostanza secca (%)</b>	<b>Cenere (%)</b>	<b>Proteina grezza (%)</b>	<b>Amido (%)</b>	<b>Grassi (%)</b>
Moderno	90,8 ± 0,8	1,7 ± 0,1	13,9 ± 0,6	63,7 ± 1,2	2,1 ± 0,1
Dickopf wheat	86,3 ± 1,1	1,8 ± 0,1	14,9 ± 0,3	51,4 ± 1,5	2,9 ± 0,1
Red wheat	89,4 ± 0,9	1,7 ± 0,1	11,9 ± 0,5	50,9 ± 1,7	3,3 ± 0,1
Kamut®	87,4 ± 0,9	2,4 ± 0,1	15,8 ± 0,4	55,1 ± 1,8	2,6 ± 0,1
Spelta	88,6 ± 1,0	2,4 ± 0,1	16,1 ± 0,7	56,3 ± 1,7	2,5 ± 0,1

Tabella 4.4a (Valli et al., 2018). Contenuto nutrizionale. KA= Kamut, SP= Spelt, MA= Marquis, TU= Turkey Red. Frumento patrimoniale è un sinonimo statunitense di vecchie varietà. I dati sono riportati con la deviazione standard. L'analisi statistica è stata effettuata con ANOVA unidirezionale e test di Tukey. Lettere diverse nella stessa riga indicano differenze statisticamente significative (almeno  $p < 0.05$ ).

Parametro	Pane fatto con frumento antichi		Pane fatto con frumento patrimoniale	
	KA	SP	MA	TU
N totale (g/100 g)	12,7 ± 0,6 <sup>c,d</sup>	13,4 ± 0,7 <sup>b,c</sup>	15,4 ± 0,8 <sup>a</sup>	12,6 ± 0,6 <sup>c,d</sup>
Carboidrati (g/100 g)	49,9 ± 1,7 <sup>a</sup>	49,7 ± 1,7 <sup>a,b</sup>	42,7 ± 1,8 <sup>c</sup>	47,1 ± 1,8 <sup>a,b,c</sup>
Lipidi (g/100 g)	1,7 ± 0,2 <sup>a</sup>	1,8 ± 0,2 <sup>a</sup>	1,7 ± 0,2 <sup>a</sup>	1,6 ± 0,2 <sup>a</sup>
Fibre (g/100 g)	5,9 ± 0,6 <sup>b</sup>	6,2 ± 0,6 <sup>a,b</sup>	8,0 ± 0,8 <sup>a</sup>	6,1 ± 0,6 <sup>a,b</sup>
Cenere (g/100 g)	2,0 ± 0,3 <sup>a</sup>	2,2 ± 0,3 <sup>a</sup>	2,1 ± 0,3 <sup>a</sup>	1,9 ± 0,3 <sup>a</sup>
Energia (Kcal/100 g)	277 <sup>a</sup>	280 <sup>a</sup>	263 <sup>a</sup>	265 <sup>a</sup>
Selenio (µg/100 g)	56 ± 20 <sup>a</sup>	79 ± 10 <sup>a</sup>	34 ± 14 <sup>a</sup>	45 ± 19 <sup>a</sup>

Tabella 4.4b (Valli et al., 2018). Contenuto nutrizionale. CH= Choteau, FO= Fortuna USA, JU=Judy, RE= Redwin. I dati sono riportati con la deviazione standard. L'analisi statistica è stata effettuata con ANOVA unidirezionale e test di Tukey. Lettere diverse nella stessa riga indicano differenze statisticamente significative (almeno  $p < 0.05$ ).

Parametro	Pane fatto con frumento moderno			
	CH	FO	JU	RE
N totale (g/100 g)	14,9 ± 0,8 <sup>a,b</sup>	15,3 ± 0,8 <sup>a</sup>	12,2 ± 0,6 <sup>d</sup>	11,3 ± 0,6 <sup>d</sup>
Carboidrati (g/100 g)	45,2 ± 1,8 <sup>a,b,c</sup>	44,8 ± 1,8 <sup>b,c</sup>	47,9 ± 1,8 <sup>a,b</sup>	49,1 ± 1,7 <sup>a,b</sup>
Lipidi (g/100 g)	1,5 ± 0,2 <sup>a</sup>	1,5 ± 0,2 <sup>a</sup>	1,6 ± 0,2 <sup>a</sup>	1,6 ± 0,2 <sup>a</sup>
Fibre (g/100 g)	7,3 ± 0,7 <sup>a,b</sup>	6,6 ± 0,7 <sup>a,b</sup>	6,4 ± 0,6 <sup>a,b</sup>	6,7 ± 0,7 <sup>a,b</sup>
Cenere (g/100 g)	2,1 ± 0,3 <sup>a</sup>	2,2 ± 0,3 <sup>a</sup>	2,3 ± 0,3 <sup>a</sup>	2,1 ± 0,3 <sup>a</sup>
Energia (Kcal/100 g)	269 <sup>a</sup>	267 <sup>a</sup>	268 <sup>a</sup>	269 <sup>a</sup>
Selenio (µg/100 g)	34 ± 14 <sup>a</sup>	40 ± 17 <sup>a</sup>	52 ± 22 <sup>a</sup>	54 ± 23 <sup>a</sup>

#### 4.2. Esempio di cereali italiani

Secondo uno studio di Truzzi et al. (2020), (Tabella 4.5), il contenuto di ceneri e proteine grezze era significativamente più alto nelle miscele di farine tradizionali e il contenuto di glutine umido, simile al contenuto di proteine grezze, era significativamente più alto nelle due miscele di farine autoctone rispetto alle tre farine di grano moderne.

Tabella 4.5 (Truzzi et al., 2020). Contenuto nutrizionale di due varietà locali italiane rispetto a tre varietà moderne. <sup>a-c</sup> rappresentano le differenze significative determinate tramite ANOVA unidirezionale con  $p \leq 0,05$ .

<b>Parametro</b>	<b>Biscottiero (moderno)</b>	<b>Panificabile (moderno)</b>	<b>Di forza (moderno)</b>	<b>Lacollina (antico)</b>	<b>Vergine (antico)</b>
Cenere (%)	0,59 <sup>b</sup>	0,60 <sup>b</sup>	0,61 <sup>b</sup>	1,06 <sup>a</sup>	1,25 <sup>a</sup>
Proteina (%)	11,0 <sup>c</sup>	11,0 <sup>c</sup>	12,4 <sup>c</sup>	15,6 <sup>a</sup>	13,2 <sup>b</sup>
Umidità (%)	11,6 <sup>a</sup>	11,8 <sup>a</sup>	11,8 <sup>a</sup>	11,6 <sup>a</sup>	12,0 <sup>a</sup>
Glutine umido (%)	19,7 <sup>b</sup>	20,3 <sup>b</sup>	22,5 <sup>b</sup>	26,4 <sup>a</sup>	24,4 <sup>a</sup>
Forza del glutine W ( $10^{-4}$ J)	119 <sup>c</sup>	238 <sup>b</sup>	389 <sup>a</sup>	64 <sup>d</sup>	53 <sup>d</sup>
Estensibilità P/L (mm/mm)	0,29 <sup>c</sup>	0,48 <sup>b</sup>	0,65 <sup>a</sup>	0,46 <sup>b</sup>	0,43 <sup>b</sup>

#### 4.3. Composti fenolici

I composti fenolici sono metaboliti secondari vegetali che contengono uno o più anelli aromatici e uno o più gruppi idrossilici. È un gruppo di composti molto diversificato, contenente svariati sottogruppi: acidi fenolici, flavonoidi, stilbeni, lignani, alchilresorcinoli. Possono essere molto variabili all'interno degli alimenti, e questo a causa del genotipo, delle condizioni ambientali e dei processi di raffinazione. Sono sostanze benefiche per la salute, in quanto antiossidanti contribuiscono alla protezione da infiammazioni, malattie croniche come il diabete, cardiovascolari e tumori.

Di Loreto et al. (2018) hanno identificato la composizione fitochimica di 22 cultivar di grano duro, 13 vecchie varietà e nove moderne. Per tutti gli acidi fenolici analizzati sono stati riscontrati valori significativamente più elevati (test ANOVA) tra i genotipi antichi rispetto ai moderni, come si può notare dalle

medie dei valori riportati in tabella 4.6. Il contenuto totale è risultato essere superiore di circa 2,05 volte rispetto ai moderni. Nel particolare, la vanillina, l'acido p-cumarico e il 4-idrossibenzaldeide erano più di due volte maggiori negli antichi rispetto ai moderni, e il contenuto di acido ferulico e siringaldeide di 1,6 volte. L'abbondanza di acido vanillico (vanillina) è particolarmente importante in quanto, oltre alla capacità antiossidante è un composto caratterizzato da un aroma deciso. I dati riportati in questo studio sono da considerarsi rappresentativi in quanto concordi con gli altri presenti in letteratura. Truzzi et al. (2019) hanno eseguito la stessa analisi anche su genotipi di frumento tenero ottenendo gli stessi risultati.

Tabella 4.6 (Di Loreto et al., 2018). Quantità di composti fenolici osservati nelle varietà moderne (VM) e antiche (VA)

	<b>Genotipo</b>	<b>4-idrossi- benzaldeide (µg/g)</b>	<b>Acido p- cumarico (µg/g)</b>	<b>Vanillin a (µg/g)</b>	<b>Siringaldeide (µg/g)</b>
1	Senatore Cappelli (VA)	0,222 <sup>a</sup>	2,316 <sup>c</sup>	1,023 <sup>a</sup>	1,110 <sup>b</sup>
2	Urria 12 (VA)	0,184 <sup>b</sup>	5,131 <sup>a</sup>	0,573 <sup>b</sup>	1,588 <sup>a</sup>
3	Tripolino (VA)	0,107 <sup>c</sup>	2,733 <sup>b</sup>	0,300 <sup>de</sup>	0,887 <sup>c</sup>
4	Margherito (OW)	0,072 <sup>d</sup>	2,066 <sup>cd</sup>	0,432 <sup>c</sup>	0,807 <sup>cd</sup>
5	Scorsonera (VA)	0,040 <sup>efgh</sup>	1,991 <sup>cd</sup>	0,311 <sup>d</sup>	0,720 <sup>de</sup>
6	Bidi (VA)	0,032 <sup>efghi</sup>	1,741 <sup>de</sup>	0,228 <sup>def</sup>	0,662 <sup>e</sup>
7	Russello (VA)	0,055 <sup>def</sup>	1,194 <sup>fg</sup>	0,196 <sup>fg</sup>	0,429 <sup>fg</sup>
8	Inglese (VA)	0,051 <sup>defg</sup>	0,186 <sup>mn</sup>	0,222 <sup>ef</sup>	0,187 <sup>ij</sup>
9	Tunisina (VA)	0,030 <sup>fghi</sup>	0,548 <sup>klm</sup>	0,051 <sup>hi</sup>	0,260 <sup>hij</sup>
10	Regina (VA)	0,010 <sup>i</sup>	0,593 <sup>ijkl</sup>	0,073 <sup>hi</sup>	0,241 <sup>ij</sup>
11	Manto di Maria (VA)	0,031 <sup>fghi</sup>	1,294 <sup>fg</sup>	0,116 <sup>ghi</sup>	0,400 <sup>fgh</sup>
12	Chiattulidda (VA)	0,025 <sup>ghi</sup>	0,940 <sup>ghij</sup>	0,094 <sup>hi</sup>	0,433 <sup>fg</sup>
13	Ruscia (VA)	0,024 <sup>hi</sup>	1,425 <sup>ef</sup>	0,075 <sup>hi</sup>	0,495 <sup>f</sup>

