

**AVVISI PUBBLICI REGIONALI DI ATTUAZIONE PER L'ANNO 2015 DEL TIPO DI
OPERAZIONE 16.1.01 "GRUPPI OPERATIVI DEL PEI PER LA PRODUTTIVITÀ E LA
SOSTENIBILITÀ DELL'AGRICOLTURA"
OCUS AREA 2A, 4B, 4C, 5A E 5E
DGR N. 2268 DEL 28 DICEMBRE 2015**

RELAZIONE TECNICA INTERMEDIA FINALE

DOMANDA DI SOSTEGNO 5005499

DOMANDA DI PAGAMENTO 5157078

FOCUS AREA: 2A

Titolo Piano	ADATTAMENTO DI MISCUGLI VARIETALI E POPOLAZIONI EVOLUTIVE DI FRUMENTO TENERO PER IL SETTORE DELLE PRODUZIONI BIOLOGICHE EMILIANO-ROMAGNOLE.
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	- ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA - Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-alimentari (membro effettivo)
Elenco partner del Gruppo Operativo	- AZIENDA AGRICOLA CENACCHI ANDREA (membro effettivo) - ARVAIA SOCIETA' COOPERATIVA AGRICOLA (membro effettivo) - AZIENDA AGRICOLA CA DEI FIORI (membro effettivo) - LA COLLINA SOCIETA' COOPERATIVI AGRICOLA (membro effettivo) - DINAMICA S.C. a R.L. (membro effettivo) - ARCOIRIS S.R.L. (membro effettivo)

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	36
Data inizio attività	15 luglio 2016
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	14 gennaio 2020

Relazione relativa al periodo di attività dal	01/09/2016	al 14/01/2020
Data rilascio relazione	15/03/2020	

Autore della relazione	Prof. Giovanni Dinelli - Dott.ssa Sara Bosi		
telefono		e-mail	giovanni.dinelli@dinelli.it; sara.bosi@unibo.it

Sommario

SOMMARIO

1	Descrizione dello stato di avanzamento del Piano.....	3
1.1	Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano.....	3
2	Descrizione per singola azione.....	4
2.1	Attività e risultati.....	4
	Azione 1.....	4
	Azione 2.....	5
	Azione 3.....	6
	Azione 4.....	8
	Azione 5.....	9
	Azione 6.....	11
2.2	Personale	13
2.3	Trasferte	18
2.4	Materiale consumabile	19
2.5	Spese per materiale durevole e attrezzature	20
2.8	Collaborazioni, consulenze, altri servizi	21
3	Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività	21
4	Altre informazioni	22
5	Considerazioni finali.....	94
6	Relazione tecnica.....	94

1 Descrizione dello stato di avanzamento del Piano

Descrivere brevemente il quadro di insieme relativo alla realizzazione del piano. Richiamare eventuali richieste di modifiche inviate agli organi Regionali ed apportate al progetto.

Il progetto è stato realizzato attenendosi a quanto indicato nel Piano progettuale. Per tutto il periodo - dal 1 Settembre 2016 al 14 Gennaio 2020 - è stata realizzata l'attività di gestione del Gruppo Operativo (Azione A1) e l'organizzazione dell'attività, anche attraverso la realizzazione dei contatti e delle riunioni previste dal progetto. Il Progetto ha richiesto per il suo completamento 6 mesi in più rispetto a quanto previsto nel Piano.

Il 29 Settembre 2016 è stata costituita l'Associazione Temporanea d Scopo (ATS), sono stati realizzati gli incontri, le riunioni preliminari previste il meeting di avvio del progetto.

I primi mesi sono stati caratterizzati prevalentemente dall'attività di gestione del Gruppo Operativo (Azione A1) e dall'organizzazione dell'attività, anche attraverso la realizzazione dei contatti e delle riunioni previste dal progetto per la realizzazione dello studio di fattibilità (Azioni B2).

Le attività di campo (Azioni B3) sono state avviate a ottobre 2016, in tutte e 4 le aziende partner del Gruppo Operativo. Sono state effettuate le semine nelle aziende agricole partecipanti al progetto nei mesi di ottobre/novembre; nel mese di aprile/maggio 2016 invece sono state avviate le attività di rilievo in campo e di raccolta (luglio 2016). La granella raccolta è stata pulita e macinata, al fine di attivare l'azione B4 relativa alle Analisi chimico-fisiche, biochimiche e nutrizionali.

Similmente si è preceduto nelle annate agrarie 2017/18 e 2018/2019.

Anche l'attività di "Analisi di mercato e rapporti istituzionali" (Azione B5) è stata avviata con l'avvio del progetto, mentre le attività di divulgazione (Azione B6), sono state avviate prima con la creazione del logo e del sito, e successivamente dando luogo a giornate dimostrative e conferenze per approfondire e divulgare le tematiche e i risultati del progetto.

I 6 mesi di proroga richiesti tramite Pec in data 02/04/2019, hanno permesso di terminare l'elaborazione dei dati di campo (azione B3), la realizzazione e l'elaborazione dei dati chimico-fisici, biochimici e nutrizionali delle farine e le attività di divulgazione (azione B6) e formazione (Azione B7).

Complessivamente le attività previste nel Piano sono state realizzate e completate.

1.1 Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano

Indicare per ciascuna azione il mese di inizio dell'attività originariamente previsto nella proposta ed il mese effettivo di inizio, indicare analogamente il mese previsto ed effettivo di termine delle attività. Indicare il numero del mese, ad es.: 1, 2, ... considerando che il mese di inizio delle attività è il mese 1. Non indicare il mese di calendario.

Azione	Unità aziendale responsabile	Tipologia attività	Mese inizio attività previsto	Mese inizio attività effettivo	Mese termine attività previsto	Mese termine attività effettivo
A1	UNIBO	Attività di coordinamento, gestione del Gruppo Operativo e organizzazione riunioni	1	1	36	42
B2	UNIBO	Studio di fattibilità dell'intervento progettuale e pianificazione organizzativa	1	1	26	26
B3	UNIBO	Prove di campo	1	1	36	42
B4	UNIBO	Analisi chimico-fisiche, biochimiche e nutrizionali	1	1	36	42
B5	ARCOIRIS	Analisi di mercato e rapporti istituzionali	10	3	36	42
B6	DINAMICA	Divulgazione	1	1	36	42
B7	DINAMICA	Attività di formazione	1	1	36	42

2 Descrizione per singola azione

2.1 Attività e risultati

Azione 1

Azione 1	Attività di coordinamento e gestione del gruppo operativo
Unità aziendale responsabile	UNIBO
Descrizione delle attività	<p>L'esercizio della cooperazione riguarda il coordinamento delle attività delle aziende agricole (Az. Agricola Andrea Cenacchi, Società Agricola Arvaia, Azienda agricola Ca dei Fiori, Az. Agricola La Collina), della ditta sementiera Arcoiris, e dei gruppi di lavoro dell'ente di ricerca Università di Bologna, coinvolti nel progetto e riuniti nell'ATS (Associazione Temporanea di Scopo).</p> <p>L'avviamento amministrativo ha previsto l'incontro di tutti gli attori per presentare le regole di rendicontazione in base alle quali tenere traccia dell'investimento delle risorse aziendali, a partire dai time-sheet, le diciture da apporre sulle fatture, e gli obblighi di comunicazione.</p> <p>Non è stato necessario rimodulare il piano finanziario perché il budget è stato integralmente approvato dalla regione Emilia Romagna con Determina n. 11389 del 15/07/2016. Con la Determinazione n° 14057 del 07 settembre 2016 sono state rettificare le graduatorie mantenendo il finanziamento a BIOADAPT n. domanda 500499.</p> <p>L'esercizio della cooperazione ha previsto il supporto del Project Manager Roberta Centonze, con incarico complessivo di 27 mesi a valere sul progetto. La dottoressa Centonze ha fornito supporto a tutti i partner per la rendicontazione amministrativa e per il monitoraggio delle attività rispetto al piano di lavoro. (Rif. Contrattuali Rep. N.35/2017 Prot. N. 829 del 26/04/2017 per un monte ore complessivo di 300 e Rep.n.83/2017 Prot.n.2229 del 31/10/2017 per un monte ore complessivo di 1050).</p> <p>Una volta analizzate le strutture organizzative dei partner coinvolti, in particolare, condivisa la procedura per la gestione e la rendicontazione del progetto sono stati organizzati workshop annuali con la partecipazione di tutti i componenti del progetto per la presentazione dei rilievi ottenuti dai singoli ricercatori, la verifica della corrispondenza con quanto atteso e l'eventuale correzione delle linee operative.</p> <p>Nel corso di tali incontri il coordinatore ha relazionato in merito ad altri progetti che corrono paralleli a BIOADAPT nella rete PEI, nonché alle attività realizzate dai GOI in ambito europeo su tematiche collegate al presente progetto, alle pubblicazioni e alle attività dei Focus Group.</p> <p>Sono state organizzate anche riunioni prettamente tecniche per entrare in diretto contatto con le eventuali problematiche tecniche insorte nella realizzazione del piano sperimentale.</p> <p>In particolare, si è giunti a definire alcune piccole variazioni non significative ai fini dell'attività e dei risultati e del budget, ma consone agli attori e alla più efficace riuscita del progetto.</p>

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi sono stati raggiunti.
---	-------------------------------------

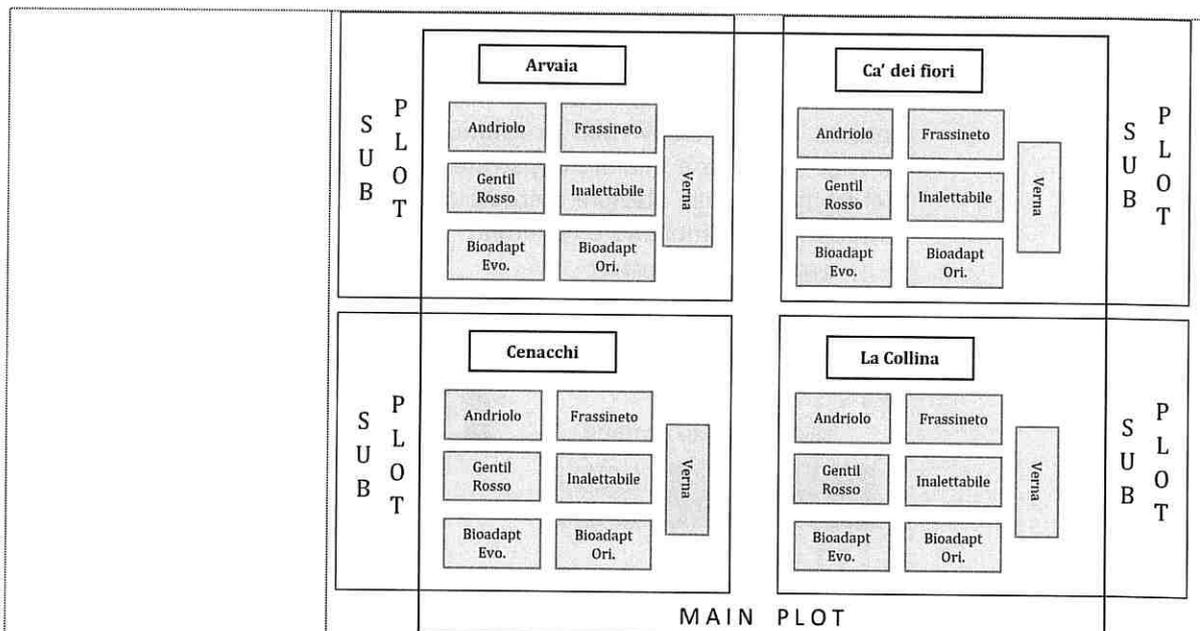
Azione 2

Azione 2	STUDI NECESSARI ALLA REALIZZAZIONE DEL PIANO (DI MERCATO, DI FATTIBILITA', PIANI AZIENDALI)
Unità aziendale responsabile	UNIBO
Descrizione delle attività	<p>L'azione ha permesso di realizzare alcune attività preliminari al fine di attuare e realizzare le successive azioni del Piano. In particolare, è stata svolta i) un'analisi della normativa vigente in materia di coltivazione e commercializzazione delle sementi di varietà antiche e autoctone, ii) una valutazione della pregressa ricerca e l'acquisizione delle conoscenze relative al contesto territoriale che sono il presupposto per rendere efficaci le azioni progettuali vere e proprie.</p> <p>Il presente report ha fornito i presupposti per migliorare la fase di avvio del progetto permettendo di avere un quadro esaustivo di elementi valutativi di natura tecnica a supporto delle scelte da adottare.</p> <p>La prima fase dello studio ha riguardato la rilevazione e l'analisi del quadro normativo di riferimento. Tale analisi ha permesso di costruire un quadro di contestualizzazione e di possibile sviluppo delle attività del progetto.</p> <p>Dall'esame della normativa si sono rilevati alcuni aspetti da sottolineare:</p> <ul style="list-style-type: none"> - la necessità di ampliare l'elenco delle specie vegetali, cerealicole in particolare, iscritte al repertorio volontario regionale; - la necessità di incentivare l'iscrizione delle varietà antiche/autoctone al Registro Nazionale delle Varietà; - la necessità di segnalare una maggiore chiarezza normativa in merito alla commercializzazione di sementi di varietà antiche e autoctone. <p>La valutazione dei progetti e degli articoli scientifici sia a livello nazionale che internazionale sulle caratteristiche dei grani antichi ha permesso di avere un quadro generale e completo dello stato dell'arte, fornendo una base di partenza per la realizzazione del Piano. Tale valutazione ha anche evidenziato la necessità di acquisire ulteriori conoscenze che possano approfondire e confermare le migliori caratteristiche qualitative, nutrizionali e salutistiche nei grani antichi, con particolare riferimento alle varietà di frumento tenero e frumento duro.</p> <p>Dall'analisi del contesto territoriale della regione Emilia-Romagna sulle varietà antiche e autoctone di frumento tenero da utilizzare per la sperimentazione (Andriolo, Frassineto, Gentil rosso, Inallettibile, Verna) è emerso che a partire dagli anni '60 tali varietà sono state gradualmente sostituite da quelle moderne a taglia bassa e oggi, non venendo più coltivate diffusamente, sono a rischio di erosione genetica e considerate varietà da conservazione. Inoltre, le sementi sono di difficile reperimento: piccole quantità si possono trovare presso collezioni private o da agricoltori che coltivano tali varietà su piccole superfici per lo più a livello amatoriale.</p> <p>La valutazione di altre esperienze e attività collegate al progetto ha evidenziato un crescente interesse da parte di associazioni, organizzazioni no-profit e cooperative sia a livello nazionale che internazionale sui temi</p>