14	Anco Marzio (VM)	0,007 <sup>i</sup>	0,135 <sup>n</sup>	0,041 <sup>i</sup>	0,127 <sup>j</sup>
15	Claudio (VM)	0,115 <sup>c</sup>	1,206 <sup>fg</sup>	0,310 <sup>d</sup>	1,491 <sup>a</sup>
16	Iride (VM)	0,059 <sup>de</sup>	1,134 <sup>fgh</sup>	0,133 <sup>gh</sup>	0,800 <sup>cde</sup>
17	Simeto (VM)	0,017 <sup>hi</sup>	0,748 <sup>hijk</sup>	0,047 <sup>i</sup>	0,309 <sup>ghi</sup>
18	Quadrato (VM)	0,020 <sup>hi</sup>	0,375 <sup>klmn</sup>	0,034 <sup>i</sup>	0,174 <sup>ij</sup>
19	Ciccio (VM)	0,027 <sup>ghi</sup>	0,316 <sup>lmn</sup>	0,059 <sup>hi</sup>	0,132 <sup>j</sup>
20	Duilio (VM)	0,024 <sup>ghi</sup>	0,955 <sup>ghi</sup>	0,069 <sup>hi</sup>	0,230 <sup>ij</sup>
21	Alemanno (VM)	0,017 <sup>hi</sup>	0,545 <sup>jklm</sup>	0,066 <sup>hi</sup>	0,164 <sup>j</sup>
22	Creso (VM)	0,014 <sup>hi</sup>	0,582 <sup>ijklm</sup>	0,035 <sup>i</sup>	0,163 <sup>j</sup>
	<b>Media dei valori delle varietà antiche</b>	0,068 <sup>a</sup>	1,704 <sup>c</sup>	0,284 <sup>c</sup>	0,632 <sup>a</sup>
	<b>Media dei valori delle varietà moderne</b>	0,033 <sup>a</sup>	0,666 <sup>c</sup>	0,088 <sup>c</sup>	0,399 <sup>a</sup>

Lettere diverse in una colonna indicano valori statisticamente diversi.

<sup>a</sup>= p < 0,05;

<sup>b</sup>= p < 0,01;

<sup>c</sup>= p < 0,001

## 5. Risposta degli organismi viventi ai differenti genotipi

### 5.1. Studi *in vitro*

Il rinnovato interesse per i cereali antichi è ad oggi ancora piuttosto recente, per questo motivo gli studi e la bibliografia a riguardo non sono particolarmente abbondanti. Le analisi *in vitro* sono un primo livello sperimentale per determinare l'effetto di una determinata dieta sugli organismi viventi. Nei lavori qui riportati si sono condotti i primi studi preliminari su come potrebbero potenzialmente rispondere degli organismi viventi, umani in particolare, ad una differente dieta basata sui cereali antichi rispetto ai commerciali moderni di uso comune.

Nello studio di Valli et al. (2018) sono state processate e analizzate le farine di quattro cereali antichi e quattro moderni. Gli acronimi KA, SP, MA, TU identificano varietà antiche, CH, FO, JU, RE varietà moderne. Tutti gli otto genotipi sono stati coltivati nello stesso luogo, nella stessa stagione vegetativa, con le stesse tecniche e condizioni agronomiche. Le otto farine integrali ottenute hanno subito lo stesso procedimento per la preparazione del pane. Una prima analisi della capacità antiossidante totale (TAC), del contenuto fenolico totale (TPC) e del contenuto totale di carotenoidi (TCC) è stata effettuata sul pane tal quale (fig. 5.1 A-C). Successivamente ciascun pane è stato digerito *in vitro* utilizzando saliva e succo gastrico simulati a pH acido e succo pancreatico simulato a pH neutro. Sul digestato sono state poi rieseguite le analisi TAC e TPC (fig. 5.1 D-E). Infine, le soluzioni sono state ultrafiltrate e integrate con cellule HepG2 (linea cellulare).

Nella prima analisi sul pane integrale tal quale (fig. 5.1 A-C), TAC, TPC e TCC erano specifiche per ogni genotipo, senza che ci fosse una chiara distinzione di gruppo tra antichi e moderni. Ad ogni modo, all'interno del range di valori abbastanza simili di capacità antiossidante totale, SP (antico) ha mostrato il valore maggiore. È stata inoltre osservata correlazione tra i valori TAC e valori TPC, mentre nessuna correlazione tra TAC e TCC.

Dopo la digestione *in vitro* TAC e TPC (fig. 5.1 D-E) hanno mostrato valori più elevati, questo perché la digestione provoca il rilascio di composti dagli alimenti. Anche in questo caso l'analisi ha riportato dati simili tra tutti i campioni. Da notare che questa somiglianza tra il contenuto totale di fenoli nei vari campioni, rilevata in questo studio, è in controtendenza rispetto agli altri studi presenti in letteratura nei quali i fenoli sono circa due volte superiori negli antichi rispetto ai moderni.

A questo punto sono stati condotti gli esperimenti sulla coltura cellulare con cellule della linea Hep2G. Ad alcune cellule è stato aggiunto salicilato di sodio (NaS), un noto medicinale antiinfiammatorio per confrontarne l'effetto rispetto al pane digerito. È stato integrato nelle cellule ad una concentrazione simile a quella che può essere trovata nel plasma umano dopo una somministrazione terapeutica. Inoltre, per valutare eventuali interferenze citotossiche dovute alle sostanze digestive, alcune colture sono state integrate con tali sostanze in pari quantità agli altri campioni, ma senza la presenza del pane (test bianco). Secondo quanto riportato dallo studio, il test bianco non ha manifestato differenze significative rispetto al controllo, escludendo così un'eventuale alterazione dei risultati.

- Osservazioni in condizioni basali (ovvero con aggiunta solo del digestato sulla coltura cellulare) (fig. 5.1 F-L)
  - Vitalità cellulare: è risultata significativamente (ANOVA) maggiore nei genotipi antichi rispetto ai moderni.
  - Concentrazione intracellulare di ROS<sup>2</sup>: rispetto ai controlli, la concentrazione è diminuita significativamente (ANOVA) in tutti i campioni eccetto in MA e FO.
  - Produzione di ossido nitrico (NO)<sup>3</sup>: secrezione aumentata nelle cellule integrate con KA, TU e CH.
  - Secrezione di IL-8 proinfiammatorio<sup>4</sup>: in tre dei quattro moderni era significativamente più elevata, mentre significativamente inferiore in KA.
  - Espressione della proteina iNOS<sup>5</sup>: minore espressione solo nelle cellule integrate con FO.

---

<sup>2</sup> I ROS (specie reattive dell'ossigeno) sono molecole chimicamente reattive contenenti ossigeno. Si formano a seguito di uno stress ossidativo, e sono coinvolte nella segnalazione cellulare, nell'autodifesa e nell'apoptosi (Zhang et al., 2016)

<sup>3</sup> L'NO è prodotto dall'enzima ossido nitrico sintasi (NOS). L'attivazione di questo enzima può essere innescata da diversi stimoli e in modo tessuto-dipendente. È un mediatore endogeno di processi come la vasodilatazione (tipica delle infiammazioni) e la trasmissione di impulsi nervosi. È una molecola fortemente ossidante che può avere effetti citotossici.

<sup>4</sup> Le citochinine sono i principali mediatori locali delle comunicazioni intercellulari necessarie per attivare le risposte immunitarie e infiammatorie. IL-8 è una molecola proinfiammatoria che porta all'induzione di meccanismi citotossici. (Makni et al., 2011)

<sup>5</sup> Una delle tre isoforme dell'ossido nitrico sintasi.

Per osservare un possibile effetto antiinfiammatorio dei digesti, sono state usate nuove colture cellulari (sempre della linea HepG2) con terreni di coltura contenenti agenti infiammatori: (fig. 5.1 M-Q)

- Condizione infiammata:
  - Vitalità cellulare: non sono state rilevate differenze significative dal controllo
  - Concentrazione intracellulare di ROS: significativamente aumentata in tutte le cellule integrate con cereali moderni (eccetto CH)
  - Produzione di ossido nitrico (NO): aumentata solo in JU (moderno)
  - Secrezione di IL-8 proinfiammatorio: aumentato significativamente in tutti i campioni rispetto al basale, con maggiore aumento nei campioni integrati con cereali moderni (eccetto CH)
  - Espressione della proteina iNOS: nessun cambiamento rispetto al basale

In questo studio, le analisi hanno manifestato una generale somiglianza dei profili nutrizionali, e questo potrebbe essere dovuto dalle stesse condizioni di crescita e lavorazione. Non è inoltre possibile discriminare cereali antichi e moderni in base al contenuto totale di polifenoli, carotenoidi, e della capacità antiossidante (TPC, TCC e TAC) (dati in controtendenza rispetto ad altri lavori presenti in letteratura). Tuttavia, si sono osservati degli effetti nei confronti delle colture cellulari. Nelle colture basali i grani antichi hanno migliorato la maggior parte dei parametri osservati. In condizione di infiammazione, il pane di cereali moderni ha generalmente peggiorato i parametri dello stress ossidativo\infiammatorio. Nel complesso quindi, in questo studio, si riscontra un effetto diverso a parità di composizione fitochimica. I risultati in ogni caso confermano il presunto effetto benefico dei cereali antichi.