	<p>dell'economia solidale, della conservazione della biodiversità e in particolare sulla conservazione delle sementi antiche.</p> <p>Infine, lo studio ha permesso l'individuazione di diverse tipologie di operatori potenzialmente interessati a seguire il percorso dell'attività progettuale e in prospettiva a fruire dei risultati del progetto.</p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>Gli obiettivi sono stati raggiunti.</p> <p>Non sono state rilevate particolari criticità.</p>

Azione 3

Azione 3	PROVE DI CAMPO
Unità aziendale responsabile	UNIBO
Descrizione delle attività	<p>Complessivamente, la prova è stata impostata su un periodo temporale pari a tre annate agrarie (2016/17; 2017/18; 2019/20).</p> <p>A livello spaziale la prova si è svolta all'interno di quattro aziende agricole, tutte a conduzione biologica, collocate in differenti territori ed ambienti, sia di pianura sia di bassa ed alta collina, quali:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Azienda Agricola Cenacchi Andrea, Via Bonaccorsi, 17, 40050 Argelato (BO) LAT 44.665759, LONG 11.328687 - Arvaia Società Coop. Agricola, Via Olmetola 16, 40132 Borgo Panigale (BO) LAT 44.506914, LONG 11.257372 - Azienda Agricola Ca' dei fiori, Via Casa Florio, 74 40040 Querciola (BO) LAT 44.199000, LONG 10.875293 - La Collina Società Coop. Agricola, Via Teggi, 38/42, 42123 Codemondo (RE) LAT 44.687959, LONG 10.566706 <p>Il principale oggetto di studio del Piano è la popolazione di frumenti teneri denominata "BIOADAPT" per la quale è stata richiesta ed ottenuta dal Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali l'autorizzazione a immetterla in commercio, in via sperimentale, in applicazione della Decisione di Esecuzione della Commissione Europea del 18 marzo 2014. BIOADAPT è costituita dall'incrocio di 5 differenti varietà di frumento a taglia alta e di antica costituzione, quali Andriolo, Frassineto, Gentil Rosso, Inallettabile e Verna.</p> <p>Complessivamente, nel progetto sono state messe a confronto le seguenti tesi:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 5 varietà di frumento tenero in purezza, quali: Andriolo, Frassineto, Gentil Rosso, Inallettabile e Verna; - il miscuglio denominato Bioadapt Originale, ovvero il miscuglio ottenuto dalle cinque varietà miscelate <i>ex novo</i> in ugual misura all'inizio di ogni nuova annata agraria; - la popolazione denominata Bioadapt Evolutiva, ovvero la popolazione Bioadapt riprodotta in ciascuna azienda e coltivata nelle quattro aziende per almeno 4 anni, utilizzando sempre per la semina parte della granella raccolta nel proprio campo nell'annata agraria precedente.



La prova è stata impostata attraverso uno schema sperimentale "split-plot", in cui le aziende rappresentano il "main plot" e i genotipi in esame costituiscono il "sub plot". Le aziende sono state considerate come fattori ad effetti casuali, mentre i genotipi come fattori ad effetti fissi.

Il disegno sperimentale adottato in ogni azienda consisteva in un blocco di 7 parcelloni, ciascuno di 1000m². La densità di semina adottata è risultata pari a 150 kg/ha.

Ogni realtà agricola ha inserito all'interno della rotazione triennale una coltura miglioratrice ed una da rinnovo. In ogni azienda, in base al proprio piano colturale, è stata selezionata una coltura da rinnovo a scelta tra miglio, canapa, lino, girasole, mais, amaranto e quinoa, mentre per quanto riguarda la coltura miglioratrice in tutte le aziende è stato seminato un miscuglio di diverse varietà di fagiolo, aventi caratteristiche fenotipiche simili.

Durante tutto il ciclo colturale del frumento, per svolgere ogni indagine all'interno delle diverse parcelle, si è realizzato un campionamento stratificato tramite 5 aree di saggio, di dimensione pari ad 1 m².

Nel periodo vegetativo sono stati registrati su apposite schede colturali i seguenti dati biometrici:

- 1) indice di allettamento (%);
- 2) altezza della pianta (cm);
- 3) lunghezza della spiga (cm);
- 4) numero e tipologia di infestanti (1-10);
- 5) incidenza e gravità delle patologie crittogame (1-10).

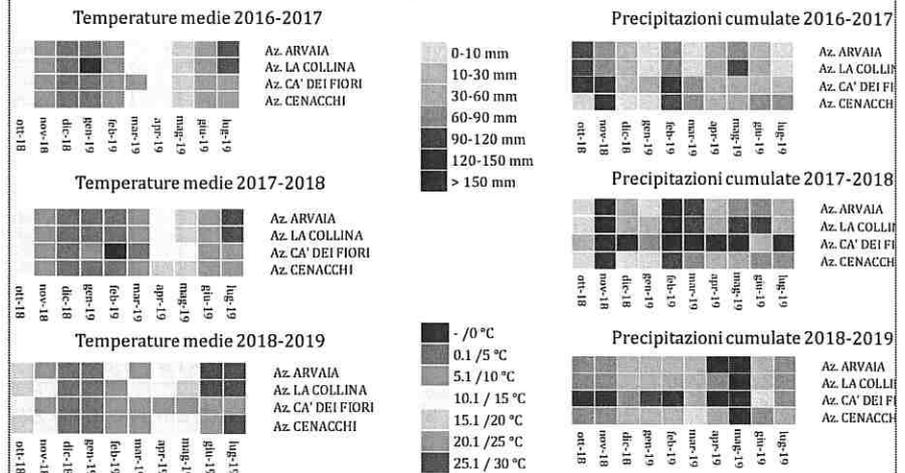
Per il rilievo di dati quali l'altezza della pianta e la lunghezza della spiga si è effettuata la misurazione diretta su dieci piante individuate casualmente all'interno di ogni area di saggio, mentre per determinare altre informazioni come la percentuale di spighe aristate e la presenza di infestanti e patogeni si è proceduto attraverso osservazione diretta e la conta.

Al termine del ciclo colturale, invece, per ciascun punto di campionamento, sono stati determinati:

- 6) resa in granella (t/ha);
- 7) peso dei mille semi (g), utilizzato per valutare la qualità della produzione in quanto indice della resa in farina;

8) peso ettolitrico (kg/hl), generalmente correlato positivamente al peso dei mille semi.

Infine, in ciascuna azienda e per ciascuna annata agraria, sono stati raccolti i dati relativi alle precipitazioni cumulate e alle temperature medie, massime e minime registrate nel corso della stagione di crescita del frumento dalle stazioni meteorologiche dell’Agenzia Regionale per la Prevenzione, l’Ambiente e l’Energia.



Complessivamente, le tre annate agrarie in cui si è svolta la prova sono risultate tra loro molto differenti, sia in termini di temperature medie che in termini di piovosità. In particolare, la I annata si è contraddistinta per alte temperature e piogge piuttosto limitate, soprattutto nel periodo antecedente alla raccolta. Decisamente più piovose sono risultate invece le annate agrarie successive (2° e 3° anno). Questo ha permesso di valutare le performance agronomiche delle popolazioni sia in ambienti di coltivazione che in condizioni meteo tra loro estremamente differenti, consolidando la validità dei dati osservati.

Per la realizzazione dell’azione 3, UNIBO si è avvalsa della collaborazione scientifica del Prof. Salvatore Ceccarelli (Rif. Contrattuali Rep. N.3/2018 Prot. N. 206 del 22/01/2018 per un monte ore complessivo di 250).

Ulteriori approfondimenti sulle metodiche analizzate e sui risultati conseguiti, sono disponibili nella sez. 4 Altre informazioni

<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>Complessivamente, le prove di campo sono state eseguite come previsto nel Piano. Non si segnalano criticità. L’unica azienda che ha riscontrato alcuni problemi è Ca’ de fiori, in quanto la presenza di cinghiali ha danneggiato alcune parti delle parcelle in prova.</p>
--	--

Azione 4

<p>Azione 4</p>	<p>ANALISI CHIMICO-FISICHE, BIOCHIMICHE E NUTRIZIONALI</p>
<p>Unità aziendale responsabile</p>	<p>UNIBO</p>
<p>Descrizione delle attività</p>	<p>Per le analisi di tipo nutrizionale, all’interno di ogni azienda e per ogni varietà o popolazione, sono state prese in considerazione 2 repliche analitiche derivanti rispettivamente dalle aree di saggio 1,2 e 3 e dalle aree di saggio 4 e 5. Complessivamente i campioni derivanti dalle 3</p>

	<p>annualità di prova sono risultate pari a 168. La granella prodotta in ogni parcella è stata raccolta ed in seguito macinata, tramite un mulino da laboratorio con macine a pietra, ottenendo la farina integrale di ogni cultivar.</p> <p>Ogni campione di semola è stato analizzato per la caratterizzazione di diverse componenti nutrizionali e funzionali; per ciascuna determinazione analitica, ogni campione è stato analizzato impiegando due repliche analitiche. Ottenuti i risultati dell'analisi in questione, è stata calcolata la loro media. Nel caso in cui il coefficiente di variazione risultasse superiore al 20% del valore medio delle repliche, misurato per il parametro preso in considerazione, si è proceduto a ripetere l'analisi fino a far rientrare il coefficiente di variazione sotto la soglia del 20%.</p> <p>La descrizione delle metodiche analizzate e il dettaglio dei risultati conseguiti, sono disponibili nella sez. 4 Altre informazioni.</p> <p>L'attività eseguita ha permesso di valutare quali siano i comportamenti delle popolazioni evolutive, rispetto alle varietà in purezza che costituiscono tale popolazione.</p> <p>Essendo che le popolazioni evolutive rappresentano un materiale genetico innovativo (in Italia, il numero di popolazioni registrate è inferiore a 5, ed anche in Europa non sono molti i paesi europei che hanno aderito a questo esperimento), risulta importante dal punto di vista anche qualitativo evidenziarne le caratteristiche e gli andamenti.</p> <p>Le analisi effettuate hanno riguardato sia analisi di tipo nutrizionale (contenuto in amido, proteine, e fibra alimentare solubile e insolubile) che di tipo nutraceutico dove sono state considerati il contenuto in composti anti-ossidanti (polifenoli e flavonoidi, attività antiossidante). Sono stati inoltre effettuati dei saggi <i>in vitro</i> per valutare il profilo anti-infiammatorio degli estratti fenolici e il profilo pro-infiammatorio degli estratti proteici.</p> <p>Infine sono state condotte analisi approfondite sulle proprietà chimico-fisiche degli sfarinati, degli impasti e dei pani ottenuti dalle popolazioni originali ed evolutive prodotte presso 3 delle 4 aziende presenti nel progetto, al fine di considerare anche le caratteristiche tecnologiche e l'attitudine alla panificazione delle popolazioni evolutive.</p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>Le attività svolte sono state eseguite in linea con quanto predisposto nel Piano. Non si segnalano criticità se non un leggero ritardo nella conclusione delle analisi per le quali si è resa necessaria la richiesta della proroga.</p>

Azione 5

<p>Azione 5</p>	<p>ANALISI DI MERCATO E RAPPORTI ISTITUZIONALI</p>
<p>Unità aziendale responsabile</p>	<p>ARCOIRIS</p>
<p>Descrizione delle attività</p>	<p>Il GOI BIOADAPT, in linea con le più recenti osservazioni dell'Unione Europea, ha lavorato per sperimentare e collaudare alcuni prodotti sementieri innovativi, quali le popolazioni, al fine di valutare un loro possibile utilizzo nell'ambito dei sistemi agricoli biologici e biodinamici. Tale materiale infatti, potrebbe comportare vantaggi, ad esempio per la maggiore resistenza agli attacchi dei parassiti, per l'adattamento ai cambiamenti climatici, per le maggiori rese in base alla tecnica colturale e per l'adattamento ai diversi ambienti produttivi.</p> <p>Inoltre, è importante considerare sul piano non solo sperimentale, la possibile commercializzazione di tale materiale, regolarizzando anche la loro posizione nei confronti della certificazione biologica.</p>

Tutto ciò è stato reso possibile grazie alla decisione di esecuzione della commissione 2014/150/UE del 18 marzo 2014, che consente di implementare una sperimentazione temporanea, allo scopo di valutare se la produzione e la commercializzazione, a determinate condizioni, delle sementi di popolazioni appartenenti alle specie *Avena* spp., *Hordeum* spp., *Triticum* spp. e *Zea mays* L., possano costituire un'alternativa migliore rispetto all'esclusione della commercializzazione delle sementi non conformi alle prescrizioni dell'articolo 2, paragrafo 1, lettere e), f) e g), della direttiva 66/402/CEE, ma soprattutto valutare che l'utilizzo di questo materiale possa comportare vantaggi nella produzione biologica, o in un'agricoltura a basso impiego di fattori di produzione.

A differenza degli altri paesi europei l'Italia ha concretamente contribuito nella sperimentazione di tale materiale, soprattutto con la popolazione di frumento tenero BIODAPT, tanto che la Commissione UE con D.E. 2018/1519 del 09/10/2018 ha prorogato fino al 28/02/2021 la commercializzazione in via sperimentale. Con il Regolamento Europeo del Biologico 848/2018 del 30/05/2018, che entrerà in vigore nel 2021, si stabilisce l'uso di materiale eterogeneo per l'agricoltura biologica e in questa descrizione rientrano le popolazioni. Tutto ciò dimostra che le popolazioni saranno una delle sementi indicate per l'agricoltura biologica nei prossimi anni.

A tale riguardo è stata presentata in data 14/10/2016 alla Direzione Generale dello Sviluppo Rurale (DISR V) del Dipartimento delle Politiche Europee ed Internazionali e dello Sviluppo Rurale del Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali la Domanda di autorizzazione per la certificazione del miscuglio di frumento denominato 'VIRGO' in base alla Decisione di esecuzione del 18 marzo 2014 GU UE L82, 57, 20/3/2014, pp 29-36. La domanda è stata presentata a nome della ditta Arcoiris che produce e commercializza soltanto sementi da agricoltura biologica e/o biodinamica; il Responsabile della selezione e della produzione è la Cooperativa Agricola Cesenate di Cesena, mentre il responsabile del mantenimento è il Dipartimento di Scienze Agrarie (oggi Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroalimentari) dell'Alma Mater Studiorum - Università di Bologna.

In data 29/06/2017, è stata effettuata una richiesta per la modifica del nome identificativo della popolazione da VIRGO a BIOADAPT.

Le visite presso i campi coinvolti nella sperimentazione ad opera della Dott.ssa Sommovigo del CREA-DC sono state realizzate nelle seguenti giornate:

- 01/06/2017
- 24/05/2017
- 28/05/2017
- 28/06/2018

La visita ispettiva in campo da parte del CREA-DC aveva lo scopo di certificare l'idoneità della popolazione ad essere trasformata in seme per poterlo commercializzare. Particolare attenzione è stata prestata alla sanità delle sementi (nello specifico i campi dovevano essere esenti da carbone e carie) per non diffondere malattie presso gli agricoltori acquirenti. I campi che sono risultati idonei sono stati ammessi alla commercializzazione del seme. La semente commercializzata con il certificato CREA-DC, alla stregua delle varietà di cereali, e con il certificato biologico. Per la prima volta gli agricoltori hanno potuto acquistare sementi di varietà della tradizione italiana, non tutte presenti nei registri delle varietà, in regola con la legislazione sementiera.

Il controllo del CREA-DC non si è limitato soltanto alla visita nei campi, ma si è estesa anche alla Cooperativa Agricola Cesenate in quanto la selezione del seme viene effettuato con criteri differenti da quelli per la selezione dei frumenti in purezza e per questo occorreva la presenza di un funzionario CREA-DC. Da sottolineare che le attrezzature ammesse per la selezione sono tarare, cilindri alveolati a tenuta larga, densimetrica a

	<p>tenuta larga per escludere dalla popolazione soltanto i due estremi, le frazioni più piccole (semi di infestanti) e quelle più grandi (terra e sassi), per mantenere il più possibile ampio il pool genetico della popolazione. Il seme ottenuto è stato trattato con anidride carbonica, che non lascia residui tossici ed è ammessa in agricoltura biologica, per la diminuzione della carica batterica e delle muffe e conciato con il Cerall fungicida biologico a base di <i>Pseudomonas chlororaphis</i> ceppo 42.</p> <p>Sono state effettuate visite sia con il CREA-DC che senza nei seguenti giorni:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 17/08/2017 - 29/09/2017 - 16/10/2017 - 31/10/2017 - 20/12/2018
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p>Il risultato della produzione di seme di Bioadapt è andato oltre le attese. Nella campagna di semina 2018 sono stati prodotti e commercializzati Kg 14.275 di seme, mentre nella campagna di semina 2019 sono stati prodotti e commercializzati Kg 22.775 di seme. Nel 2017 sono stati aggiunti due produttori emiliani per la produzione di seme in armonia a uno degli obiettivi del progetto di consentire maggiore reddito ai produttori emiliani. Il prezzo del seme pagato ai produttori sotto trebbia è stato di € 80/q.le, decisamente superiore a quello di mercato delle varietà in purezza coltivate in biologico assestate tra € 28-40/q.le</p> <p>Gli obiettivi sono stati raggiunti.</p>

Azione 6

Azione 6	DIVULGAZIONE
Unità aziendale responsabile	DINAMICA
Descrizione attività delle	<p>Il coordinamento e la gestione dell'attività di divulgazione sono stati curati da DINAMICA, congiuntamente con il Capofila UNIBO, che hanno verificato il rispetto del piano di comunicazione e divulgazione garantendo gli aspetti sia logistici che organizzativi.</p> <p>Il sito del Progetto è visionabile al seguente indirizzo: http://www.bioadapt.eu/. Il sito è strutturato in 7 sezioni, quali:</p> <ul style="list-style-type: none"> - HOME: con il logo, le notizie principali del progetto e le news - PROGETTO: con un riassunto delle principali azioni del Piano; - EVENTI: con una raccolta degli eventi realizzati per promuovere il progetto e approfondirne le tematiche - TESTI: in questa sezione sono disponibili approfondimenti scientifici sulle principali tematiche affrontate nel progetto, ovvero Miglioramento partecipativo e Miglioramento evolutivo (curati dal Prof. Ceccarelli) e Grani antichi (curato dal Prof. Dinelli). - GALLERIA: che contiene materiale fotografico relativo agli eventi e alle prove realizzate presso le aziende agricole. - VIDEO: in questa sezione sono disponibili 3 video di approfondimento e presentazione dei partner del progetto con riprese video realizzate da GEO multimedia: <ul style="list-style-type: none"> Video 1: Il breeding partecipativo, con intervista al Prof. Ceccarelli e al Prof. Dinelli Video 2 e 3: Il progetto BIOADAPT e i suoi protagonisti, con l'intervista ai partner del progetto (Simon Van Hilten dell'Azienda agricola Ca' de fiori; Dott.ssa Alessandra Sommovigo del Crea DC, Antonio Lo Fiego di Arcoiris, Andrea Cenacchi) - CHI SIAMO: in questa sezione è inserita una descrizione sintetica per ciascun partner. -

Inoltre, al fine di coinvolgere la più ampia platea possibile, sono stati organizzati diversi eventi e giornate dimostrative.

17 maggio 2018 Plesso di Agraria, Viale Fanin 46

"Breeding partecipativo ed evolutivo: casi studio e metodologie applicative"
Intervento a cura del Prof. Salvatore Ceccarelli.

Evento con partecipazione aperta anche agli studenti UNIBO

18 maggio 2018 Plesso di Agraria, Viale Fanin 46

"Agricoltori e ricercatori: la formula del miscuglio BIOADAPT"

Hanno partecipato:

-prof. Giovanni Dinelli: Il progetto BIOADAPT

-prof. Salvatore Ceccarelli: Valutazione di miscugli e varietà di frumento tenero in Emilia-Romagna: metodologie e risultati

-prof. Stefano Benedettelli: Le filiere dei grani antichi: criticità e prospettive

-dott. Antonio Lo Fiego: Registrazione e commercializzazione della popolazione Bioadapt: i primi risultati

-dott. Alberto Veronesi: L'esperienza di modelli agricoli alternativi.

Evento con partecipazione aperta anche agli studenti UNIBO

17 giugno 2018 podere SANTACROCE Via Bonaccorsi 17 Argelato BO

"Frumenti antichi: a che punto siamo"

Hanno partecipato:

- Claudio Pozzi, Rete Semi Rurali: Seme o granella, scambio o vendita. Limiti ed opportunità per gli agricoltori.

- prof. Giovanni Dinelli: visita al campo catalogo di 230 varietà di frumenti teneri, duri antichi.

- dott. Antonio Lo Fiego: visita al campo Bioadapt.

- dott.ssa Renata Alleva: Consumo di grani e salute: cosa è necessario sapere per un intestino felice.

- prof. Giovanni Dinelli: Dieci anni di progetti sui grani antichi: da BIOPANE a SAVE

- Stefano Tellarini: presentazione libro "Grani e gente"

- Andrea Cenacchi: la corretta conservazione dei cereali con anidride carbonica: come attuarla in maniera economica. Sessione tecnico/dimostrativa

8 ottobre 2018 Sala 20 maggio 2012 Regione Emilia -Romagna Viale della Fiera 8 Bologna

"Grani antichi e ricerca: criticità e opportunità per la cerealicoltura biologica in Emilia-Romagna"

Hanno partecipato:

I SESSIONE: Innovazione per il settore Biologico: Alberti Patrizia, Servizio Innovazione, Qualità, Promozione e Internazionalizzazione del Sistema Agroalimentare presso la Regione Emilia-Romagna

PSR 2014-2020: Overview dei progetti finanziati

- Dall'Appennino cibo per la salute (APPEN.BIO, coordinato da Alce Nero);

- Adattamento di miscugli varietali e popolazioni evolutive di frumento tenero per il settore delle produzioni biologiche emiliano-romagnole (BIOADAPT, coordinato da DiSTAL - Università di Bologna);

- Creazione di un modello sostenibile di best practices per la valorizzazione di varietà antiche di frumento tenero nella regione Emilia Romagna (BIOVANT, coordinato da Progeo);

- Aumento della competitività delle aziende agricole di montagna e alta collina attraverso la valorizzazione della Biodiversità cerealicola in regime Biologico (BIO2, coordinato da Open Fields);

-Salvaguardia e valorizzazione di antiche varietà di frumento tenero dell'areale Emiliano-romagnolo (SAVE; coordinato da DISTAL- Università di Bologna)

II SESSIONE

I grani antichi: le ragioni di una scelta

- Andrea Cenacchi, titolare Azienda Agricola Podere Santa Croce;

- Andrea Demontis, Responsabile Nucleo ricerca CO.NA.SE;

- Massimo Monti, Amministratore Delegato Alce Nero;

	<p>- Marco Pirani, Presidente Progeo; - Silvio Grassi, Amministratore Delegato Molino Grassi</p> <p>Criticità e opportunità della filiera dei grani antichi - Giovanni Dinelli, Professore Ordinario Università di Bologna</p> <p>Conclusioni - Simona Caselli, Assessore all'agricoltura, caccia e pesca della Regione Emilia Romagna</p> <p>16 settembre 2019 Aula Magna Plesso Vespignani Via Garibaldi 24 Imola BO</p> <p>Seminario finale "Grani antichi: Dalla ricerca prospettive per crescere" - Lorenzo Negri-UNIBO: I principali risultati del progetto BIOADAPT - Antonio Lo Fiego- Arcoiris: La filiera dei grani antichi: dove siamo e come possiamo crescere - Francesco Gigliotti-Accademia della Pizza; Marco Storchi e Ferdinando Giannone -Policlinico S. Orsola; Andrea Libero Gherpelli-Agricoltore: Grani antichi e innovazione: esempi virtuosi nel territorio - Giovanni Dinelli- UNIBO: Punti di forza, limitazioni, opportunità e potenziali rischi dei grani antichi Simona Caselli - RER: Discussioni e conclusioni</p> <p>Il progetto BIOADAPT è stato presentato nell'ambito del talkshow "Da convenzionale a bio. Per un distretto del biologico". Il dibattito si è svolto il 31 maggio 2018, nell'ambito di "Romagna in campo 2018", ospitato anche quest'anno all'Istituto Tecnico Agrario "Garibaldi" di Cesena. Al dibattito ha partecipato il Prof. Giovanni Dinelli, coordinatore e responsabile scientifico del progetto BIOADAPT.</p> <p>Infine, sulle attività di ricerca realizzate nell'ambito del progetto BIOADAPT, sono state realizzate anche 2 Tesi di Laurea:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Michele Stacchini (Laurea Magistrale in Progettazione e Gestione degli Ecosistemi Agro-Territoriali, Forestali e del Paesaggio, Università di Bologna): "Adattamento di miscugli varietali di frumento tenero (<i>Triticum aestivum</i> L.) per le produzioni biologiche dell'Emilia Romagna", a.a. 2016/17; 2) Marco Murelli (Laurea Magistrale in Scienze Tecnologie Agrarie, Università di Bologna): "Adattamento di popolazioni e varietà antiche di frumento tenero (<i>Triticum aestivum</i> L.): risultati triennali del progetto BIOADAPT", a.a. 18/19.
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>Gli obiettivi sono stati raggiunti. Non si segnalano criticità.</p>

2.2 Personale

AZIONE 1: ESERCIZIO DELLA COOPERAZIONE

BENEFICIARIO: ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Attività di coordinamento del progetto	262	€ 14.197,78
		Partecipazione alle attività di coordinamento del progetto	168	€ 5.131,56

	Partecipazione alle attività di coordinamento del progetto	30	€ 1.944,60
Totale:		460	€ 21.273,94

BENEFICIARIO: ARVAIA

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Partecipazione alle attività di coordinamento del progetto	52	€ 870,09
		Partecipazione alle attività di coordinamento del progetto	48	€ 855,96
Totale:			100	1.726,05

BENEFICIARIO: LA ROCCA dei FIORI

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Partecipazione alle attività di coordinamento del progetto	113	€ 1.585,49
Totale:			113	€ 1.585,49

BENEFICIARIO: ARCOIRIS

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Partecipazione alle attività di coordinamento del progetto	60	€ 2.430,06
Totale:			60	€ 2.430,06

BENEFICIARIO: AZ.AGR. CENACCHI

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Partecipazione alle attività di coordinamento del progetto	49	€ 540,71
		Partecipazione alle attività di coordinamento del progetto	14	€ 134,7
Totale:			63	€ 675,41

BENEFICIARIO: LA COLLINA

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Partecipazione alle attività di coordinamento del progetto	101	€ 2.435,10
Totale:			101	€ 2.435,10

BENEFICIARIO: DINAMICA

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Partecipazione alle attività di coordinamento del progetto	75	€ 2.535,00
		Partecipazione alle attività di coordinamento del progetto	25	€ 774,00
		Partecipazione alle attività di coordinamento del progetto- tecnico sito WEB	25	€ 625,25
		Partecipazione alle attività di coordinamento del progetto	25	€ 742,75
		Partecipazione alle attività di coordinamento del progetto	25	€ 778,75
Totale:			175	€ 5.455,75

AZIONE 2 – STUDI NECESSARI ALLA REALIZZAZIONE DEL PIANO

BENEFICIARIO: ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Coordinamento attività preliminari per la realizzazione delle successive azioni del Piano	121	€ 6.556,99
		Attività preliminari per la realizzazione delle successive azioni del Piano	66	€ 2.146,76
Totale:			187	€ 8.703,75

BENEFICIARIO: ARVAIA

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Attività preliminari per la realizzazione delle successive azioni del Piano	103	€ 1.683,83
		Attività preliminari per la realizzazione delle successive azioni del Piano	94	€ 1.679,96
Totale:			197	€ 3.363,79

BENEFICIARIO: LA ROCCA dei FIORI

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Attività preliminari per la realizzazione delle successive azioni del Piano	242	€ 3.393,46
Totale:			242	€ 3.393,46