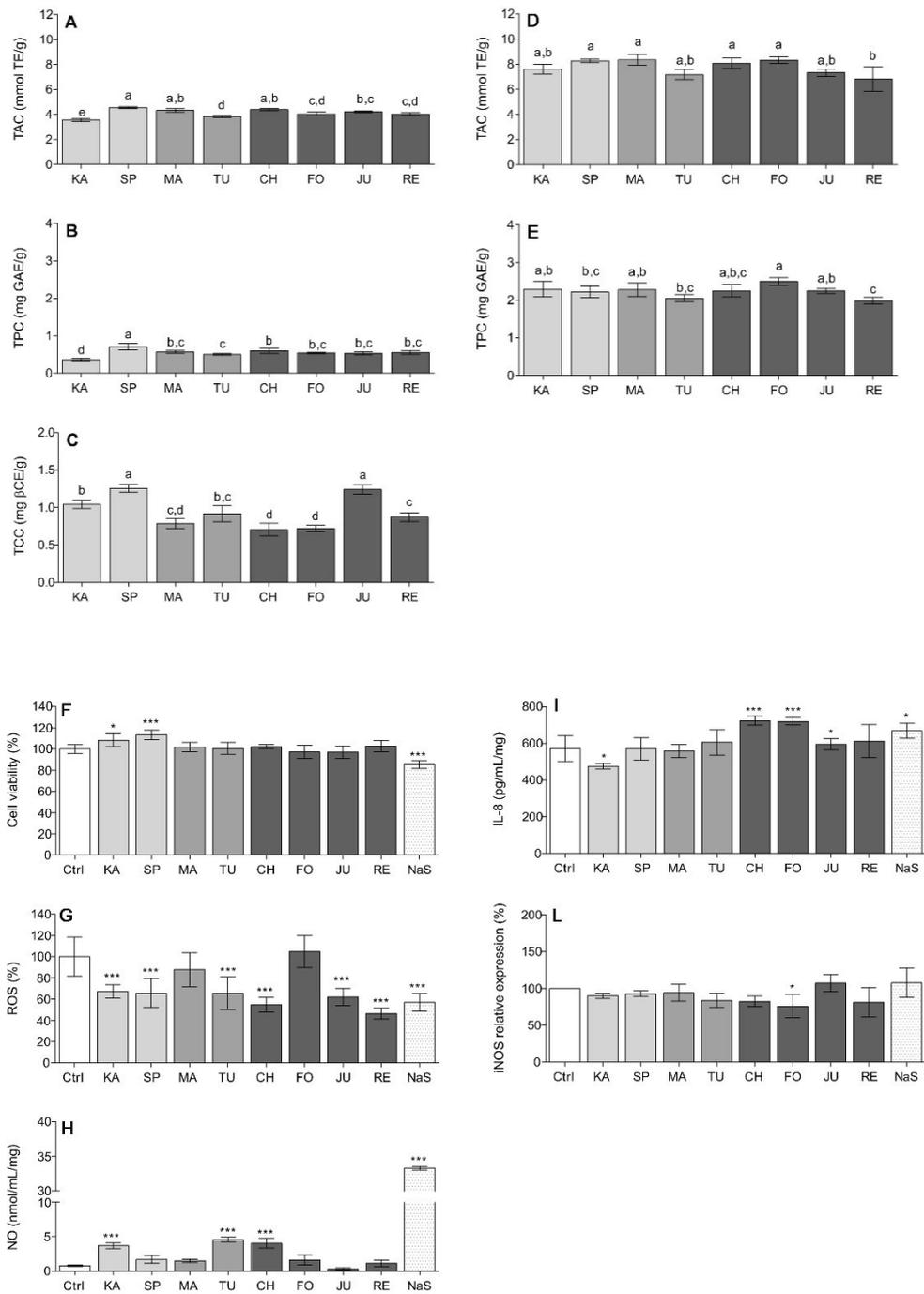


Figura 5.1 A-L (Valli et al., 2018). Cereali antichi KA, SP, MA, TU. Cereali moderni: CH, FO, JU, RE. In (A-C) le analisi del pane integrale tal quale. In (D-E) analisi del pane digerito. In (F-L) integrazione del digesto in coltura cellulare in condizioni basali. Ctrl= controllo non trattato, NaS= campione trattato con salicilato di sodio.

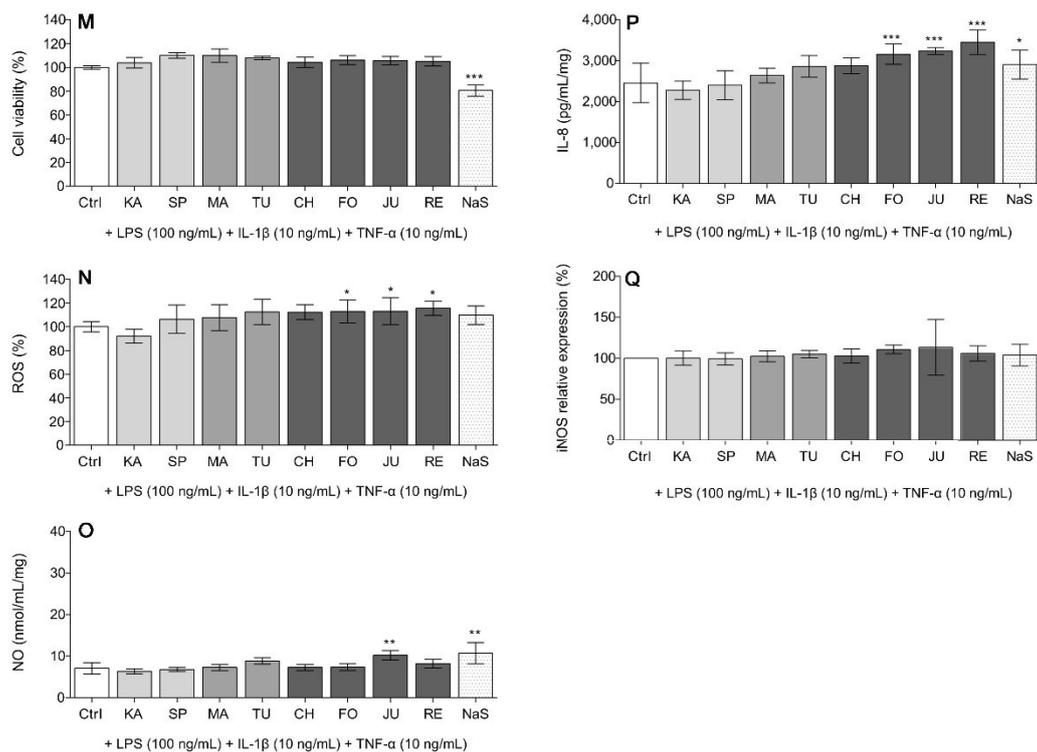


Figura 5.1 M-Q (Valli et al., 2018). Cereali antichi KA, SP, MA, TU. Cereali moderni: CH, FO, JU, RE. Integrazione del digesto in coltura cellulare in condizione infiammata. Ctrl= controllo non trattato, NaS= campione trattato con salicilato di sodio.

Truzzi et al. (2020) hanno posto particolare attenzione alla correlazione tra la forza del grano e le diverse risposte cellulari che questo comporta. Sono state studiate la citotossicità degli estratti proteici di differenti genotipi di grano, la risposta immunitaria e l'integrità dei tessuti su tre tipi diversi di colture cellulari *in vitro* che simulavano la mucosa intestinale: le monoculture Caco-2 (1), le co-culture bidimensionali Caco-2/U937(2) e le co-culture tridimensionali Caco-2/U937/L929 (3). In (1) era presente solo la linea cellulare Caco-2, in (2) sotto al primo strato Caco-2 è stata posta una matrice extracellulare contenente monociti<sup>6</sup> (U937) e in (3) ai due strati precedenti sono stati aggiunti anche fibroblasti

<sup>6</sup> I monociti sono i globuli bianchi più grandi, rappresentano dall'1 al 6% circa dei globuli bianchi del sangue. Sono prodotti all'interno del midollo osseo e poi immessi nel flusso sanguigno, da dove raggiungono i tessuti in cui si rende necessario il loro intervento. Qui aumentano di dimensioni, si differenziano e diventano macrofagi. I monociti agiscono nella risposta ai patogeni o in caso di allergia e intervengono tramite fagocitosi. (IRCS Humanitas)

<sup>7</sup>(L929) e collagene. È stata quindi misurata la proliferazione cellulare in (1), la mortalità cellulare in (2) (conseguenza di un'inflammazone), la migrazione dei monociti in (2) (simulazione di una risposta immunitaria) e la disgregazione dei tessuti in (3). Nelle figure il genotipo si identifica con la lettera A oppure M: "Nome cereale\_A" = antico, "nome cereale\_M" = moderno.

Osservazioni in (1):

- Riduzione percentuale della proliferazione cellulare dei diversi campioni rispetto al controllo non trattato (fig. 5.2):
  - Campione trattato con estratti di cereali antichi (Lacollina e Virgo): circa 20-30%.
  - Campione trattato con estratti di cereali moderni di forza media (Biscottiero e Panificabile): 40-50%.
  - Campione trattato con estratti di cereali moderni di forza (Diforza): 60%.

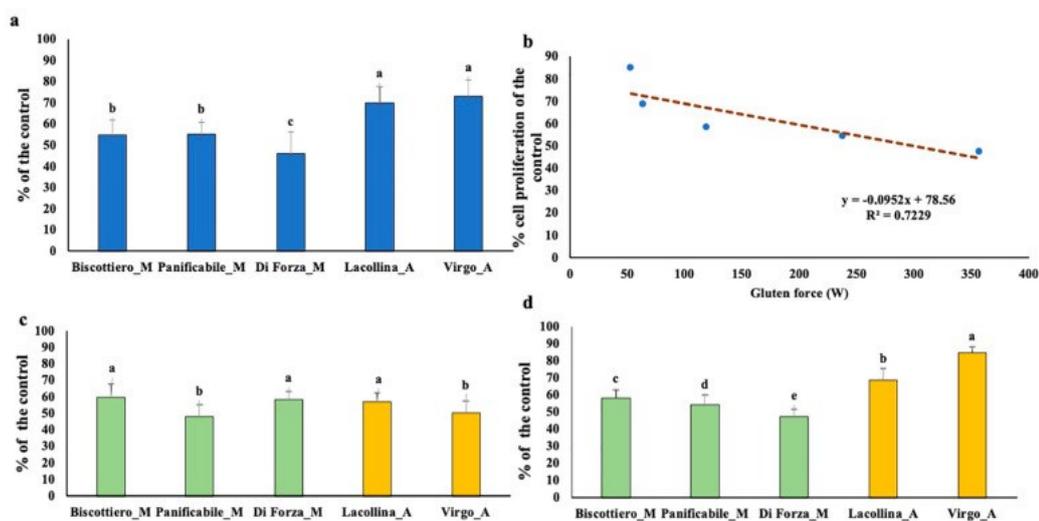


Figura 5.2: (Truzzi et al., 2020).

(1) Monocoltura Caco-2. Vitalità cellulare percentuale dopo 24h di esposizione agli estratti proteici. (a) trattamento con proteine totali (albumine + globuline + gliadine + glutenine), (c) trattamento con albumine + globuline, (d) trattamento con gliadine + glutenine. In (b) è rappresentata la correlazione inversa tra la vitalità cellulare e la forza del grano.

<sup>7</sup> I fibroblasti sono cellule del tessuto connettivo che hanno il compito di produrre la matrice connettivale, cioè le molecole che sono destinate a sostenere gli altri tessuti. Possono avere una forma molto diversificata tra loro e la loro proliferazione consente il ricambio cellulare. Possono inoltre intervenire in caso di processo infiammatorio o nel corso della guarigione di una ferita. (IRCCS Humanitas).

Osservazioni in (2):

- Mortalità cellulare (fig. 5.3):
  - Controllo non trattato: cellule morte 10%.
  - Campione trattato con estratti di cereali antichi: cellule morte 20%.
  - Campione trattato con estratti di cereali moderni: cellule morte 30-45%.
  - Campione trattato con LPS: cellule morte: 100%.

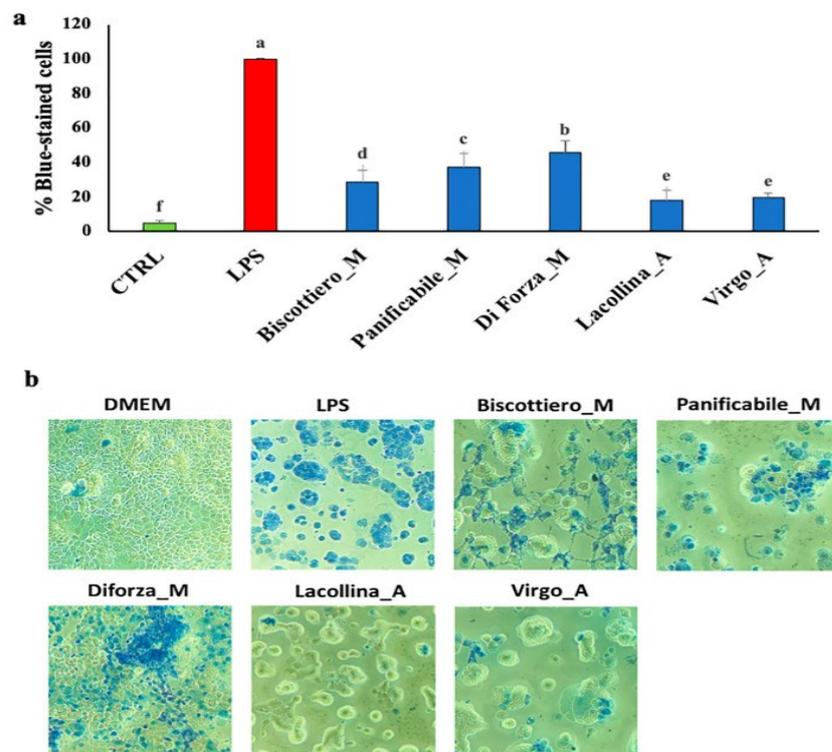


Figura 5.3: (Truzzi et al., 2020).