BENEFICIARIO: AZ.AGR. CENACCHI

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Attività preliminari per la realizzazione delle successive azioni del Piano	81	€ 885,3
		Attività preliminari per la realizzazione delle successive azioni del Piano	28	€ 270,5
Totale:			109	€ 1.155,8

BENEFICIARIO: LA COLLINA

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Attività preliminari per la realizzazione delle successive azioni del Piano	200	€ 4.825,32
Totale:			200	€ 4.825,32

AZIONE 3 – PROVE DI CAMPO

BENEFICIARIO: ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Coordinamento attività di campo	196	€ 10.621,24
		Attività di campo	1308	€ 18.024,24

	Attività di campo	440	€ 13.890,80
Totale:		1944	€ 42.536,28

BENEFICIARIO: ARVAIA

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Attività di campo	862	€ 1.5118,50
		Attività di campo	405	€ 8.043,05
Totale:			1267	€ 23.161,55

BENEFICIARIO: LA ROCCA dei FIORI

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Attività di campo	1396	€ 19.394,68
Totale:			1396	€ 19.394,68

BENEFICIARIO: AZ.AGR. CENACCHI

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Attività di campo	1454	€ 16.066,44
		Attività di campo	431	€ 4.173,10
Totale:			1885	€ 20.239,54

BENEFICIARIO: LA COLLINA

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Attività di campo	1105	€ 26.675,31
Totale:			1105	€ 26.675,31

AZIONE 4 – ANALISI CHIMICO-FISICHE, BIOCHIMICHE E NUTRIZIONALI

BENEFICIARIO: ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Coordinamento attività di analisi	3	€ 162,57
		Analisi biochimiche e nutrizionali	300	€ 11.415,00
		Supporto alle attività di campo	1833	€ 25.258,74
		Analisi chimico-fisiche	89	€ 3.383,00
		Analisi chimico-fisiche	379	€ 10.999,79
		Analisi chimico-fisiche	1146	€ 21.830,00
Totale:			3750	€ 73.049,10

AZIONE 5 – ANALISI DI MERCATO E RAPPORTI ISTITUZIONALI

BENEFICIARIO: ARCOIRIS

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
----------------	--------------------	-----------------------------	-----	-------

		coordinamento analisi del mercato e dei rapporti istituzionali	800	€ 33.850,51
Totale:			800	€ 33.850,51

AZIONE 6 – DIVULGAZIONE E TRASFERIMENTO DEI RISULTATI

BENEFICIARIO: ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Coordinamento attività di divulgazione	97	€ 5.256,43
		Divulgazione	125	€ 3.946,25
		Divulgazione	127	€ 4.832,35
		Divulgazione	76	€ 5.130,76
		Divulgazione	50	€ 1.901,00
		Divulgazione	24	€ 696,24
Totale:			499	€ 21.763,03

BENEFICIARIO: ARVAIA

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Divulgazione	71	€ 1.181,28
		Divulgazione	72	€ 1.288,88
Totale:			143	€ 2.470,16

BENEFICIARIO: LA ROCCA del FIORI

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Divulgazione	68	€ 966,84
Totale:			68	€ 966,84

BENEFICIARIO: ARCOIRIS

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Divulgazione	100	€ 4.327,56
Totale:			100	€ 4.327,56

BENEFICIARIO: AZ.AGR. CENACCHI

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Supporto tecnico alla attività di divulgazione	99	€ 1.210,47
Totale:			99	€ 1.210,47

BENEFICIARIO: LA COLLINA

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Divulgazione	24	€ 596,88
Totale:			24	€ 596,88

BENEFICIARIO: DINAMICA

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		Divulgazione- Tecnico sito WEB	33	€ 825,33
		Divulgazione – Segreteria e redazione sito WEB	115	€ 3.228,85
		Divulgazione – Coordinatore attività divulgative	90	€ 2.585,10
		Divulgazione – Responsabile e coordinatore attività divulgative	200	€ 5.871,90
Totale:			438	€ 12.511,18

AZIONE 7: FORMAZIONE**BENEFICIARIO: DINAMICA**

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
		DOCENTE COACHING	80	€ 4.977,60
		DOCENTE COACHING	80	€ 4.000,00
		DOCENTE COACHING	80	€ 4.000,00
Totale:			240	€ 12.977,60

2.3 Trasferte

Si fa presente che i costi di trasferta relativi alle aziende agricole non sono stati rendicontati in quanto, le principali trasferte sono state compiute dall'imprenditore agricolo e non dai dipendenti e pertanto non sono rendicontabili.

Poiché contestualmente per via della proroga, l'impegno del personale è aumentato, si chiede di voler concedere il riconoscimento di quella parte di budget come impegno orario del personale.

AZIONE 1 – ESERCIZIO DELLA COOPERAZIONE**BENEFICIARIO: ARCOIRIS**

Cognome e nome	Descrizione	Costo
	partecipazione attività di coordinamento	€ 182,90
Totale:		€ 182,90

AZIONE 3 – PROVE DI CAMPO**BENEFICIARIO: ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITÀ DI BOLOGNA**

Cognome e nome	Descrizione	Costo
	Visita campi sperimentali	€ 30,19
	Visita campi sperimentali	€ 45,99
	Visita campi sperimentali	€ 109,37
	Visita campi sperimentali	€ 112,60
	Visita campi sperimentali	€ 77,17
	Visita campi sperimentali	€ 65,23

	Visita campi sperimentali	€ 32,81
	Visita campi sperimentali	€ 94,72
	Visita campi sperimentali	€ 261,43
	Visita campi sperimentali	€ 17,04
	Totale:	€ 846,55

AZIONE 5 – ANALISI DI MERCATO E RAPPORTI ISTITUZIONALI

BENEFICIARIO: ARCOIRIS

Cognome e nome	Descrizione	Costo
	Rapporti istituzionali e visite aziendali presso gli altri partner	€ 2.207,22
	Totale:	€ 2.207,22

AZIONE 6 – DIVULGAZIONE E TRASFERIMENTO DEI RISULTATI

BENEFICIARIO: ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Cognome e nome	Descrizione	Costo
	Convegno a Bologna	€ 269,88
	Totale:	€ 269,88

BENEFICIARIO: ARCOIRIS

Cognome e nome	Descrizione	Costo
	Incontri divulgativi	€ 965,25
	Totale:	€ 965,25

2.4 Materiale consumabile

AZIONE 4 – ANALISI CHIMICO-FISICHE, BIOCHIMICHE E NUTRIZIONALI

BENEFICIARIO: ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Fornitore	Descrizione	Costo
ASTORI TECNICA	Materiale di consumo: kit enzimatici	€ 1.596,98
ASTORI TECNICA	Materiale di consumo: kit enzimatici	€ 2.422,92
BIOSIGMA SRL	Materiale di consumo	€ 131,76
BIOSIGMA SRL	Materiale di consumo	€ 839,97
BIOSIGMA SRL	Materiale di consumo	€ 1.113,01
SIAD SOCIETÀ ITALIANA ACETILENE & DERIVATI SPA	Materiale di consumo	€ 76,37
SIGMA-ALDRICH	Materiale di consumo di laboratorio - water for chromatography lichrosolv	€ 49,41
SIGMA-ALDRICH	Materiale di consumo di laboratorio - methanol hpegrade for liquid chromatography	€ 114,07
SIGMA-ALDRICH	Materiale di consumo di laboratorio	€ 95,53
CLINISCIENCE	Materiale di consumo di laboratorio	€ 725,36
CLINISCIENCE	Materiale di consumo di laboratorio Human Reactive Oxygen Species competitive ELISA Kit - 96 tests	€ 663,57
BALSAMO STRUMENTI DI ANGELO BALSAMO	Materiale di consumo di laboratorio - Hepa Filter Kit serie 300/3000	€ 439,20

SIGMA-ALDRICH	Materiale di consumo di laboratorio - ethanol absolute for HPLC =99.8%	€ 83,64
SIGMA-ALDRICH	Materiale di consumo di laboratorio - ammonium hydroxide, acs reagent	€ 2,20
SIAD SOCIETÀ ITALIANA ACETILENE & DERIVATI SPA	Materiale di consumo	€ 76,37
SIGMA-ALDRICH	Materiale di consumo di laboratorio - ammonium hydroxide, acs reagent	€ 1.186,43
SIAD SOCIETÀ ITALIANA ACETILENE & DERIVATI SPA	Materiale di consumo di laboratorio	€ 76,37
ROMER LABS DIAGNOSTIC GMBH	Kit agriquant deoxynivalenol - COKAQ4000 + spese spedizione	€ 2.374,12
Totale		€12.067,28

2.5 Spese per materiale durevole e attrezzature

2.6 Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

2.7 Attività di formazione

Descrivere brevemente le attività già concluse, indicando per ciascuna: ID proposta, numero di partecipanti, spesa e importo del contributo richiesto

PROPOSTA FORMATIVA: 5005394 condotta dal Coach Giangaetano Pinnavaia

Titolo dell'attività di coaching: Caratteristiche chimiche e fisiche e potenzialità pacificatorie di varietà di frumento tenero ottenute dal miglioramento genetico di tipo evolutivo e partecipativo. Le attività di coaching hanno previsto la descrizione dettagliata di tutte le metodiche utilizzate per la determinazione delle caratteristiche chimiche e fisiche, con particolare riferimento alle varietà antiche e alle caratteristiche delle popolazioni di frumento tenero.

Erogazione 20 ore di coaching per ciascuna azienda come da registro:

- Soc Coop Agr La Collina – Via Carlo Teggi 38 – Reggio Emilia
- Van Hilten Simon Caspar Az Agr CA' DEI FIORI – Via Caà Florio 74 Rocca Corneta - Lizzano in Belvedere
- ARVAIA Via Olmetola 16 Bologna
- Az Agr CENACCHI ANDREA Via Bonaccorsi 17 Argelato BO

Per ciascuna azienda è stato erogato il Test di apprendimento, tutti con esito positivo

PROPOSTA FORMATIVA: 5005357 condotta dal Coach Stefano Benedettelli

Titolo dell'attività di coaching: Tecniche di miglioramento genetico per l'agricoltura biologica e per la sostenibilità ambientale, vantaggi e svantaggi rispetto al miglioramento genetico tradizionale. Le attività di coaching hanno riguardato l'introduzione e la spiegazione delle basi scientifiche relative alla genetica e alla genetica di popolazione, in particolare in relazione alla trasmissibilità dei caratteri. Il coach ha inoltre illustrato e chiarito le basi del miglioramento genetico tradizionale e del miglioramento genetico partecipativo ed evolutivo.

Erogazione 20 ore di coaching per ciascuna azienda come da registro:

- Soc Coop Agr La Collina – Via Carlo Teggi 38 – Reggio Emilia
- Van Hilten Simon Caspar Az Agr CA' DEI FIORI – Via Caà Florio 74 Rocca Corneta - Lizzano in Belvedere
- ARVAIA Via Olmetola 16 Bologna
- Az Agr CENACCHI ANDREA Via Bonaccorsi 17 Argelato BO

Per ciascuna azienda è stato erogato il Test di apprendimento, tutti con esito positivo

PROPOSTA FORMATIVA: 5005362 condotta dal Coach Roberta Centonze

Titolo dell'attività di coaching: Strategie di diversificazione produttiva e certezza di mercato

Erogazione 20 ore di coaching per ciascuna azienda come da registro:

- Soc Coop Agr La Collina – Via Carlo Teggi 38 – Reggio Emilia
- Van Hilten Simon Caspar Az Agr CA' DEI FIORI – Via Caà Florio 74 Rocca Corneta - Lizzano in Belvedere
- ARVAIA Via Olmetola 16 Bologna
- Az Agr CENACCHI ANDREA Via Bonaccorsi 17 Argelato BO

Per ciascuna azienda è stato erogato il Test di apprendimento, tutti con esito positivo.

2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

AZIONE 1: ESERCIZIO DELLA COOPERAZIONE

CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Nominativo del consulente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
		Supporto alle attività di coordinamento del Progetto	€ 21.443,40
Totale			€ 21.443,40

CONSULENZE - SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
		€ 900,00	Atto costituzione ATS	€ 1.027,53
Totale				€ 1.027,53

AZIONE 3 – PROVE DI CAMPO

CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Nominativo del consulente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
		Supporto scientifico alle attività di campo e all'elaborazione dei dati	€ 10.500,00
Totale			€ 10.500,00

AZIONE 6 – DIVULGAZIONE

CONSULENZE - SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
		€ 19.200,00	Realizzazione di materiale multimediale	€ 23.424,00
Totale				€ 23.424,00

3 Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività

Lunghezza max 1 pagina

Criticità tecnico-scientifiche	<p>Dal punto di vista tecnico-scientifico non si segnalano criticità: il Progetto è stato realizzato in accordo con quanto descritto nel Piano. Tutte le aziende del GO hanno realizzato le attività di loro competenza (semina, raccolta e gestione delle prove agronomiche), mentre UNIBO ha realizzato le attività di rilievo e misurazione dei principali parametri agronomici.</p> <p>Per quanto riguarda le attività relative alle analisi di laboratorio, sono state realizzate alcune modifiche in relazione alle metodiche applicate, mantenendo però invariati gli obiettivi da raggiungere.</p> <p>Il progetto nel suo complesso ha permesso di studiare nel dettaglio le popolazioni evolutive, che rappresentano senz'altro un'innovazione sia in ambito legislativo, che in ambito scientifico. Il Progetto ha permesso di percorrere tutti gli step necessari per la produzione, la certificazione e la vendita di seme di una popolazione di fumento tenero biologica. Tale esperienza ha permesso anche alle Istituzioni coinvolte (MIPAAF, CREA-DC, UNIVERSITA') di compiere un'esperienza di approfondimento, anche metodologica, sul tema delle popolazioni evolutive (ad es. identificare 'descrittori' adeguati alle popolazioni evolutive, alternativi a quelli normalmente utilizzati per le varietà in purezza).</p>
Criticità gestionali (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	Non si segnalano particolari criticità
Criticità finanziarie	Non si segnalano particolari criticità

4 Altre informazioni

AZIONE 2 - STUDIO DI FATTIBILITÀ: REPORT SUI RISULTATI

2.1. Ricognizione normativa relativa alla possibilità di coltivazione e commercializzazione delle sementi di varietà antiche e autoctone

Si definiscono **varietà antiche e autoctone** quelle varietà che esistevano prima che fossero introdotte le moderne tecniche di modificazione genetica e di selezione per le lavorazioni industriali, che sono originarie di uno specifico territorio e che, con il passare del tempo, sono state eliminate dal mercato a causa della piccola pezzatura, della scarsa produttività, o alternanza di produzione, ecc. Nell'ambito delle sementi di tali varietà occorre definire le cosiddette **varietà da conservazione** cioè quelle varietà che sono tradizionalmente coltivate in particolari località e regioni e sono minacciate da erosione genetica, sono cioè a rischio di estinzione. Tali varietà sono entrate nel panorama legislativo sementiero nel 1998 con la **dir. 98/95/CE**. In questi 13 anni sono state emanate altre tre direttive: la **2008/62/CE** (piante agricole e patate), la **2009/145/CE** (specie ortive) e la **2010/60/CE** (miscele di sementi di piante foraggere destinate a essere utilizzate per la preservazione dell'ambiente naturale). Delle tre direttive due sono state recepite in Italia con i seguenti 2 decreti legislativi: **D. Lgs. n.149 del 29 ottobre 2009** (piante agricole e patate pubblicato in GU n° 254 del 31 ottobre 2009) e **D. Lgs. n° 267 del 30 dicembre 2010** (specie ortive, pubblicato in G.U. n° 34 dell'11 febbraio 2011). Entrambi i decreti sono in vigore e le norme applicative erogate sono presenti nel **D.M. del MiPAAF del 17/12/2010**, pubblicato in G.U. n°39 del 17 febbraio. In base a tali disposizioni le varietà da conservazione sono inserite nella sezione delle "Varietà da conservazione" prevista quale appendice al Registro delle Varietà Vegetali detenuto presso il Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali (MIPAAF). L'iscrizione a tale registro avviene attraverso l'emanazione di un Decreto Legislativo e prevede che la zona di origine della varietà da conservazione sia ben localizzata e coincida con la zona di coltivazione e di moltiplicazione e che ne sia assicurata la conservazione in purezza da parte di un responsabile (vedi ad esempio il D.L. 2 maggio 2014 relativo all'iscrizione della varietà di frumento tenero da conservazione "Maiorca" al Registro Nazionale). Tale iscrizione avviene per iniziativa del Ministero (MIPAAF), delle Regioni o su richiesta di enti pubblici, istituzioni scientifiche, organizzazioni,

associazioni, singoli cittadini e aziende previo parere favorevole delle Regioni o Province autonome competenti per territorio. La domanda di iscrizione deve essere inoltrata al MIPAAF tramite la regione o la provincia autonoma competente per territorio.

Sulla base delle disposizioni applicative relative alle varietà agricole adattate alle condizioni locali e minacciate da erosione genetica (direttiva 2008/62/CE e D. Lgs. n.149 del 29 ottobre 2009) una varietà da conservare per essere ammessa al Registro Nazionale deve soddisfare le seguenti condizioni:

- deve presentare un interesse per la conservazione delle risorse fitogenetiche;
- rispondere ai requisiti di Distinguibilità, Uniformità e Stabilità (DUS) previsti dai questionari tecnici associati ai protocolli di prova dell'Ufficio comunitario delle varietà vegetali (UCVV) e nei questionari tecnici delle linee direttrici dell'Unione internazionale per la protezione delle novità vegetali (UPOV);
- essere corredata da (i) informazioni relative alla descrizione della varietà e la sua denominazione; (ii) da conoscenze acquisite con l'esperienza pratica durante la coltivazione, la riproduzione e l'impiego; (iii) informazioni ottenute dalle autorità o da organizzazioni competenti in materia di risorse fitogenetiche;
- non essere iscritta al Catalogo comune da almeno due anni;
- non essere protetta da privativa comunitaria o nazionale per ritrovati vegetali;
- aver identificato la sua regione di origine.

Inoltre, le sementi delle varietà da conservazione per essere prodotte e commercializzate devono soddisfare le seguenti condizioni:

- derivare da sementi prodotte secondo ben definite modalità nell'ambito della selezione volta a conservare la varietà;
- essere sementi certificate in termini di requisiti tecnologici e sanitari stabilite dalle direttive 66/401/CEE, 66/402/CEE, 2002/54/CE, 2002/56/CE e 2002/57/CE, ad esclusione di quelle riguardanti la purezza varietale minima e di quelle riguardanti l'esame ufficiale o l'esame effettuato sotto sorveglianza ufficiale;
- prodotte e selezionate esclusivamente nella regione d'origine;
- commercializzate solo nella regione di origine (la coltivazione della varietà non ha invece limitazioni di areali: il seme va prodotto e venduto in un'area precisa, ma chi lo compra può coltivarlo dove vuole).

L'analisi delle varietà di frumento tenero iscritte attualmente al Registro Nazionale delle varietà ha evidenziato che le uniche presenti sono il **S. Pastore** (codice 1265 iscritto il 03/05/1969 e re-iscritto il 09/02/2011) e il **Verna** (codice 2027 iscritto il 23/10/2012). Entrambe le varietà sono antiche e autoctone ma non sono considerate varietà da conservazione.

Con la **legge n. 194/2015** del 1 dicembre 2015 recante Disposizioni per la tutela e valorizzazione della biodiversità di interesse agricolo e alimentare, è stato istituito il sistema nazionale di tutela e di valorizzazione della biodiversità di interesse agricolo e alimentare, finalizzato alla tutela delle risorse genetiche di interesse alimentare ed agrario locali dal rischio di estinzione e di erosione genetica. Tale sistema nazionale è costituito da:

- l'Anagrafe nazionale della biodiversità agraria e alimentare ove sono indicate tutte le risorse genetiche locali di origine vegetale, animale o microbica a rischio di estinzione o di erosione genetica;
- la Rete nazionale della biodiversità agraria e alimentare composta dalle strutture locali, regionali e nazionali per la conservazione ex situ del germoplasma (corredo genetico) e dagli agricoltori e dagli allevatori custodi. Ha il compito di svolgere ogni attività diretta a preservare le risorse genetiche locali dal rischio di estinzione o di erosione genetica, attraverso la conservazione in situ, nell'ambito delle aziende agricole, ed ex situ e a incentivarne la reintroduzione in coltivazione o altre forme di valorizzazione;
- il Portale nazionale della biodiversità agraria e alimentare, cioè un sistema di banche dati che consenta la diffusione delle informazioni sulle risorse genetiche locali e il monitoraggio dello stato di conservazione della biodiversità agraria e alimentare in Italia;

- il Comitato permanente per la biodiversità di interesse agricolo ed alimentare con il compito garantire il coordinamento delle azioni tra i diversi livelli di governo (Stato, regioni e province autonome) sulla materia della tutela della biodiversità di interesse agricolo e alimentare.

Sulla base della direttiva 66/402/CEE del Consiglio, è stata pubblicata la Decisione di esecuzione della Commissione del 18 Marzo 2014, relativa all'organizzazione di una sperimentazione temporanea che prevede alcune deroghe per la commercializzazione di popolazioni delle specie vegetali frumento, orzo, avena e granturco.

Nel panorama della normativa regionale, la prima Regione italiana ad emanare una legge in merito alla tutela della biodiversità è stata la Toscana (Legge Regionale del 16 luglio 1997, n. 50 "Tutela delle risorse genetiche autoctone"), seguita nei successivi anni da Lazio, Umbria, Friuli Venezia-Giulia, Marche, Emilia-Romagna e Basilicata. Le leggi regionali, pur essendo specifiche per ciascuna regione, presentano alcuni aspetti comuni quali una conoscenza approfondita del territorio in tutti i suoi aspetti, biologici, agronomici, culturali e storici, l'identificazione del materiale genetico a rischio di erosione meritevole di essere oggetto di tutela, degli areali di autoctonia delle diverse risorse genetiche e degli agricoltori in grado di riprodurre e/o mantenere queste risorse. Infine, altri presupposti comuni sono la definizione dell'ambito locale cioè di "probabile origine o antica diffusione secondaria" e della modica quantità cioè quella necessaria al consumo aziendale degli agricoltori, che coltivano la risorsa nell'ambito dell'areale suddetto. Per quanto riguarda l'ambito locale, spesso le risorse sono comuni a più province limitrofe e/o a più regioni: in questi casi ogni Regione si occuperà della risorsa nel proprio territorio, riconoscendo però il reale bacino in cui è presente la risorsa ed instaurando eventuali collaborazioni per studi, ricerche e iniziative di valorizzazione con le altre Regioni.

Nell'ambito della normativa regionale, la Regione Emilia Romagna ha emanato la **Legge Regionale del 29 gennaio 2008, n. 1** relativa alla "Tutela del patrimonio di razze e varietà locali di interesse agrario del territorio emiliano-romagnolo". Tale normativa favorisce e promuove la tutela delle varietà e razze locali di interesse agrario, al fine di garantire la conservazione e la valorizzazione delle risorse genetiche per l'alimentazione e l'agricoltura caratteristiche del proprio territorio. A tale scopo, sono state attivate misure di salvaguardia del progressivo rischio di estinzione di razze e varietà locali attraverso:

- il Repertorio regionale per la tutela delle risorse genetiche indigene: catalogo on-line suddiviso in sezione animale e vegetale (<http://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/agrobiodiversita/doc/agrobiodiversita-vegetale>), al quale sono iscritti, previo parere favorevole di un apposita commissione tecnico-scientifica, razze, varietà, popolazioni, ecotipi e cloni di interesse regionale. Per quanto riguarda i cereali, le uniche due varietà da conservazione iscritte sono l'Orzo Leonessa (o orzo da caffè diffuso nella prima metà del '900 come surrogato del caffè) e il Grano del Miracolo (conosciuto fin dall'antichità come *Triticum ramosum*).

- la conservazione ex-situ per la salvaguardia delle varietà e razze locali: la Regione individua appositi soggetti pubblici e privati di comprovata esperienza nel settore e dotati di idonee strutture tecnico-organizzative cui affidare la tutela e la conservazione ex situ delle risorse genetiche iscritte nel Repertorio regionale.

- gli agricoltori custodi: sono definiti tali le persone fisiche che volontariamente e per passione provvedono alla conservazione in situ o *on farm* (ovvero coltivano o allevano nel territorio d'origine) delle varietà e razze locali a rischio di estinzione iscritte nel Repertorio.

Questo sistema di conservazione costituisce di fatto una rete di tutela e salvaguardia della biodiversità che comprende: i soggetti affidatari della conservazione ex situ delle risorse genetiche, gli agricoltori custodi e tutti gli enti pubblici e privati accomunati dal compito di mantenere in vita il patrimonio naturale di interesse agrario emiliano-romagnolo e garantire l'uso durevole del germoplasma delle varietà locali. Per favorire l'adozione di metodologie comuni, standardizzate e condivise su tutto il territorio nazionale, nel 2012 il Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali ha pubblicato le "Linee guida per la conservazione e la caratterizzazione della biodiversità vegetale, animale e

microbica di interesse per l'agricoltura": tre distinti manuali con le linee guida per la conservazione in-situ ed ex-situ della biodiversità animale, microbica e vegetale di interesse agrario.

Nel 2010 l'Italia si è dotata di una Strategia Nazionale per la Biodiversità a seguito di un percorso di partecipazione e condivisione fra i diversi attori istituzionali, sociali ed economici interessati, che si sono impegnati a lavorare insieme per fermare il declino della biodiversità. La Strategia e la sua revisione intermedia (**Rep. N. 91/CSR del 26 Maggio 2016**) fino al 2020 costituiscono uno strumento di integrazione delle esigenze di conservazione ed uso sostenibile delle risorse naturali nelle politiche nazionali di settore, in coerenza con gli obiettivi previsti dalla Strategia Europea per la Biodiversità. Il documento d'intesa sulla revisione intermedia della Strategia Nazionale sottolinea la necessità di ampliare l'elenco delle specie vegetali, in particolare cerealicole, iscritte al repertorio volontario regionale, di incentivare l'iscrizione delle varietà antiche/autoctone al Registro Nazionale delle Varietà e la necessità di segnalare una maggiore chiarezza normativa in merito alla commercializzazione di sementi di varietà antiche e autoctone.

Nell'ambito della tutela della diversità, occorre citare la **Convenzione dell'UNESCO** sulla protezione e la promozione della diversità delle espressioni culturali (**Parigi il 20 ottobre 2005**) finalizzata a proteggere, promuovere e valorizzare la diversità delle espressioni culturali e stimolare il dialogo interculturale. La Convenzione dell'UNESCO per la salvaguardia del patrimonio culturale immateriale (**Parigi il 17 ottobre 2003**) è invece finalizzata a assicurare il rispetto per il patrimonio culturale immateriale delle comunità, dei gruppi e

degli individui interessati e suscitare la consapevolezza a livello locale, nazionale e internazionale dell'importanza del patrimonio culturale immateriale. Infine, anche l'Organizzazione mondiale della proprietà intellettuale (WIPO) ha rinnovato il suo impegno per la tutela delle risorse genetiche, le conoscenze tradizionali e le espressioni culturali tradizionali, tentando di adottare una convenzione dedicata specificamente alla protezione delle tradizioni. Tuttavia, è difficile effettuare previsioni circa il ruolo che tale convenzione potrebbe avere nella salvaguardia dei saperi tradizionali connessi alla biodiversità e nel favorire la riappropriazione, da parte delle comunità, del controllo sulle risorse fitogenetiche.

Bibliografia

Direttiva **98/95/CE** del Consiglio del 14 dicembre 1998 che modifica, per quanto riguarda il consolidamento del mercato interno, le varietà geneticamente modificate e le risorse genetiche delle piante, le direttive 66/400/CEE, 66/401/CEE, 66/402/CEE, 66/403/CEE, 69/208/CEE, 70/457/CEE e 70/458/CEE concernenti la commercializzazione delle sementi di cereali, dei tuberi-seme di patate, delle sementi di piante oleaginose e da fibra e delle sementi di ortaggi e il catalogo comune delle varietà delle specie di piante agricole (Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee L25 del 1/2/1999).