(2) Coltura bidimensionale Caco-2 (cellule) + monociti U937 per simulare il meccanismo di risposta immunitaria/infiammatoria. In (a) il grafico riporta la mortalità cellulare percentuale, in (b) le fotografie delle colture cellulari dove si osservano le cellule morte evidenziate mediante colorante blu. È stato aggiunto un controllo bianco con integrazione di LPS (lipopolisaccaride) che è un noto induttore dell'infiammazione. La mortalità cellulare è stata valutata in relazione al danno massimo causabile dall'infiammazione, fissato al 100% nel valore del campione trattato con LPS. DMEM e CTRL= controllo non trattato.

- Migrazioni dei monociti (fig. 5.4):
  - Controllo non trattato: migrazione minima.
  - Campione trattato con estratti di cereali antichi: migrazione simile al controllo non trattato.
  - Campione trattato con estratti di cereali moderni: migrazione maggiore rispetto al campione trattato con estratti di cereali antichi.
  - Controllo trattato con LPS: migrazione massima.

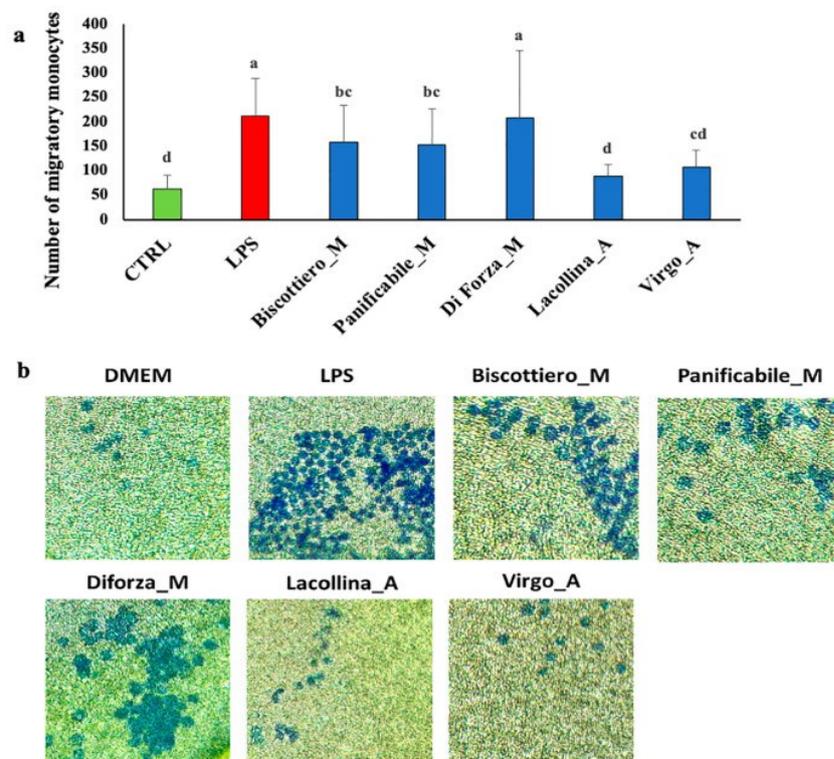


Figura 5.4: (Truzzi et al., 2020)

(2) Coltura bidimensionale Caco-2 (cellule) + monociti U937. Percentuale di migrazione dei monociti rispetto a LPS riportata nel grafico (a), in (b) fotografie delle colture cellulari con i monociti evidenziati mediante colorante blu.

Osservazioni in (3):

- Integrità delle strutture (fig. 5.5):
  - Controllo non trattato: monostrato stretto e regolare delle cellule Caco-2
  - Campione trattato con estratti di cereali antichi: simile al controllo
  - Campione trattato con estratti di cereali moderni: evidente disgregazione del monostrato e distacco del sottostante substrato extracellulare contenente i monociti

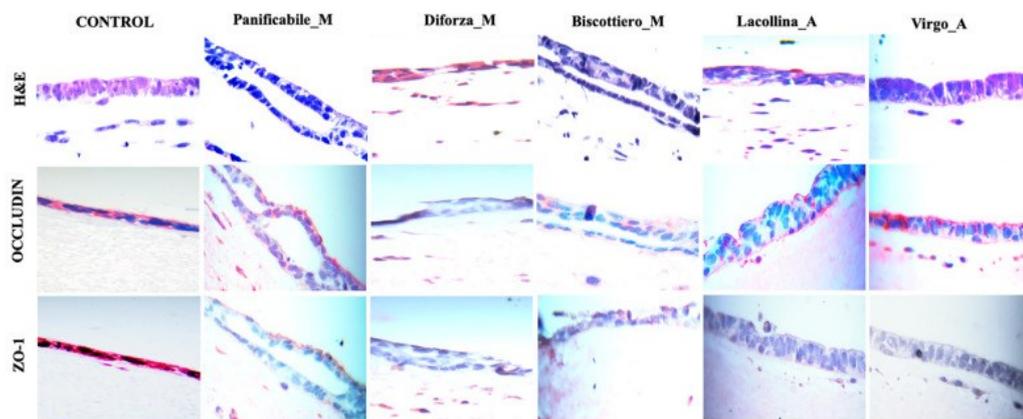


Figure 5.5: (Truzzi et al., 2020)

(3) Coltura tridimensionale Caco-2 (cellule) + U937 (monociti) + L929 (fibroblasti). Fotografie delle colture cellulari. Si nota la differente integrità delle strutture in seguito alle diverse integrazioni proteiche. Le colture hanno mostrato anche qui risultati simili ai precedenti.

È risultata quindi evidente una correlazione inversa (fig. 5.2b) tra la forza del grano e la salute dei tessuti. Le miscele di farine con maggiore forza del glutine sono risultate essere più citotossiche determinando minore proliferazione cellulare (importante per il ripristino e la funzionalità dell'epitelio intestinale soggetto ad usura), maggiore morte cellulare, attivazione dei globuli bianchi, disgregazione e permeabilizzazione dei tessuti. Il tratto gastrointestinale costituisce una barriera tra l'interno e l'esterno del nostro organismo. Quando questa barriera viene meno, ad esempio, nel nostro caso di studio a causa di infiammazione e permeabilizzazione, si verificano a cascata ulteriori risposte infiammatorie che portano allo sviluppo di malattie croniche intestinali e non solo. Un epitelio meno compatto e più permeabile può determinare il passaggio di microrganismi dannosi dal tratto digerente all'intero organismo causando un'ulteriore infiammazione (Truzzi et al., 2019).

Dei test di guarigione delle ferite sono stati eseguiti da Truzzi et al. (2019). La guarigione delle ferite di norma si compone di tre fasi: reazione infiammatoria, proliferazione (nella quale i fibroblasti svolgono un ruolo cruciale), e una fase di rimodellamento del tessuto. Dagli esperimenti è emerso che tutti i genotipi erano in grado di indurre la migrazione dei fibroblasti in maniera simile. In linea di massima, non sono state riscontrate differenze significative tra genotipi antichi e moderni nelle varietà di grano tenero. Per le varietà di grano duro invece, Kamut® ha indotto più fibroblasti alla migrazione rispetto agli altri campioni. Per quanto riguarda la proliferazione cellulare invece, i risultati del presente studio, come anche gli altri che si trovano in letteratura, sono in linea con quello precedentemente riportato.

## 5.2. Studi su pazienti umani

Cicero et al. (2018) hanno condotto uno studio sugli effetti metabolici e vascolari di un cambio di dieta da cereali moderni (miscela di *T. durum* e *T. aestivum* biologici) rispetto a una dieta basata su cereale antico (Khorasan biologico) e viceversa. Lo studio si è sviluppato su 63 volontari sani di età compresa tra i 40 e i 70 anni, non diabetici, con pressione arteriosa sistolica (PAS) di 130-139 mmHg e/o pressione arteriosa diastolica (DBP) di 85-90 mmHg, ovvero soggetti pre-ipertesi e borderline ad alta pressione con rischio cardiovascolare stimato moderatamente alto. Sono stati esclusi dallo studio pazienti con accertata ipertensione primitiva (ansia da camice bianco), obesità, diabete mellitico, malattie cardiovascolari legate all'aterosclerosi, disturbi noti della tiroide, insufficienza renale cronica, pazienti che consumavano farmaci o simili che modificano la pressione arteriosa. Per quattro settimane i pazienti hanno seguito una dieta standardizzata per poi essere assegnati casualmente ad uno dei due trattamenti in cieco (cereali antichi o moderni), consumando una quantità prescritta di specifici prodotti per quattro settimane. Dopo altrettante settimane di wash-out i due gruppi hanno invertito l'alimentazione.

Risultati: durante il trattamento sui soggetti alimentati con grano antico si è osservato un miglioramento significativo della pressione sistolica diurna e notturna e la variazione del volume del polso (come indicatore di reattività endoteliale, + 4,2% rispetto alla dieta standard e + 2,3% rispetto all'alimentazione basata sul grano moderno), si potrebbe pensare che il cambiamento sia trascurabile, in realtà un miglioramento dell'1% nella reattività endoteliale corrisponde ad una riduzione di circa il 12% del rischio di malattie cardiovascolari (Bordoni et al., 2016). Questi risultati sono parzialmente concordi con un precedente studio di Matsuzawa et al. (2015) nel quale non è stato osservato alcun effetto nella pressione arteriosa; tuttavia, potrebbe essere

dovuto al fatto che in tale studio sono stati arruolati soggetti sani, mentre nell'analisi del 2018 sono stati selezionati soggetti già ipertesi. Questo potrebbe potenzialmente indicare che l'ipertensione era dovuta proprio al regime alimentare dei soggetti predisposti ad essere maggiormente sensibili al cereale moderno. Sempre nello studio di Matsuzawa et al. (2015) è stato anche misurato un significativo miglioramento dello stato ossidativo dopo l'alimentazione con grano antico e una riduzione significativa dei fattori di rischio cardiovascolare: colesterolo LDL-C (-7,8%) e glucosio plasmatico.

### 5.2.1. Sensibilità al glutine non celiaca (NCWS)

Nel lavoro di Seidita et al. (2022) sono stati reclutati 223 pazienti con sensibilità al glutine non celiaca ed è stato monitorato il loro consumo di grani antichi. La tollerabilità clinica dei cereali è stata valutata secondo la scala di valutazione della tossicità dell'organizzazione mondiale della sanità e dei sintomi intestinali (dolori addominali, alterazione dei movimenti intestinali, nausea, vomito ecc.) ed extra intestinali (mal di testa, stanchezza, mialgia ecc.)