Direttiva **2008/62/CE** della commissione del 20 giugno 2008 recante deroghe per l'ammissione di ecotipi e varietà agricole naturalmente adattate alle condizioni locali e regionali e minacciate di erosione genetica, nonché per la commercializzazione di sementi e di tuberi di patata a semina di tali ecotipi e varietà

Direttiva **2009/145/CE** della commissione del 26 novembre 2009 che prevede talune deroghe per l'ammissione di ecotipi e varietà vegetali tradizionalmente coltivati in particolari località e regioni e minacciati dall'erosione genetica, nonché di varietà vegetali prive di valore intrinseco per la produzione vegetale a fini commerciali ma sviluppate per la coltivazione in condizioni particolari e per la commercializzazione di sementi di tali ecotipi e varietà 2010/60/CE

Direttiva 2010/60/UE della commissione del 30 agosto 2010 che dispone deroghe per la commercializzazione delle miscele di sementi di piante foraggere destinate a essere utilizzate per la preservazione dell'ambiente natural

Decreto Legislativo n. **149 del 29 ottobre 2009** "Attuazione della direttiva 2008/62/CE concernente deroghe per l'ammissione di ecotipi e varietà agricole naturalmente adattate alle condizioni locali e regionali e minacciate di erosione genetica, nonché per la commercializzazione di sementi e di tuberi di patata a semina di tali ecotipi e varietà (09G0166)" pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 254 del 31 ottobre 2009

DECRETO LEGISLATIVO **30 dicembre 2010**, n. **267** Attuazione della direttiva 2009/145/CE, recante talune deroghe per l'ammissione di ecotipi e varietà orticole tradizionalmente coltivate in particolari località e regioni e minacciate da erosione genetica, nonché di varietà orticole prive di valore intrinseco per la produzione a fini commerciali ma sviluppate per la coltivazione in condizioni particolari per la commercializzazione di sementi di tali ecotipi e varietà (specie ortive, pubblicato in G.U. n° 34 dell'11 febbraio 2011).

DECRETO M. **17 dicembre 2010** Disposizioni applicative del decreto legislativo 29 ottobre 2009, n. 149, circa le modalità per l'ammissione al Registro Nazionale delle varietà da conservazione di specie agrarie. (pubblicato in G.U. n° 39 del 17 febbraio)

DECRETO L. **2 maggio 2014** Iscrizione di una varietà da conservazione di frumento tenero al relativo registro nazionale (14A03712) (GU Serie Generale n.110 del 14-5-2014)

LEGGE **1 dicembre 2015**, n. **194** Disposizioni per la tutela e la valorizzazione della biodiversità di interesse agricolo e alimentare (15G00210) (GU Serie Generale n.288 del 11-12-2015) note: Entrata in vigore del provvedimento: 26/12/2015

Decisione di esecuzione della commissione del 18 marzo 2014 relativa all'organizzazione di una sperimentazione temporanea che prevede alcune deroghe per la commercializzazione di popolazioni delle specie vegetali frumento, orzo, avena e granturco a norma della direttiva 66/402/CEE del Consiglio

Legge Regionale del **16 luglio 1997**, n. **50** "Tutela delle risorse genetiche autoctone" (Regione Toscana)

Legge Regionale del 29 gennaio 2008, n. **1** relativa alla "Tutela del patrimonio di razze e varietà locali di interesse agrario del territorio emiliano-romagnolo".

Rep. N. 91/CSR del 26 Maggio 2016 Conferenza permanente per i rapporti tra lo stato, le Regioni e le Province Autonome di Trento e Bolzano - Intesa sulla revisione intermedia della Strategia Nazionale per la Biodiversità fino al 2020

Convenzione dell'UNESCO (Parigi, 20 ottobre 2005) sulla protezione e la promozione della diversità delle espressioni culturali finalizzata a proteggere, promuovere e valorizzare la diversità delle espressioni culturali e stimolare il dialogo interculturale.

Convenzione dell'UNESCO (Parigi, 17 ottobre 2003) per la salvaguardia del patrimonio culturale immateriale

MIPAAF e Governo Italiano - **Piano Nazionale sulla biodiversità di interesse agrario**. Linee guida per la conservazione e la caratterizzazione della biodiversità vegetale di interesse per l'agricoltura - pubblicate dal MIPAAF

2.2. Valutazione delle ricerche già realizzate sulle caratteristiche qualitative e nutrizionali ottenute da varietà coltivate nel nostro e in altri contesti territoriali

La valutazione delle sperimentazioni pregresse sulle caratteristiche qualitative e nutrizionali delle varietà antiche e autoctone ha riguardato ricerche effettuate sia nel contesto territoriale emiliano-romagnolo sia in altri contesti territoriali nazionali ed internazionali. Tale revisione è stata realizzata dal Coordinatore del progetto con la collaborazione dei partners attraverso una ricognizione sul web (banche dati, progetti e pubblicazioni scientifiche) e contatti diretti con ricercatori ed operatori esperti del settore.

Per quanto riguarda i progetti realizzati nel contesto territoriale emiliano-romagnolo, il Dipartimento di Scienze Agrarie dell'Università di Bologna (DipSA) ha condotto una sperimentazione biennale sui frumenti antichi nell'ambito del **progetto VIRGO** - Validazione e Integrazione in aree terremotate dell'emilia-Romagna di un progetto di filiera corta per la cerealicoltura biologica reGiOnale - (2013-2015) finanziato dalla Regione Emilia Romagna e coordinato dal Prof. Giovanni Dinelli dell'Università di Bologna (www.granovirgo.it). Il principale obiettivo del progetto è stato quello di sviluppare una filiera corta per la produzione di un pane caratterizzato da ottimali standard salutistici e nutrizionali a partire da grani teneri di antica costituzione coltivati in sistemi agricoli a basso impatto ambientale come l'agricoltura biologica e biodinamica. I frumenti a marchio Virgo sono un miscuglio di 5 grani teneri di antica costituzione (Andriolo, Gentil Rosso, Frassineto, Inallettabile e Verna). Essi rappresentano un prezioso patrimonio di biodiversità da preservare, sono coltivati rispettando il disciplinare di produzione Virgo che racchiude i principi dell'agricoltura biologica e alcune pratiche dell'agricoltura biodinamica, consentendo una produzione rispettosa dell'ambiente e degli equilibri ecologici. All'interno dello stesso progetto è stato realizzato anche un campo catalogo nel quale sono state coltivate circa 130 varietà di frumento per valutarne le performance e il conseguente possibile inserimento nel miscuglio Virgo. Le varietà presenti nel miscuglio Virgo erano state precedentemente analizzate da un punto di vista agronomico e nutrizionale/nutraceutico nell'ambito del progetto "**Bio-Pane**: progetto di filiera corta per l'agricoltura biologica e biodinamica dell'Emilia Romagna" (Coordinatore: Prof. Giovanni Dinelli, Dipartimento di Scienze Agrarie – Università di Bologna), finanziato nel triennio 2009-2012 dalla Regione Emilia Romagna (<http://www.granovirgo.it/progetto/pagina-figlio>). In particolare, le antiche varietà (Andriolo, Gentil Rosso, Frassineto, Inallettabile e Verna) sono state confrontate con una varietà moderna (Palesio), con l'obiettivo di valutarne non solo la produttività, ma anche le proprietà nutrizionali e nutraceutiche.

Da un punto di vista agronomico, i risultati hanno evidenziato che le varietà antiche presentavano una resa produttiva inferiore rispetto alla varietà moderna di riferimento Palesio; tuttavia, per quanto riguarda la resa in granella, la varietà antica Inallettabile ha mostrato valori di resa più prossimi a quelli

osservati per Palesio. Inoltre, la produzione di paglia è stata più che doppia per le varietà di antica costituzione rispetto alla varietà moderna. Quest'ultimo dato è rilevante se si considera che molte aziende biologiche/biodinamiche basano la loro organizzazione su principi di autosostenibilità e la paglia può rappresentare per esse una risorsa preziosa (bio-energia, compost, ammendante del suolo). Infine, per tutte le varietà oggetto di studio il contenuto di micotossine è risultato abbondantemente al di sotto dei limiti legislativi.

Da un punto di vista nutrizionale e nutraceutico, i risultati hanno evidenziato che il contenuto proteico e di glutine è significativamente maggiore nelle varietà antiche rispetto alla varietà moderna Palesio e che i profili proteici risultano fortemente divergenti fra i due tipi di varietà. Inoltre le varietà antiche hanno mostrato un maggiore contenuto minerale rispetto alla varietà moderna, dovuto probabilmente ad un maggior sviluppo radicale. Fra le varietà antiche analizzate, Verna è risultata la più pregiata dal punto di vista nutrizionale possedendo un alto contenuto proteico, lipidico e minerale. Per quanto riguarda i polifenoli e i flavonoidi, il più elevato contenuto è stato osservato per le varietà antiche a granella rossa Verna e Andriolo; la maggior diversità è stata evidenziata nelle varietà Verna e Inallettabile (16 e 15 composti, rispettivamente), mentre il valore più basso nella varietà moderna Palesio (11 composti). Per quanto riguarda l'attività antiossidante, i valori più elevati sono stati osservati per le varietà antiche Verna, Andriolo e Gentilrosso; il contenuto in fibra insolubile è risultato significativamente superiore nelle varietà a taglia alta rispetto alla varietà moderna Palesio. Tra le varietà oggetto di indagine, Verna, Gentilrosso e Andriolo rappresentano, quindi, i genotipi più promettenti per lo sviluppo di alimenti benefici per la salute.

Per quanto riguarda la qualità commerciale ed organolettica, la coltivazione a basso impatto, con una sostanziale assenza di concimazioni dirette, ha portato alla produzione di granella con parametri reologici definibili come scadenti rispetto alle richieste del settore di trasformazione. Tuttavia, i panel test condotti nei tre anni di sperimentazione, con soggetti non addestrati, suggeriscono che la trasformazione tradizionale (macinatura a pietra, impastamento a bassa velocità, lievitazione con pasta madre) delle varietà oggetto di studio, assicura un prodotto di panificazione caratterizzato da riconoscibili e apprezzate proprietà organolettiche. Nonostante la bassa qualità evidenziata dai parametri alveografici, le varietà allevate a basso impatto possono fornire materia prima per la preparazione di pane ottenuto con pasta madre e dotato di peculiari proprietà sensoriali e nutrizionali.

Sempre nel contesto territoriale emiliano-romagnolo, è stata condotta un'altra sperimentazione nell'ambito del progetto **AMicoGrano** - Analisi dell'incidenza delle Micotossine su Grani moderni e antichi coltivati in regime biologico e convenzionale - finanziato dalla Regione Emilia Romagna nel 2013 e cofinanziato dall'azienda parmense Open Fields srl. L'obiettivo finale era il miglioramento della sicurezza e salubrità delle produzioni cerealicole in un'ottica di mantenimento della biodiversità e sostenibilità ambientale in Emilia-Romagna. A tale scopo è stato realizzato uno studio della contaminazione da micotossine in varietà di frumento antiche e moderne, e di farro coltivate sia mediante tecniche agronomiche convenzionali che mediante coltivazione biologica per poter individuare varietà che mostrassero una maggiore adattabilità e una maggiore resistenza alla fusariosi della spiga in condizioni di coltivazione biologica. I risultati hanno evidenziato risultati interessanti a favore delle specie antiche e delle vecchie varietà, soprattutto se coltivate in regime biologico.

Il progetto "**Filiera del pane di montagna**" finanziato dalla Regione Emilia-Romagna (legge regionale 28/98) e coordinato dal CRPV, ha riguardato la valorizzazione del pane tipico della Val Stirone a partire dalle tecniche di produzione rispettose dell'ambiente e dalla qualità delle materie prime (le vecchie varietà di grani di inizio novecento) fino alle tecniche di trasformazione artigianali che rispondono ancora oggi a quelle caratteristiche di unicità che si contrappongono alla serialità dei prodotti industriali. In particolare, nel biennio 2004/2005 a Pellegrino Parmense sono state valutate in termini di parametri produttivi, fenologici e qualitativi 11 vecchie varietà di frumento tenero tradizionalmente impiegate per la produzione di pane e 2 varietà moderne utilizzate in biologico. Si è provveduto altresì alla trasformazione di ogni farina in pane monovarietale, su cui sono stati effettuati degli appositi panel test. Nel biennio successivo, 2006/2007 si è studiata la miglior tecnica di fertilizzazione in biologico e in convenzionale delle varietà selezionate. I risultati hanno evidenziato che in territori alto-collinari

come quelli oggetto di sperimentazione la resa produttiva delle vecchie varietà non si discosta di molto da quella delle varietà più recenti prese come testimoni. Per quanto riguarda gli aspetti riguardanti granella e farine, particolarmente rilevanti i risultati analitici delle proteine contenute nelle granelle delle cultivar storiche, che nel campo coltivato in biologico hanno fatto registrare valori dal 14,0 ad oltre il 15%. Infine, molto interessanti anche i risultati dei panel test svolti sul pane ottenuto dalle vecchie varietà che mostrano ai primi posti per gradevolezza le tre cultivar scelte al primo anno di sperimentazione.

Una **proposta per la conservazione e valorizzazione di antiche varietà di cereali** è stata avviata dall'associazione Fattorie per tutti - Associazione per la didattica rurale (Piacenza) e supportata dal CRA GPG, Centro di Genomica, Fiorenzuola d'Arda (PC) e dall'Azienda Sperimentale Stuard, San Pancrazio (Parma), al fine di attivare una rete di collaborazioni entro provincia volta alla conservazione, utilizzazione e valorizzazione di varietà e popolazioni di frumenti che abbiano avuto un ruolo nell'agricoltura locale o nel panorama cerealicolo italiano del Novecento. L'obiettivo è quello di creare una rete di cui facciano parte diverse figure e che possa agire a diversi livelli: (i) livello informativo e didattico per favorire il massimo scambio di informazioni relativamente al settore; (ii) livello di conservazione della biodiversità agraria, con la creazione di una rete di agricoltori ed appassionati per la messa a coltivazione di quantitativi anche piccoli di antiche varietà di frumenti; (iii) a livello di utilizzazione e valorizzazione, facendo emergere una rete di piccoli mulini a pietra, attualmente poco noti, insieme a mini-mulini dotati di capacità di trasformazione limitate. Per la realizzazione di questo progetto è stata richiesta la collaborazione dell'amministrazione provinciale di Piacenza. Il progetto è visibile al link www.cerealiinrete.it, sito Internet nato per creare un contatto fra produttore e potenziale consumatore di antiche varietà di cereali e dei suoi trasformati, con la possibilità di visionare tramite Google Maps le aziende agricole, i mulini e i singoli appezzamenti delle coltivazioni.