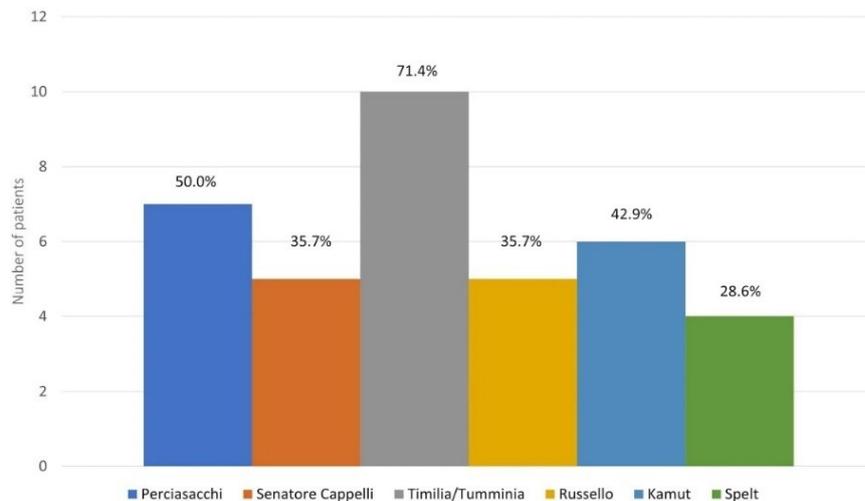


Figura 5.6: varietà utilizzate dai pazienti che hanno seguito una dieta strettamente costituita da cereali antichi (Seidita et al., 2022).

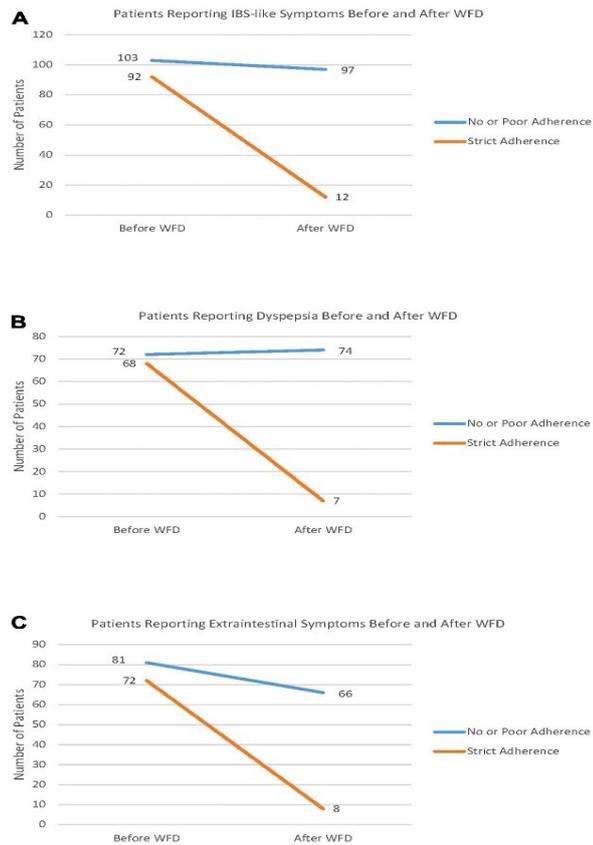


Figura 5.7: (Seidita et al., 2022).

Nei grafici si può osservare la diminuzione del numero di pazienti che riportano i sintomi della NCWS. In (a) i sintomi simili alla sindrome dell'intestino irritabile, in (b) la dispepsia, in (c) i sintomi extra intestinali. La linea azzurra indica l'assente o scarsa aderenza alla dieta basata su cereali antichi, la linea arancione la stretta o totale aderenza. Questi ultimi pazienti hanno riportato un'elevata frequenza di scomparsa o forte diminuzione dei sintomi.

### 5.2.2. Celiachia

Una delle domande più presenti nel dibattito sui cereali antichi è se essi possano essere tollerati dalle persone affette da celiachia. L'argomento è largamente dibattuto e ad oggi gli studi mostrano risultati contrastanti. Il *Triticum monococcum*, per esempio, è risultato non sicuro per il consumo da parte di persone celiache (Zanini et al., 2015), mentre alcuni studi hanno dimostrato il contrario (Pizzuti et al., 2006). Altre ricerche hanno dimostrato che le varietà antiche di grano duro coltivate in Italia non sono sicure per i celiaci (Gregorini et al., 2012). Malalgoda et al. (2019) hanno esaminato la presenza di epitopi<sup>8</sup> celiaci in diversi cereali antichi per rispondere a questa

<sup>8</sup> Epitopo: molecola complementare all'anticorpo che viene riconosciuta da esso.

domanda. Ne sono stati rilevati in tutti e tre i grani presi in esame (farro monococco, farro dicocco e Kamut®) (tab.5.1).

Tabella 5.1 (Malalgoda et al., 2019). Epitopi scatenanti la celiachia rilevati in tre diversi cereali antichi.

Peptide immunogenetico		Farro monococco	Farro dicocco	Kamut®
Tipo di gliadina	Sequenza			
Alpha gliadina	FRPQQPYPQ	✓	✓	✓
	PFPQPQLPY	✓		✓
	PYPQPQLPY			
	PQPQLPYPQ			
	QGSFQPSQQ	✓		✓
Gamma gliadina	PQSFPPQQQ			
	IQPQQPAQL			✓
	QQPQQPYPQ			
	SQPQQQFPQ			
	PQPQQQFPQ	✓		
	QQPQQPFPQ			
	PQPQQPFCQ			
	QQPFPQQPQ	✓		
Omega gliadina	PFPQPQQPF			
	PQPQQPFPW			
Omega secalina	PFPQPQQPF			
	PQPQQPFPQ			



## 6. Sondaggio

In questa sezione vengono riportati i resoconti di alcuni sondaggi rivolti a professionisti del settore agroalimentare veneto che stanno facendo uso di frumenti antichi. In larga parte i risultati del sondaggio confermano i lavori analizzati in letteratura e forniscono allo studio una rappresentazione realistica e pratica della riscoperta sempre maggiore di questi cereali.

- Azienda agricola in provincia di Verona sita a 500 - 600m s.l.m. Conduzione in biologico.
  - **Varietà coltivate:** un centinaio coltivate in parcelle; in pieno campo per la vendita stanno aumentando: Canove, Gentil Rosso, Gentil Bianco, Inallettabile, Gamba di ferro, San Pastore, Ardito, Mentana, Mara e farro monococco. Coltivati in purezza.
  - **Rese:** dai 20 ai 30 q\ha.
  - **Lavorazioni del terreno:** classiche di presemina, poi fra la semina e la raccolta nessuna.
  - **Concimazioni:** nessuna. Effettuano rotazioni con fagiolo o pascolo.
  - **Resistenza agli stress abiotici:** alta, sempre avuto produzione senza eseguire alcun intervento.
  - **Resistenza agli stress biotici e trattamenti fitosanitari:** le patologie fungine sono presenti, ma sotto la soglia di danno, mai eseguiti trattamenti fitosanitari. Diserbo mai effettuato, al massimo svecciatura della semente (eliminazione dei semi di *Vicia sativa* dalle sementi).
  - **Proprietà organolettiche:** molto elevate rispetto a un prodotto convenzionale. Facilmente digeribili.
  - **Canali di vendita (privati, ristoranti, panifici, supermercati):** vendita diretta, ristoranti e panifici.
  - **Soddisfazione dei clienti:** elevata, però bisogna saperle utilizzare a causa del basso W (120-150).
  - **Vendite (calano, crescono):** non sa.
  - **Prezzo di vendita (maggiore, minore o uguale rispetto ai prodotti classici).** 2,8 €/kg di farina, 4,5€/kg la farina di monococco.
  - **Redditività/guadagni (bene, male, normale):** la sola vendita della farina non è sufficiente per avere un buon reddito, andrebbe trasformato.
  - **Apprezzamento del produttore:** molto buono, lo si fa per interesse e passione.
  - **Altro:** servirebbero programmi di selezione per aumentare la resa mantenendo la qualità.

- Società agricola nell'altopiano dei sette comuni (Vi). Azienda sita a circa 950m s.l.m. Conduzione in biologico.
  - **Che varietà coltiva e da quanto:** varietà Canove dal 2000, ha provato anche il farro, ma con scarsi risultati.
  - **Rese:** in media 29q\ha come negli anni '30.
  - **Lavorazioni del terreno:** classiche lavorazioni in regime biologico.
  - **Concimazioni:** nessuna, rotazione quadriennale con pisello proteico.
  - **Resistenza agli stress abiotici:** semina in primavera\fine inverno, mai avuto problemi rilevanti, una sola annata sfavorevole per eccessiva piovosità e temperature sotto la media.
  - **Resistenza agli stress biotici:** patologie non presenti, mai eseguito alcun trattamento fitosanitario. Diserbo non necessario, neanche meccanico, seminando a fine inverno il frumento nasce prima delle erbe infestanti, poi la taglia alta fa effetto copertura.
  - **Proprietà organolettiche:** gusto deciso e profumato, presenta però poca forza con un W intorno a 50. Adatto per biscotti e pane a bassa lievitazione.
  - **Canali di vendita (privati, ristoranti, panifici, supermercati):** 80% è vendita diretta, il restante principalmente pizzerie.
  - **Soddisfazione dei clienti:** molto soddisfatti, ma la tematica è ancora poco conosciuta.
  - **Vendite (calano, crescono):** leggermente in aumento, da tenere conto che la coltivazione con le quantità attuali è cominciata da pochi anni.
  - **Prezzo di vendita:** farina a 2,9 €/kg.
  - **Redditività/guadagni (bene, male, normale).** Solo di frumento si guadagna, ma non si vive, deve essere valorizzato meglio.
  - **Apprezzamento del produttore:** soddisfazione senza pari, soprattutto per aver conservato, recuperato, e rimesso in produzione dopo 90 anni questa particolare varietà autoctona.
  - **Altro:** sono attività che vanno portate avanti con tenacia e per passione, più che per un aspetto meramente commerciale.
  
- Azienda agricola nella pianura dell'alto vicentino. Conduzione in biologico.
  - **Cosa coltiva e da quanto:** miscugli di diverse varietà antiche, da 18 anni.
  - **Rese:** produce metà rispetto a un frumento moderno, al massimo arriva al 60%. Però produce sempre, non ha grossi sbalzi avendo una maggiore adattabilità al clima, non ha mai avuto rese bassissime o altissime.

- **Concimazioni:** nessuna, effettua una buona rotazione (fa precedere una leguminosa) e attende almeno tre anni prima di riseminare frumento sullo stesso appezzamento.
- **Resistenza agli stress abiotici/ irrigazioni:** ha osservato reazioni diverse alla siccità in base alla varietà, al massimo qualche leggero calo di produzione, comunque non ha mai irrigato in primavera.
- **Resistenza agli stress biotici e trattamenti fitosanitari:** non effettua trattamenti diserbanti perché non sono necessari. La taglia alta determina un effetto ombreggiante, in più l'apparato radicale ben sviluppato è in grado di competere con quello delle infestanti. In 18 anni non ha mai avuto problemi seri con le ruggini da richiedere di eseguire dei trattamenti. Secondo lui il miscuglio risponde in maniera eccezionale alle avversità. Ha costituito assieme ad altri agricoltori una popolazione evolutiva nella quale hanno recuperato più varietà possibili. Questo sistema è un po' più difficile da lavorare per la disomogeneità, ma è molto resistente. L'unico trattamento necessario è contro le carie del seme. Effettua sempre la concia delle sementi con olio di girasole e un po' di ossicloruro di rame. In futuro esplorerà l'utilizzo di funghi antagonisti. Secondo lui è importante utilizzare varietà adatte al clima e alla pedologia specifici del posto. Ad esempio, non è corretto utilizzare il Canove (varietà di montagna) in pianura, oppure la varietà Piave che è adattata a terreni sciolti ricchi di scheletro se viene coltivata in purezza in suolo compatto e argilloso è probabile che si ammali. Al massimo la si può utilizzare all'interno di miscugli.
- **Proprietà organolettiche:** eccellenti, molto superiori rispetto ad un prodotto fatto con cereale moderno. Il pane non viene mai gonfio come con una farina di forza industriale, però resta morbido anche a distanza di giorni riducendo gli sprechi, mentre il pane normale il giorno dopo è già secco. Sostiene che i prodotti hanno un indice glicemico più basso. Inoltre, che le proteine siano equilibrate fra loro mentre nei moderni ci sia una preponderanza di gliadine e glutenine.
- **Canali di vendita (privati, ristoranti, panifici, supermercati):** è ancora un mercato di nicchia e per adesso si fa tutta vendita diretta, lui si affida ad un panificio per la trasformazione del pane.
- **Soddisfazione dei clienti:** il pane è buono e viene molto apprezzato. Molti soffrono di intolleranze non celiache e non riescono a mangiare pane e pizza normali, mentre i suoi prodotti riescono a mangiarli senza problemi.

- **Vendite (calano, crescono):** sono in aumento senza pubblicità, i clienti comunicano fra di loro.
  - **Prezzo di vendita (maggiore, minore o uguale rispetto ai prodotti classici):** vende il pane a circa 8€/kg. Il prezzo è alto, però bisogna considerare che non va buttato via il giorno dopo perché si conserva, è digeribile ed è buonissimo. Anche i biscotti hanno costi alti perché per la trasformazione si affida a dei laboratori artigianali che non sono efficienti come le grandi industrie. A volte costano anche il doppio o di più. In questo modo però possono permettersi di fare prove ed esperimenti data la scarsa conoscenza ancora in essere in questo settore.
  - **Apprezzamento del produttore:** molto alto, dice che non tornerà mai indietro.
- Ristorante/pizzeria in provincia di Treviso
    - **Si trovano fornitori\quantità a sufficienza:** sì anche in zona.
    - **Difficoltà di lavorazione (lievitazione, risultati più variabili), differenze?** Sì, la p/l non è molto adatta per fare i lievitati, inoltre presentano maggiore variabilità.
    - **Differenze organolettiche?** Tante, i prodotti sono molto più profumati, il gusto è ben deciso.
    - **Conservazione (presenza del germe \irrancidimento).** Sono da tenere in frigorifero alla temperatura di circa 8° C.
    - **Vendite (crescono, calano, normali):** secondo lui si vende poco se i prodotti sono costituiti dal 100% da grano antico, meglio fare delle miscele con delle moderne farine di forza.
    - **Apprezzamento clienti:** c'è, ma è una nicchia, a pochi interessa sul serio, tanti non li capiscono, per esempio capita spesso che i clienti vedano un pane scuro o poco lievitato e questo non piace.
    - **Prezzo (maggiore, minore o uguale rispetto ai prodotti classici):** molto maggiore, il farro monococco arriva anche al doppio.
    - **Guadagni (bene, male, normale).** Con le farine moderne sia hanno guadagni molti più alti perché sono prodotti standardizzati e quindi si hanno meno perdite e si lavorano più velocemente. I prodotti di grano antico sono più umidi e quindi pesano di più, però ci vuole più tempo nelle lavorazioni, e si fanno più errori. Ad esempio, per tirare una pallina di farro per la pizza bisogna stenderla a più riprese e questo causa ritardi con gli ordini. Inoltre, il consumatore per adesso ne compra poco principalmente perché costa di più.

- **Apprezzamento complessivo del titolare\ continuerà ad usarli:** la pizza con farina di Farro è la più buona del mondo, però è difficile farne un reddito. È più che altro una passione personale, una forma di artigianato che si unisce all'etica ambientale e al mangiare sano. Secondo lui è necessario cercare un compromesso.
- Pastificio in provincia di Padova
  - **Si trovano fornitori a sufficienza:** si.
  - **Difficoltà lavorazione, differenze?** Sì, la materia prima è meno standardizzata, più variabile, può dare difficoltà la minore forza del glutine. Le lavorazioni richiedono più tempo, servono temperature diverse.
  - **Differenze organolettiche?** Tante, rilevabili anche da chi non ha un palato fino, la pasta del supermercato non ha gusto in confronto. Si riescono a distinguere le varie tipologie di materia prima: colori, gusti, profumi, tutti diversi e specifici.
  - **Canali di vendita (privati, ristoranti, supermercati):** non conferiscono alla grande distribuzione organizzata, principalmente privati e negozi specializzati.
  - **Vendite (crescono, calano, normali):** in aumentano, cominciano anche ad arrivare clienti mandati dai medici con il suggerimento di mangiare meglio.
  - **Apprezzamento dei clienti:** ottimo, di solito la prima impressione è un po' particolare perché assaggiano un prodotto diverso, con il tempo percepiscono i benefici, cominciano a stare meglio.
  - **Prezzo della materia prima (maggiore minore o uguale rispetto ai prodotti classici):** più alto.
  - **Prezzo di vendita:** più alto: macinazione a pietra, processo artigianale, essiccazione lunga.
  - **Guadagni (bene, male, normale):** in questo momento vanno bene, si fa reddito per vivere.
  - **Soddisfazione del produttore:** "1 000%". È impegnativo, ma ricambia parecchio. Si instaura un giro di collegamenti e rapporti con persone appassionate.
  - **Altro:** dovrebbero essere i medici a far cultura da questo punto di vista. Mangiare sano in modo da essere più in salute, invece c'è ancora un approccio curativo invece che preventivo. Alcuni medici si stanno muovendo sotto questo punto di vista. Inoltre, c'è l'etica del territorio, di

sfruttare la potenzialità altissima che ha l'Italia nelle diversità, invece che nell'omologazione dell'industria.

- Molino in provincia di Treviso
  - **Si trovano fornitori sufficienti per soddisfare la richiesta?** Sì.
  - **Differenze\ difficoltà nella lavorazione?** No.
  - **Canali di vendita (privati, ristoranti, panifici, supermercati):** principalmente privati, e qualche panificio.
  - **Apprezzamento dei clienti:** vengono apprezzati da chi già li conosce bene, gli altri tendenzialmente dicono che fanno fatica a lievitare.
  - **Vendite (crescono, calano, normali):** il rapporto è di circa 1 su 20 rispetto alle farine di grano moderno, ma la richiesta è in aumento.
  - **Prezzo acquisto del cereale (maggiore, minore o uguale rispetto ai prodotti classici):** doppio anche triplo.
  - **Prezzo vendita della farina (bene, male, normale):** anche questo doppio o triplo.
  
- Molino in provincia di Vicenza
  - **Si trovano fornitori sufficienti per soddisfare la richiesta?** No.
  - **Differenze\ difficoltà nella lavorazione?** Data l'alta qualità del prodotto, è meglio la lavorazione a pietra in quanto conserva maggiormente le qualità organolettiche. Non dipende solo dalla macina, ma anche da tutti i passaggi nelle tubature dei classici molini a cilindri nei quali il prodotto si scalda maggiormente, mentre tipicamente i molini a pietra sono semiartigianali e la farina passa direttamente dalla macina al buratto al sacco.
  - **Canali di vendita (privati, ristoranti, panifici, supermercati):** principalmente privati e ristoranti, panifici pochi.
  - **Apprezzamento clienti:** ottimo.
  - **Vendite (crescono, calano, normali).** Aumentano. Rispetto a un moderno conferma il dato di 1 su 20.
  - **Prezzo acquisto del cereale (maggiore minore o uguale rispetto ai prodotti classici):** si arriva anche al quadruplo.
  - **Guadagni (bene, male, normale):** buono, secondo lui rendono.
  - **Apprezzamento produttore:** ottimo, tutta un'altra cosa.
  - **Conservazione:** sufficiente in luogo fresco e asciutto se il germe è stabilizzato.
  - **Altro:** si possono ottenere dei buoni lievitati anche con i cereali antichi, i siciliani per esempio vanno tranquillamente sopra i 200 W.

- Molino in provincia di Vicenza
  - **Si trovano fornitori sufficienti per soddisfare la richiesta?** Sì perché non c'è una grande richiesta.
  - **Differenze\ difficoltà nella lavorazione?** No.
  - **Apprezzamento clienti:** alto per la digeribilità e il gusto.
  - **Vendite (crescono, calano, normali):** meno di 1 su 20. Un po' in aumento.
  - **Prezzo acquisto (maggiore, minore o uguale rispetto ai prodotti classici):** doppio, monococco in particolare perché decorticandolo si perde il 40% in resa.
  - **Guadagni (bene, male, normale):** solo di cereali antichi dice non si vive.
  - **Altro:** sono interessanti a livello salutistico perché più digeribili, alcuni sono resistenti alle fitopatie, ad esempio il farro non si ammala quasi mai perché ha la cariosside vestita.



## 7. Discussione

### 7.1. Aspetti agronomico – ambientali

Con la variabilità delle condizioni climatiche sperimentate negli ultimi anni, ci si rende conto dell'importanza di preservare il più possibile l'agrobiodiversità funzionale. Per necessità economiche siamo giustamente portati a standardizzare e omologare le produzioni e le tecniche. Per questo motivo è importante mantenere delle popolazioni vegetali diversificate e che siano costantemente presenti e capaci di modificarsi e adattarsi ai cambiamenti. Queste antiche varietà hanno dimostrato indubbiamente l'adattamento e la resistenza a svariati tipi di avversità, come emerge sia dagli studi che dal sondaggio. Gli agricoltori intervistati riferiscono infatti la quasi totale assenza di qualsiasi trattamento fitosanitario, con grande beneficio ovviamente dell'agroecosistema. Estremamente importante da considerare è che non è sufficiente utilizzare un cereale antico generico. La scelta della varietà deve essere ponderata in base alle caratteristiche pedoclimatiche del luogo di coltivazione. Se un cereale è adattato a un terreno ricco di scheletro come la varietà Piave, non sarà particolarmente resistente in terreni argillosi o limosi.

La resa di un cereale antico si attesta intorno al 40-60% rispetto ad un moderno in condizioni agronomiche convenzionali, ovvero ad alti input. In queste condizioni i genotipi moderni sono certamente superiori in termini di capacità produttiva, mentre gli antichi risultano svantaggiati, in quanto oltre al basso potenziale produttivo, le abbondanti concimazioni ne aumentano la taglia già alta provocando gravi perdite a causa dell'allettamento. Se si considerano invece le situazioni a basso input, come possono essere le zone marginali, la coltivazione biologica, ma anche determinati disciplinari di produzione particolarmente restrittivi, i vantaggi dei cereali moderni diminuiscono sensibilmente. L'adattabilità al biologico potrebbe essere molto utile, se si pensa al crescente ritiro di prodotti fitosanitari e prodotti chimici di sintesi dal mercato.