Per quanto riguarda i progetti realizzati o proposti nel contesto territoriale nazionale, la regione Umbria ha finanziato con i fondi del Piano di Sviluppo Rurale per l'Umbria 2007-2013 il progetto **NUTRIGRAN- BIO "Frumenti antichi per pani nuovi"**, coordinato dal Parco Tecnologico Agroalimentare dell'Umbria 3A – PTA e condotto dal Dipartimento di Scienze Agrarie Alimentari e Ambientali dell'Università degli studi di Perugia. L'obiettivo principale del progetto è stato quello di sperimentare una filiera biologica umbra di valorizzazione dei frumenti teneri anticamente coltivati, attraverso: (i) la produzione di pane biologico con antiche varietà di frumento tenero, la loro valutazione per le qualità organolettiche e tecnologiche, la valutazione dell'apprezzamento dei consumatori, la distribuzione attraverso canali locali di filiera corta già attivi in Umbria; (ii) la valorizzazione delle antiche varietà di frumento per quanto riguarda le loro peculiari caratteristiche nutrizionali e le loro potenzialità di utilizzo all'interno della filiera di prodotti salutistici, attraverso lo sviluppo di prodotti altamente innovativi. Le varietà coltivate in pieno campo in regime biologico sono state il farro monococco, il grano Khorasan, i frumenti teneri Abbondanza, Gentilrosso, Biancola, Verna, S. Pastore, Blasco e Bolero. I risultati hanno evidenziato che in condizioni difficili e in biologico alcune delle vecchie varietà riescono a dare migliori performance di stabilità produttiva rispetto alle moderne varietà presenti sul mercato. Un aspetto da sottolineare è stato rappresentato dalla semente disponibile: la maggior parte di queste varietà non è più iscritta nei registri nazionali ed è stato impossibile trovare il seme certificato con problemi di: i) identità varietale; ii) presenza di infestanti; iii) sanità della semente con conseguente diffusione di malattie trasmissibili per seme (es. carie). Dalle farine delle varietà in sperimentazione sono stati ottenuti pani e prodotti da forno che hanno riscosso interesse e apprezzamento presso i consumatori per il sapore, gli aromi e il profumo.

In Veneto era stato avviato un progetto sperimentale **"Filiera Corta dei Cereali Antichi"** (2007-2010) promosso dall'Assessorato alle attività produttive agricoltura e alimentazione della Provincia di Venezia e dall'Associazione Veneta dei Produttori Biologici (A.Ve.Pro.Bi). L'obiettivo del progetto era quello di creare una filiera corta di pane biologico mediante il recupero e l'utilizzo di antiche varietà di cereali, scelti in base alla loro storia nel territorio veneto e alle loro caratteristiche organolettiche e nutrizionali. L'uso di queste antiche varietà permette di recuperare il patrimonio genetico, rivalutare

coltivazioni perdute perché poco adatte alle tecniche industriali di panificazione e riportare sulle tavole dei cibi buoni, ma dimenticati. Nella filiera erano state coinvolte alcune aziende agricole biologiche del Veneto, un molino, due panifici, i GAS e i consumatori. Le varietà coltivate sono state il farro monococco e due vecchie varietà locali di frumento tenero (Canove e Piave). I risultati avevano evidenziato un forte interesse espresso dai vari attori della filiera e una piena soddisfazione delle aspettative dei promotori: gli agricoltori e i panificatori coinvolti sono passati dal 2007 al 2013 da 4 a 12 e da 1 a 3, rispettivamente. Inoltre anche la superficie di coltivazione è aumentata da poche centinaia di mq a una dozzina di ettari con aumento della resa produttiva. Infine, da questa esperienza di recupero varietale si è costituita l'Associazione della Filiera Corta dei Cereali Antichi.

Sempre in Veneto il Gruppo Coltivare Condividendo (<http://coltivarcondividendo.blogspot.it/2015/09/cereali-antichi-il-progetto-prosegue.html>) ha avviato nel 2014 il progetto "**Campi catalogo di cereali antichi**" patrocinato dalla Pro Loco e dall'Amministrazione di Sedico (Belluno) finalizzato al recupero e alla diffusione di cereali antichi mediante la creazione di campi catalogo. A tutt'oggi sono 100 i campi in cui vengono coltivati varietà antiche di cereali quali il Triticale (ibrido artificiale fra segale e il genere *Triticum*), la segale Viola, il farro monococco, il grano Bacar, il farro dicocco Wildemmar, il farro alpino Spelta, l'orzo nudo Pop Gest, il frumento duro Carosello, i frumenti teneri Frassineto, Gentil Rosso, Risciola, Canove, Piave, De Carolis, Solina, Verna, Autonomia B, Germanella, Clavel, la Salle, Morgex, San Marcel, Rosset, Etroubles.

In Abruzzo, nel 2011 è partito il progetto "**Caratterizzazione e funzionalità tecnologica di farine di farro e/o altre varietà di cereali minori**" finanziato dall'Ente Parco Nazionale Gran Sasso Monti della Laga e coordinato dal Dipartimento di Scienze degli Alimenti dell'Università degli Studi di Teramo. Tale progetto ha previsto la valutazione compositiva e di funzionalità tecnologica per l'impiego nel campo alimentare di campioni di farro dicocco e grano Solina ottenuti da campi diversamente situati nell'area del Parco. Le analisi condotte sulle granelle e sulle farine per valore di proteine, contenuto in fibra e ceneri hanno permesso di confermare l'interessante qualità nutrizionale di questi cereali minori. Dal punto di vista della funzionalità tecnologica e impiego nella panificazione, la granella ha mostrato una bassa resa nella trasformazione in farina, e una scarsa attitudine alla panificazione, sebbene la farina ottenuta dal grano solina sia risultata più panificabile di quella del farro. Infine, i panel test ha confermato che i prodotti ottenuti dal farro e dalla solina hanno mostrato differenze significative in termini di caratteristiche sensoriali (croccantezza e forte aroma) rispetto allo stesso tipo di prodotto ottenuto con farina di frumento presa come riferimento.

In Sardegna, nel 2015, le Agenzie Regionali Agris e Laore hanno confrontato popolazioni evolutive, miscugli, varietà antiche e moderne di frumento tenero, duro e orzo in collaborazione con il Centro Sperimentazione Autosviluppo (CSA) Domusamigas (www.domusamigas.it).

Nel territorio toscano delle Colline Metallifere e in alcuni comuni dell'area geotermica tradizionale (denominata Area geotermica Nord) nel 2016 è partito un progetto pilota sperimentale di filiera etica e democratica finalizzata alla coltivazione e trasformazione dei "**grani e cereali "antichi"**". Sono oltre 25 le aziende agricole e di trasformazione agroalimentare che hanno sottoscritto un accordo volontario, impegnandosi a rispettare criteri di produzione, pratiche di coltura ed a collaborare funzionalmente alla valorizzazione ed all'implementazione dell'intero comparto. L'originalità del progetto risiede nella circostanza che le sementi che ogni azienda agricola andrà ad impiantare nei propri terreni dovranno possedere apposita e documentata certificazione, onde dimostrarne la tracciabilità in ogni momento, e che le pratiche di coltivazione sono definite in un apposito disciplinare dettagliato all'interno dell'accordo che contempla, allo stesso tempo, attività di formazione e qualificazione degli operatori all'interno del progetto. Il progetto è coordinato dall'Unione montana delle Colline Metallifere, dal comune di Montieri e da imprenditori agricoli e del settore della panificazione.

Nell'ambito della 46° Fieragricola di Lamezia Terme (1-5 febbraio 2017) è stato presentato il progetto "**Comunità dei grani antichi e mulini storici a pietra attivi**", promosso dal Parco Agricolo Calabria e dalla Slow Food Condotta Lamezia e composto da un ampio partenariato qualificato e di esperienza

(Associazioni, mulini, pastifici, Cooperative, Aziende agricole e amministrazioni comunali). L'obiettivo del progetto è mettere in rete i mulini a pietra attivi in Calabria, costruire una filiera regionale dei prodotti da forno, pane, pasta, con antiche varietà di grani locali e biologici, favorire la creazione di un marchio regionale identitario con relativo disciplinare unico della produzione che impegna aziende agricole, mulini a pietra attivi, pastifici, panifici, biscottifici. La proposta progettuale è stata accolta positivamente dall'assessorato alle Attività produttive della Regione Calabria.

Infine, nell'ambito delle attività della Rete Semi Rurali e con la collaborazione di enti pubblici (Università degli Studi di Pisa e Firenze), associazioni, aziende agricole prevalentemente biologiche vengono realizzate ogni anno prove sperimentali per valutare le caratteristiche qualitative di varietà locali di cereali.

Nell'ambito dei progetti europei, è in corso di realizzazione il progetto quinquennale "**Modelli di selezione vegetale e di tecniche agronomiche adatti alle condizioni pedo-climatiche locali**" (Acronimo **LIFE SEMENTe parTEcipata**), finanziato dall'Unione Europea nell'ambito del programma LIFE (www.life-ementepartecipata.eu). Tale progetto vede coinvolti come capofila il Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agroalimentari e dell'Ambiente dell'Università di Firenze e come partner Navdanya International Onlus, la Stazione Consorziale Sperimentale di Granicoltura per la Sicilia, FIRAB (Fondazione Italiana per la Ricerca in Agricoltura Biologica e Biodinamica), la Provincia di Grosseto, la Regione Marche e l'Ente Regionale Terre Toscane. Inoltre parteciperanno al progetto aziende agricole toscane, siciliane e delle Marche, campi sperimentali, in cui gli stessi agricoltori saranno soggetti attivi per lo studio e la selezione del frumento duro con miscugli di antiche varietà. Il progetto ha come scopo la conservazione del germoplasma del frumento duro (*Triticum turgidum* subsp *durum* L.) e di altre specie del genere *Triticum* come *polonicum*, *turanicum*, *dicoccum*, provenienti da banche del germoplasma della Regioni che partecipano e da collezioni di antiche varietà richieste da banche del germoplasma nazionali ed internazionali. Inoltre attraverso la selezione partecipata evolutiva il progetto mira ad ottenere varietà migliorate nella capacità di adattamento alle condizioni climatiche e del suolo locali, caratteristica non riscontrabile nelle varietà convenzionali, ma fondamentale per la sopravvivenza delle produzioni agricole, in risposta ai nuovi cambiamenti globali.

In corso di realizzazione è anche il progetto quadriennale **DIVERSIFOOD** (2015-2019), finanziato dal Programma quadro Horizon 2020 (www.diversifood.eu), finalizzato allo sviluppo di filiere alimentari sostenibili e di qualità per la valorizzazione delle colture locali. Nei sistemi agricoli biologici, a basso input o di aree marginali, la diversità delle colture è la chiave per aumentare la produttività e la capacità di superare le avversità. Unendo le esperienze di tante reti contadine sparse per tutta l'Europa e di diversi centri di ricerca, DIVERSIFOOD mette insieme competenze diverse per migliorare la sostenibilità economica delle catene alimentari locali. Lo fa attraverso il coinvolgimento di molti attori, dai ricercatori agli agricoltori, dai consumatori a cittadini attivi, che collaborano alla pari nella selezione, valutazione e miglioramento delle varietà locali e di quelle sottoutilizzate, ma interessanti per la diversificazione delle colture e dell'alimentazione. Il progetto coinvolge 21 partner, pubblici e privati, tra i quali istituti di ricerca, università, organizzazioni tecniche e reti contadine. In particolare, tra gli altri obiettivi, si valuterà la capacità di adattamento di popolazioni di frumento tenero a diversi ambienti pedo-climatici. In Italia i campi sperimentali sono ospitati presso aziende agricole in Emilia Romagna, Toscana, Molise e Sicilia. Nel 2016 si è aggiunto un campo in Piemonte e la sperimentazione sul frumento duro in Toscana e Sicilia.

Un altro progetto europeo in corso di realizzazione è il progetto **CAPSELLA** (www.capsella.eu), progetto co-finanziato dal programma quadro dell'Unione Europea per la ricerca e l'innovazione Horizon 2020, della durata di 30 mesi. CAPSELLA è uno dei 22 progetti "CAPS" (acronimo di "Collective Awareness Platforms for Sustainability and Social Innovation") partiti a gennaio 2016, finalizzati a creare maggiore consapevolezza collettiva su problematiche relative a argomenti come la democrazia digitale o il consumo critico e sulle possibili soluzioni. Il progetto CAPSELLA, in particolare, ha lo scopo di aumentare la consapevolezza sui benefici che derivano dalla conservazione dell'agrobiodiversità e dall'applicazione dei principi dell'ecologia in agricoltura, sviluppando soluzioni informatiche specifiche per l'agricoltura basata sulla biodiversità. Tali obiettivi vengono perseguiti in maniera partecipativa. I

portatori di interesse (agricoltori, consumatori, tecnici, ricercatori, decisori politici) sono coinvolti in maniera diretta nella definizione dei problemi da affrontare e nella pianificazione delle soluzioni informatiche per risolverli. I risultati delle discussioni sull'utilità dei sistemi informatici per conservare le risorse genetiche, per ottimizzare le pratiche agronomiche sostenibili e per gestire le filiere alimentari locali, saranno utilizzati in CAPSELLA per sviluppare "pilots" riferiti a tre scenari: "Sementi", "Pratiche agronomiche", "Filiera alimentari" da utilizzare come riassuntivi del sistema agricolo. Le attività sono coordinate da Athena Research, uno spin-off tecnologico dell'Università di Atene. Oltre ad attori del mondo informatico sia universitari che privati, un ruolo importante è ricoperto dalla Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa che rappresenta il mondo della ricerca sui temi dell'agroecologia. Tra le comunità di agricoltori sono presenti Aegilops (rete greca di agroecologia e salvaguardia dei semi), Esapoda (Scuola itinerante di agricoltura biologica del Veneto) e Rete Semi Rurali.