### 7.2. Aspetti nutraceutici

I risultati riscontrati in questa sezione sono abbastanza variabili a causa della grande quantità e variabilità dei fattori da prendere in considerazione. Gli studi ad ogni modo sono in gran parte concordi nell'affermare una maggiore concentrazione di alcuni composti funzionali nei genotipi di frumento antico rispetto ai moderni. Principalmente si osserva un contenuto significativamente maggiore in proteine, ceneri (ovvero minerali), carotenoidi e antiossidanti. Questi ultimi in particolare sono risultati essere molto superiori, talvolta anche

più del doppio. Non mancano però studi in cui non si è osservata una chiara distinzione tra i frumenti antichi e moderni nella composizione nutrizionale, denotando una grande variabilità dei genotipi, dell'ambiente, delle tecniche colturali, e delle tecniche analitiche. Similmente anche le analisi della capacità antiossidante dei polifenoli estratti non hanno mostrato particolari differenze. Tuttavia, anche in questi studi si sono osservati differenti effetti sulle colture cellulari. In condizioni basali (condizione non infiammata), i grani antichi hanno migliorato i parametri di vitalità delle colture cellulari. In condizione di infiammazione, i cereali moderni hanno causato un generale peggioramento della condizione infiammata. Si è quindi riscontrato, in questi studi preliminari, un effetto diverso anche nel caso di parità di profilo fitochimico. In altri studi è risultata evidente la correlazione inversa tra la forza del grano (forza del glutine) e la salute delle colture cellulari. Le farine con maggiore forza del glutine sono risultate essere più citotossiche rispetto alle farine tradizionali. I cereali moderni di maggior forza causavano una riduzione della proliferazione cellulare fino al 60%, mentre gli antichi si fermavano attorno al 20-30%. I danni cellulari quantificati come cellule morte arrivavano ad essere il 45% nei cereali di forza, mentre si fermavano al 10% negli antichi. Ancora, nelle colture cellulari integrate con monociti (globuli bianchi), i cereali moderni ne causavano un maggiore attivazione, mentre gli antichi avevano in effetto minimo. È importante sottolineare che i meccanismi che generano questi risultati, sono poco noti e possono essere molteplici. Per esempio, l'attività negativa del pane fatto con cereale moderno potrebbe dipendere non solo dai composti naturalmente presenti nel grano, ma anche all'aumento della reazione di doratura (reazione di Maillard) che genera composti tossici e infiammatori come l'acrilammide. Questi composti potrebbero poi essere neutralizzati dai composti fenolici, maggiori nel frumento antico. È ipotizzabile che la modifica degli equilibri proteici per soddisfare le proprietà tecnologiche abbia portato ad una maggiore presenza di gliadine potenzialmente dannose (fig. 5.7d). Gli effetti citotossici potrebbero anche essere direttamente correlati alla frazione glutenina, in particolare la subunità HMW-GluS (Truzzi et al., 2020), il cui contenuto è aumentato in associazione all'aumento della forza della farina.

Negli esperimenti condotti sugli esseri umani le diete basate sui cereali antichi hanno determinato un abbassamento della pressione sistolica, con un cambiamento significativo tale da poter ridurre fino al 12% l'incidenza di malattie cardiovascolari. Anche qui i meccanismi non sono noti, e potrebbero essere molteplici, come per esempio una maggiore ingestione di prodotti integrali o semintegrali. Similmente, per quanto riguarda la sensibilità al glutine non celiaca, una dieta basata sui cereali antichi ha determinato

un'elevata scomparsa dei sintomi. La celiachia invece, è importante sottolinearlo, è una malattia autoimmune che non si risolve con l'assunzione di grano antico, bensì con l'assenza totale di glutine dalla dieta.



## 8. Conclusione

Il mantenimento delle vecchie varietà per il miglioramento genetico del futuro. Già solo questo aspetto sarebbe più che sufficiente per giustificare la destinazione di una parte della superficie agricola utilizzabile alla conservazione dei cereali antichi. Assumere posizioni estremiste e toni accesi non è quasi mai una scelta ragionevole soprattutto nel momento in cui, con i progressi della scienza e della tecnica si scopre che le cose che ci sarebbero da sapere per poter giustificare tali posizioni, sono a noi inaccessibili. L'utilizzo dei metodi scientifici ci fa capire quanto poco, pur nel molto lavoro, si riesca a carpire la complessità che ci circonda. Se da un lato esistono speculazioni, campagne di marketing e grossolane imprecisioni diffuse a livello popolare, è anche vero che, alla luce di questo studio, non è corretto giungere a delle rapide conclusioni. Ulteriori informazioni e dati rispetto a quelle presentate in questo elaborato consentiranno di giungere ad un quadro più completo sulla tematica. Senza dubbio, per le loro attitudini, le varietà antiche potrebbero risultare ben vocate alle zone marginali come le montagne, in progressivo stato di abbandono, sia culturale che culturale, così come quelle fertili. Dal punto di vista nutrizionale e organolettico, si deduce come sia probabilmente necessario integrare alla quantità dei cereali moderni anche determinate caratteristiche qualitative. Un passaggio simile è stato già affrontato dalla zootecnia negli anni passati, quando ci si è accorti che aumentando la produzione di latte della razza frisona, cominciarono a diminuire i parametri qualitativi della proteina e del grasso. Venne così eseguito un intervento correttivo nel miglioramento genetico. Grande interesse rivestono inoltre per le produzioni biologiche che necessitano di varietà resistenti. Non meno importante, se il fulcro di tutta la trattazione è la salute, è considerare il valore umano delle varietà locali. La storia, l'identità, il senso di appartenenza, le interazioni sociali sono componenti fondamentali della salute psicologica di un individuo e le varietà locali ne contribuiscono al mantenimento.



## Bibliografia

- A. Gil, R. O. (2011). Wholegrain cereals and bread: a duet of the Mediterranean diet for the prevention of chronic diseases. *Public Health Nutrition*, 14(12A):2316-22.
- A. Pasqualone, A. P. (2011, marzo 18). Evaluation of the Technological Characteristics and Bread-Making Quality of Alternative Wheat Cereals in Comparison with Common and Durum Wheat. *Food Science and tecnologia International*. 17(2):135-42.
- A.B. Damania, S. H. (1992). Evaluation of variation in Triticum dicoccum for wheat improvement in stress environments. *Hereditas*, 116 (1-2):163-166.
- A.R. Hede, B. S. (1999). Evaluating genetic diversity for heat tolerance traits in Mexican wheat landraces. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 46(1):37-45.
- A.S. Jacobs, Z. P. (1996). Mechanisms associated with wheat leaf rust resistance derived from Triticum monococcum. *Phytopathology*, 86:588-595.
- Alessandra Bordoni, F. D. (2016, ottobre 28). Ancient wheat and health: a legend or the reality? A review on KAMUT khorasan wheat. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 68(3):278-286.
- Alessandro Di Loreto, S. B. (2018). Determination of phenolic compounds in ancient and modern durum wheat genotypes. *Electrophoresis*, 39:2001-2010.
- Alimentazione e patologie correlate*. (2018, novembre 29). Retrieved from Nutrizione: <https://www.salute.gov.it/portale/nutrizione/dettaglioContenutiNutrizione.jsp?id=1459&area=nutrizione&menu=patologie#:~:text=La%20cattiva%20alimentazione%20causa%20ogni, Sanit%C3%A0%20Pubblica%20del%20nostro%20Paese>.
- Ambrogio Costanzo, D. C. (2019). Performance and Nutritional Properties of Einkorn, Emmer and Rivet Wheat in Response to Different Rotational Position and Soil Tillage. *Sustainability*. 11(22), 6304.
- Anne M. Minihane, S. V. (2015). Low-grade inflammation, diet composition and health: current research evidence and its translation. *Cambridge University Press*, 114(7): 999–1012.
- Arrigo F. G. Cicero, F. F. (2018). Short-Term Hemodynamic Effects of Modern Wheat Products Substitution in Diet with Ancient Wheat Products: A Cross-Over, Randomized Clinical Trial. *Nutrients*. 10(11):1666.
- Aurelio Seidita, P. M. (2022). Potential tolerability of ancient grains in non-celiac wheat sensitivity patients: A preliminary evaluation. *frontiers*. 9:995019.
- B. Filipcev, O. S.-S. (2013). Comparison of the bread-making performance of spelt varieties grown under organic conditions in the environment of northern Serbia and their responses to dough strengthening improvers. *Hemijska Industrija*, 67(3):443-453.
- Boom pasta da grani antichi, quintuplicate le semine*. (2018, luglio 7). From Coldiretti: <https://www.coldiretti.it/economia/pasta-da-grani-antichi-boom>

- C.F.H. Longin, T. W. (2014). Genetic variability, heritability and correlation among agronomic and disease resistance traits in a diversity panel and elite breeding material of spelt wheat. *Plant Breeding*, 133(4):459-464.
- C.G. Chu, T. F. (2008). Evaluation of seedling resistance to tan spot and *Stagonospora nodorum* blotch in tetraploid wheat. *Crop Science*, 48(3):1107-1116.
- Che cos'è l'infiammazione da alimenti?* (2021, novembre 5). (A. U. Modena, Producer) Retrieved 10 10, 2023, from Alimenti & Salute.
- Consumi: torna pasta da grani antichi, +250 volte in 20 anni.* (2017, maggio 24). Retrieved ottobre 11, 2023, from Coldiretti: <https://www.coldiretti.it/coldiretti-it/consumi-torna-pasta-da-grani-antichi-250-volte-in-20-anni>
- D. Bai, D. K. (1998). The inheritance of leaf and stem rust resistance in *Triticum monococcum* L. *Canadian Journal of Plant Science*, 79(2):223-226.
- D.V. McVey, K. L. (1990). Resistance to wheat stem rust in spring spelts. *Plant Disease*, 74:966-969.
- Daniela Sumczynski, Z. B.-W. (2015). Total phenolics, flavonoids, antioxidant activity, crude fibre and digestibility in non-traditional wheat flakes and muesli. *Food Chemistry*, 174:319-325.
- E.R. Kerber, P. D. (1973). Inheritance of stem rust resistance transferred from diploid wheat (*Triticum monococcum*) to tetraploid and hexaploid wheat and chromosome location of the gene involved. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*, 15(3):397-409.
- El-Sayed M. Abdel-Aal, I. R. (2008). Bioactive Compounds and their Antioxidant Capacity in Selected Primitive and Modern Wheat Species. *The Open Agriculture Journal*.2:7-14.
- El-Sayed M. Abdel-Aal, J. C.-R. (2007). Identification and Quantification of Seed Carotenoids in Selected Wheat Species. *Journal of AGRICULTURE AND FOOD CHEMISTRY*, 55(3):787-794.
- Farina di grano tenero biologica.* (n.d.). Retrieved from Bisele società agricola: <https://agribisele.it/prodotti/farina-di-grano-tenero-biologica/>
- Fibroblasti.* (n.d.). Retrieved from Humanitas. <https://www.humanitas.it/enciclopedia/glossario-immunologia/fibroblasti/>
- Francesca Truzzi, C. T. (2020). Pro-Inflammatory Effect of Gliadins and Glutenins Extracted from Different Wheat Cultivars on an In Vitro 3D Intestinal Epithelium Model. *International journal of molecular sciences*. 22(1):172.
- Francesca Truzzi, G. D. (2019). Phenolic acids of modern and ancient grains: Effect on in vitro cell model. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(11):4075-4082.
- G. Dinelli, I. M.-R.-G. (2018). Health benefits of ancient grains. Comparison among bread made with ancient, heritage and modern grain flours in human cultured cells. *Food Research International*, 107:206-215.

- Giovanni Dinelli, D. S. (2014). Agronomic traits and deoxynivalenol contamination of two tetraploid wheat species (*Triticum turgidum* spp. durum, *Triticum turgidum* spp. turanicum) grown strictly under low input conditions. *ITALIAN JOURNAL OF AGRONOMY*. 9(3):127-135.
- Giovanni Dinelli, I. M. (2013). Agronomic, Nutritional and Nutraceutical Aspects of Durum Wheat (*Triticum Durum* Desf.) Cultivars Under Low Input Agricultural Management. *Italian Journal of Agronomy*. 8(2):85.
- Giovanni Dinelli, S. B. (2017, novembre 11). *Coltivare salute con i frumenti "antichi": dal passato una risorsa per il futuro*. From Cronaca Comune:  
[https://www.cronacacomune.it/media/uploads/allegati/44/presentazione\\_11nov2017\\_dinelli\\_virgo.pdf](https://www.cronacacomune.it/media/uploads/allegati/44/presentazione_11nov2017_dinelli_virgo.pdf)
- Grano tenero*. (n.d.). Retrieved from Humanitas:  
<https://www.humanitas.it/enciclopedia/alimenti/cereali/grano-tenero/>
- Gregorini, M. S. (2012). Are Ancient Durum Wheats Less Toxic to Celiac Patients? A Study of  $\alpha$ -Gliadin from Graziella Ra and Kamut. *ScientificWorldJournal*. 2012(7):837416
- H. Ma, G. H. (1993). Resistance to *Septoria nodorum* blotch in several *Triticum* species. *Euphytica*, 70:151-157.
- H. Xu, G. Y. (2008). Identification and mapping of Pm2026: a recessive powdery mildew resistance gene in an einkorn (*Triticum monococcum* L.) accession. *Theoretical and Applied Genetics*, 117(4):471-7.
- H.-C. Jing, D. L. (2008). Phenotypic and genetic analysis of the *Triticum monococcum*—*Mycosphaerella graminicola* interaction. *New Phytologist*, 179(4):1121-1132.
- Hummer, K. E. (2015). In the Footsteps of Vavilov: Plant Diversity Then and Now. *American Society for Horticultural Science*, 50(6):784-788
- I grani antichi sono una bufala che truffa il consumatore*. (2023, ottobre 26). Retrieved novembre 10, 2023, from Accademia Nazionale Agricoltura: <https://www.accademia-agricoltura.it/i-grani-antichi-sono-una-bufala-che-truffa-il-consumatore/>
- IRCCS HUMANITAS RESEARCH HOSPITAL*. Retrieved from Celachia.  
<https://www.humanitas.it/malattie/celiachia/>
- J. Zhang, X. W. (2016). ROS and ROS-mediated cellular signaling. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2016:4350965
- Jan Moudrý, P. K. (2011). Ancient wheat species can extend biodiversity of cultivated crops. *Scientific Research and Essays*, Vol.6(20): 4273-4280.
- Julie M. Hess, C. B. (2021, ottobre 11). Exploring the Links between Diet and Inflammation: Dairy Foods as Case Studies. *Advances in Nutrition*. 12(1):1S-13S.
- Kema, G. (1992). Resistance in spelt wheat to yellow rust. I. Formal analysis and variation for gliadin patterns. *Euphytica*, 63:207-217.

- L. Pecetti, P. A. (1998). Agronomic value and plant type of Italian durum wheat cultivars from different eras of breeding. *Euphytica*, 99:9-15.
- Lammerts van Bueren, S. J. (2011). The need to breed crop varieties suitable for organic farming using wheat, tomato and broccoli as examples: a review. *Life Science*, 58: 193-205.
- M. Makni, Y. C. (2011). Evaluation of the antioxidant, anti-inflammatory and hepatoprotective properties of vanillin in carbon tetrachloride-treated rats. *European Journal of Pharmacology*, 668(1-2):133-139.
- M. Reynolds, F. D. (2006). Drought-adaptive traits derived from wheat wild relatives and landraces. *Journal of Experimental Botany*, 58(2):177-186.
- M. Schmolke, V. M. (2012). A new powdery mildew resistance allele at the Pm4 wheat locus transferred from einkorn (*Triticum monococcum*). *Molecular Breeding*, 29:449-456.
- M. Wiwart, J. P. (2004). Response of some cultivars of spring spelt (*Triticum spelta*) to *Fusarium culmorum* infection. *Die Bodenkult*, 55(3):103-111.
- M.R. Simón, E. K. (2010). Mapping quantitative resistance to *Septoria tritici* blotch in spelt wheat. *European Journal of Plant Pathology*, 128:317-324.
- Maneka Malalgoda, J.-B. O. (2019). Celiac Antigenicity of Ancient Wheat Species. *Foods*. 8(12): 675
- Maria Zaharieva, N. G. (2010). Cultivated emmer wheat (*Triticum dicoccon* Schrank), an old crop with promising future: A review. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 57:937-962.
- Marina Mefleh, F. B. (2022). Suitability of Improved and Ancient Italian Wheat for Bread-Making: A Holistic Approach. *Life*. 12(10):1613.
- Matsuzawa Y., K. T. (2015). Prognostic value of flow-mediated vasodilation in brachial artery and fingertip artery for cardiovascular events: A systematic review and meta-analysis. *Journal of American Heart Association*. 4(11):e002270.
- Mohamed B. Ali, A. M. (2010). Wild Tetraploid Wheat (*Triticum turgidum* L.) Response to Heat Stress. *Journal of Crop Improvement*, 24(3):228-243.
- Monica Dinu, A. W. (2018, febbraio). Ancient wheat species and human health: Biochemical and clinical implications. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 52:1-9.
- Monneveux, M. Z. (2014). Cultivated einkorn wheat (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*): the long life of a founder crop of agriculture. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 61(3):677-706.
- Monociti*. (n.d.). Retrieved from Humanitas.
- N. Maxted, B. F.-L. (1997). Complementary conservation strategies. *Plant Genetic Conservation*, 15-39.
- N. Terletskaia, N. Z. (2017). Growth and photosynthetic reactions of different species of wheat seedlings under drought and salt stress. *Periodicum Biologorum*, 119(1): 37-45.

- P. Konvalina, I. C. (2010). Agronomic characteristics of the spring forms of the wheat landraces (einkorn, emmer, spelt, intermediate bread wheat) grown in organic farming. *Journal of Agrobiology*, 27(1):9-17.
- Panetto, M. (2023, settembre 21). *In Salute. Allergie alimentari in aumento: "Lo stile di vita moderno incide"*. Retrieved from Il Bo live Università di Padova:  
<https://ilbolive.unipd.it/it/news/salute-allergie-alimentari-aumento-stile-vita>
- Petr Konvalina, I. C. (2012). Differences in yield parameters of emmer in comparison with old and new varieties of bread wheat. *African Journal of Agricultural Research* ,7: 986-992.
- Philip C. Calder a b, N. B.-S. (2017, novembre). Rilevanza per la salute della modificazione dell'inflammation di basso grado nell'invecchiamento (inflammageing) e ruolo della nutrizione. *Aging Research Reviews (ARR)* , 40: 95-119.
- Pizzuti D., B. A. (2006). Lack of intestinal mucosal toxicity of Triticum monococcum in celiac disease patients. *Scandinavian Journal of Gastroenterology* . 41(11):1305-11.
- R. Motzo, S. F. (2004). Relationship between grain yield and quality of durum wheats from different eras of breeding. *Euphytica*, 140: 147-54.
- R.E. Oliver, X. C. (2008). Evaluation of fusarium head blight resistance in tetraploid wheat (Triticum turgidum L.). *Crop Science*, 48(1):213-222.
- Reed, G. (1916). The Powdery Mildew of Avena and Triticum. *Research Bulletin of Missouri*.
- S. Burgos, P. S. (2001). Agronomic and physiological study of cold and flooding tolerance of spelt (Triticum spelta L.) and wheat (Triticum aestivum L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 187(3):195-202.
- S. Ullah, H. B. (2018). Genetic contribution of emmer wheat (Triticum dicoccon Schrank) to heat tolerance of bread wheat. *Frontiers in Plant Science*. 9:1529.
- S.L.K. Hsam, X. H. (1998). Chromosomal location of genes for resistance to powdery mildew in common wheat (Triticum aestivum L. em Thell.). 5. Alleles at the Pm1 locus. *Theoretical and Applied Genetics*, 96:1129-1134.
- Scaccabarozzi, P. (2022, giugno 6). *Celiachia: in Italia diagnosticata meno della metà dei casi*. Retrieved from Fondazione Veronesi:  
<https://www.fondazioneveronesi.it/magazine/articoli/alimentazione/celiachia-in-italia-diagnosticata-meno-della-meta-dei-casi>
- Sementia – Grani antichi per il futuro dell'umanità*. (n.d.). From slowfood.it:  
<https://www.slowfood.it/campania/sementia-grani-antichi-futuro-dellumanita/>
- Spaner, H. M. (2006). Competitive ability of wheat in conventional and organic management systems: a review of the literature. *Plant Science*, 86: 333-43.
- Szilvia Bencze, M. M. (2020). Re-Introduction of Ancient Wheat Cultivars into Organic Agriculture—Emmer and Einkorn Cultivation Experiences under Marginal Conditions. *Sustainability*. 12(4):1584.

- T. Curtis, N. H. (2014). Food security: the challenge of increasing wheat yield and the importance of not compromising food safety. *Annals of Applied Biology*, 164(3):354-372.
- T. The, R. M. (1979). Cytogenetical studies in wheat. IX. Monosomic analyses, telocentric mapping and linkage relationships of genes Sr21, Pm4 and Mle. Australian. *Australian Journal of Biological Sciences*, 32:115-125.
- Todaro, F. D. (n.d.). *Gluten sensitivity, a «scatenarla» è un'eccessiva permeabilità intestinale*. Retrieved from Fondazione Veronesi.
- V. Ugrenović, M. B.-S. (2018). Analysis of spelt variability (*Triticum spelta* L.) grown in different conditions of Serbia by organic conditions. *Genetika*, 50(2):635-646.
- Veronica Valli, A. T. (2018). Health benefits of ancient grains. Comparison among bread made with ancient, heritage and modern grain flours in human cultured cells. *Food Research International*. 107:206-215.
- W. Shi, F. T. (2014). Vulnerability of African maize yield to climate change and variability during 1961–2010. *Food Security* , 6:471-481.
- Ž.-G. Krystyna, M. K. (2018). Physical and technological properties of kernels and flour made from spelt grown in an organic farming system in north-eastern Poland. *Journal of Cereal Science*, 79:501-507.
- Zanini B., V. V. (2015). *Triticum monococcum* in patients with celiac disease: A phase II open study on safety of prolonged daily administration. *European Journal of Nutrition*. 54(6):1027-9.

## Ringraziamenti

Ringrazio la professoressa Giannini per l'aiuto e la pazienza.

La mia famiglia, tutti gli amici, tutti i maestri conosciuti fino ad oggi.