La valutazione dello stato dell'arte ha previsto anche una revisione delle pubblicazioni scientifiche inerenti a sperimentazioni sulle caratteristiche qualitative e nutrizionali dei cereali antichi. Le ricerche più recenti relative al contenuto di composti bio-attivi in alcune varietà antiche e moderne di frumento sono state raccolte in una review (Shewry and Hey, 2015), in cui sono stati considerati diversi parametri, quali il contenuto in fibra (fibre solubili e insolubili, arabinoxilani e β glucani) e composti fito-chimici (acidi fenolici, alchilresorcinoli, tocoferoli, steroli, carotenoidi, vitamine del gruppo B). Sebbene la bibliografia relativa al confronto fra le varietà antiche e moderne sia piuttosto limitata per fornire un giudizio valido, i dati disponibili non mostrano differenze significative del contenuto di composti bio-attivi nei grani antichi rispetto a quelli moderni. Gli autori sottolineano quindi la necessità di ulteriori studi per confermare che le varietà "antiche" di frumento abbiano benefici sulla salute. Una ricerca sul grano monococco o piccolo farro condotta dal CNR di Avellino in collaborazione con l'Università Federico II di Napoli (Gianfrani et al, 2015) ha evidenziato che questo cereale, pur contenendo il glutine, potrebbe essere adatto a prevenire la celiachia nei soggetti predisposto o intolleranti. Varietà così antiche, infatti, conterrebbero una molecola più fragile e dunque più digeribile e meno tossica rispetto a quella contenuta nell'attuale grano tenero. Uno studio condotto presso l'Università di Hong Kong (Cooper, 2015) sottolinea l'importanza delle varietà antiche per i soggetti affetti da celiachia o sensibilità al glutine. Un'altra ricerca condotta dal Dipartimento di Medicina Sperimentale e Clinica dell'Università di Firenze (Sereni et al, 2017) ha evidenziato i benefici cardiovascolari derivati dal consumo di pane prodotto con farine di varietà antiche di grano. Il trial clinico ha riguardato 45 volontari sani che per 8 settimane hanno sostituito nella loro dieta il pane derivato da varietà moderne di grano con quello derivato da varietà antiche. I risultati hanno evidenziato che il consumo di pane derivato da varietà antiche (in particolare, la varietà Verna) ha indotto un significativo miglioramento dei parametri cardiovascolari (diminuzione del colesterolo totale, LDL colesterolo, livello di glucosio nel sangue), mentre il consumo di pane derivato da varietà moderne non ha indotto alcuna riduzione significativa di tali parametri. Un'altra ricerca ha evidenziato le differenze relative al contenuto in glutine tra varietà di frumento antiche e moderne (Gelinis and McKinnon, 2016). Numerosi studi pubblicati su riviste internazionali riguardano gli aspetti nutrizionali e salutistici del grano Khorasan Kamut® (Bordoni et al, 2017) e, in particolare, sottolineano i benefici che un consumo di prodotti derivati da tale varietà può apportare in termini di riduzione di fattori di rischio metabolici (Sofi et al, 2013), cardiovascolari e dei livelli di glicemia (Whittaker et al, 2015). Un altro studio ha valutato il contenuto di fruttani, fibre idrosolubili e zuccheri fermentabili in pane e pasta preparati con grani antichi (grano Khorasan e farro) e moderni, evidenziando l'azione inibitoria dei grani antichi sull'attività fermentativa dei lieviti (Gelinis et al, 2016). Le antiche varietà di frumento hanno anche evidenziato una maggiore percentuale e una maggiore efficienza nell'utilizzo dell'azoto (Pourazari et al, 2015). Un gruppo di ricerca sloveno (Lacko - Bartošová and Čurná, 2015) ha valutato il contenuto di composti nutrizionali (lipidi, zuccheri, proteine, fibre solubili, ceneri e amido) di alcune varietà di farro coltivate in regime biologico, confermando l'unicità del farro in termini di composizione in composti secondari e il suo ruolo come "functional food". In particolare, il monococco ha dimostrato di avere proprietà nutrizionali migliori, con un contenuto più elevato di proteine, grassi, ceneri, fosforo, potassio, calcio, magnesio, rame, zinco, ferro e manganese (Rachoń et al, 2015) e una migliore capacità

antiossidante (Fogarasi et al, 2015; Ziegler et al, 2016). Inoltre il farro (monococco, dicocco e spelta) ha mostrato una buona attitudine alla panificazione e alla produzione di cereali per la prima colazione (Longin et al, 2015). Anche il grano saraceno (*Fagopyrum esculentum*), pur non appartenendo alla famiglia delle Graminacee, è stato oggetto di uno studio approfondito che ne ha evidenziato le proprietà salutiste (effetto protettivo da malattie cardiovascolari) (Sofi et al, 2016).

Bibliografia

Bordoni A, Danesi F, Di Nunzio M, Taccari A, Valli V. 2017 Ancient wheat and health: a legend or the reality? A review on KAMUT khorasan wheat. *Int J Food Sci Nutr* 68:3 278-286, DOI:10.1080/09637486.2016.1247434

Cooper R. 2015 Re-discovering ancient wheat varieties as functional foods. *J Tradit Complement Med*. 5(3): 138–143.

Fogarasi AL, Kun S, Tankó G, Stefanovits-Bányai E, Hegyesné-Vecseri B. 2015 A comparative assessment of antioxidant properties, total phenolic content of einkorn, wheat, barley and their malts. *Food Chemistry* 167: 1–6.

Gelinas P and McKinnon C. Gluten weight in ancient and modern wheat and the reactivity of epitopes towards R5 and G12 monoclonal antibodies. 2016. *Int J Food Sci Technol* 51: 1801–1810.

Gelinas P, McKinnon C, Gagnon F. 2016 Fructans, water-soluble fibre and fermentable sugars in bread and pasta made with ancient and modern wheat. *Int J Food Sci Tech* 51, 555–564.

Gianfrani C, Camarca A, Mazzarella G, Di Stasio L, Giardullo N, Ferranti P, Picariello G, Rotondi Aufiero V, Picascia S, Troncone R, Pogna N, Auricchio S, Mamone G. 2015 Extensive in vitro gastrointestinal digestion markedly reduces the immune-toxicity of *Triticum monococcum* wheat: implication for celiac disease. *Mol Nutr Food Res* 59(9):1844-54. doi: 10.1002/mnfr.201500126.

Lacko - Bartošová M and Čurná V. 2015 Nutritional characteristics of emmer wheat varieties. *J Microbiol Biotech Food Sci* 4:(special issue 3) 95-98.

Longin CFH, Ziegler J, Schweiggert R, Koehler P, Carle R, Würschum T. 2016 Comparative study of hulled (einkorn, emmer, and spelt) and naked wheats (durum and bread wheat): agronomic performance and quality traits. *Crop Sci* 56:302–311 doi: 10.2135/cropsci2015.04.0242.

Pourazari F, Vico G, Ehsanzadeh P, Weih M. 2015 Contrasting growth pattern and nitrogen economy in ancient and modern wheat varieties. *Can J Plant Sci* 95: 851860.

Rachoń L, Szumiło G, Brodowska M, Woźniak A. 2015. Nutritional value and mineral composition of grain of selected wheat species depending on the intensity of a production technology. *J Elem* 20(3): 705-715. DOI: 10.5601/jelem.2014.19.4.640.

Sereni A, Cesari F, Gori AM, Maggini N, Marcucci R, Casini A, Sofi F. 2017 Cardiovascular benefits from ancient grain bread consumption: findings from a double-blinded randomized crossover intervention trial. *Int J Food Sci Nutr* 68:97-103 <http://dx.doi.org/10.1080/09637486.2016.1216528>.

Shewry PR and Hey S. 2015 The contribution of wheat to human diet and health. *Food and Energy Security* 4(3):178–202. doi: 10.1002/fes3.64

Sofi F, Ghiselli L, Dinu M, Whittaker A, Pagliai G, Cesari F, Fiorillo C, Becatti M, Casini A, Benedettelli S. 2016 Consumption of buckwheat products and cardiovascular risk profile: a randomized, single-blinded crossover trial. *Nutr Food Sci*, 6:3 <http://dx.doi.org/10.4172/2155-9600.1000501>.

Sofi F, Whittaker A, Cesari F, Gori AM, Fiorillo C, Becatti M, Marotti I, Dinelli G, Casini A, Abbate R, Gensini GF, Benedettelli S. 2013 Characterization of Khorasan wheat (Kamut) and impact of a replacement diet on cardiovascular risk factors: cross-over dietary intervention study. *Eur J Clinical Nutrition* 67, 190–195.

Whittaker A, Sofi F, Luisi MLE, Rafanelli E, Fiorillo C, Becatti M, Abbate R, Casini A, Gensini GF, Benedettelli S. 2015 An organic Khorasan wheat-based replacement diet improves risk profile of patients with Acute Coronary Syndrome: a randomized crossover trial. *Nutrients* 7:3401-3415.

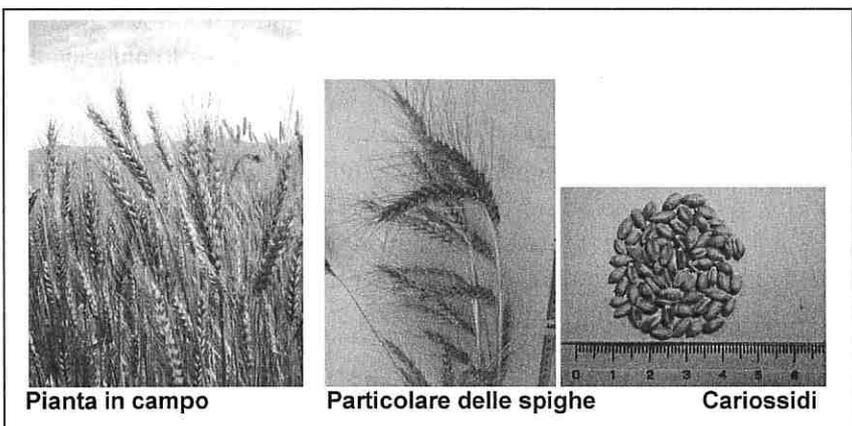
Ziegler JU, Schweiggert RM, Würschum T, Longin CFH, Carle R. 2016. Lipophilic antioxidants in wheat (*Triticum* spp.): A target for breeding new varieties for future functional cereal products. *J Functional Foods* 20: 594–605.

2.3. Analisi del contesto territoriale regionale attraverso interviste e acquisizione di altre informazioni sulle varietà da utilizzare

Uno degli obiettivi di BIOADAPT è quello di valorizzare genotipi del genere *Triticum aestivum* di antica costituzione e di valutarne l'adattamento alle diverse realtà locali. Le varietà di frumento tenero a taglia alta utilizzate nel progetto saranno Andriolo, Frassineto, Gentil Rosso, Inallettabile e Verna. Attraverso interviste agli agricoltori coinvolti nel progetto, contatti con accademici esperti di grani antichi e ricerche su Internet, sono state reperite le seguenti informazioni sulle varietà di frumento di antica costituzione oggetto di studio:

Andriolo (varietà locale)

Non si conosce l'origine di questa varietà per lo più diffusa in passato in Toscana soprattutto nel pistoiese. Potrebbe quindi essere considerata come varietà da conservazione associata alla regione Toscana. Attualmente coltivata su piccole superfici per lo più a livello amatoriale. Si rileva però un



interesse di alcuni agricoltori, per lo più biologici, nel reperire il seme per la coltivazione su grandi superfici. È a rischio di erosione genetica.

Varietà autunnale, medio-precoce, coltivata soprattutto in montagna, in terreni di scarsa fertilità ed è caratterizzata da rusticità, resistenza all'allettamento,

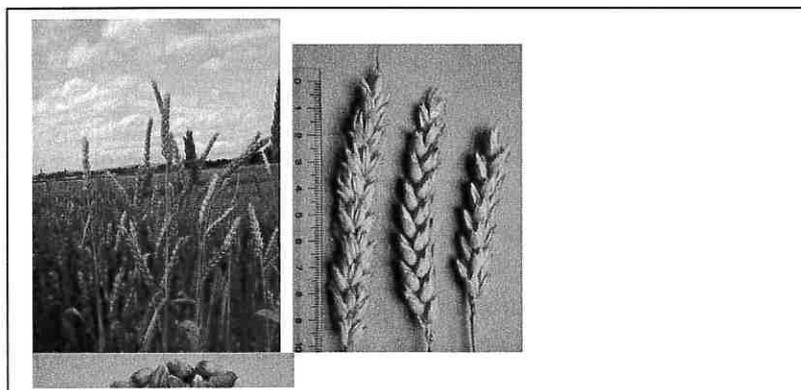
alla stretta e alle ruggini. Presenta cariossidi a frattura farinosa.

Dal punto di vista agronomico, il frumento in generale è una coltura poco esigente nei riguardi della preparazione del terreno, ha un apparato radicale fascicolato, dotato di elevata capacità esplorativa, beneficia della fertilità residua presente nei terreni e si adatta anche a suoli lavorati superficialmente o non lavorati. Se seminato dopo una coltura con elevati residui colturali e con terreni compatti, occorre trinciare bene i residui ed effettuare l'aratura. Le lavorazioni ridotte o la mancata lavorazione del suolo sono possibili solo in caso di assenza dei residui colturali della precedente coltura e su terreni non troppo compattati. Non sono necessarie le concimazioni azotate in quanto favorirebbero il fenomeno dell'allettamento. La semina avviene in autunno, tra ottobre e la fine di novembre. La semina tempestiva ne favorisce l'accestimento.

Le cariossidi prodotte sono destinate all'alimentazione dell'uomo previa macinazione, indicato nella produzione del pane toscano per il sapore e l'aroma che vengono conferiti al prodotto finito. La varietà è interessante per la produzione di farina semi-integrale da usare nella produzione del pane toscano con lievito a pasta acida anche in miscela con altre vecchie varietà di grano.

Frassineto (varietà locale)

Ottenuto nel 1922 da Michahelles a Frassineto per selezione genealogica dalla vecchia varietà (razza) originaria della Toscana, Gentil Rosso. È un frumento tenero a semina autunnale particolarmente apprezzato per la sua rusticità indicato per i terreni magri di bassa e alta collina. Ha culmi più corti del gentil rosso comune, eretti e robusti, accestimento elevato, presenta una spiga mutica con l'eccezione



di brevi reste terminali, di colore bianco paglierino e forma piramidale e cariossidi a frattura farinosa. È una varietà vigorosa e, come la gran parte dei grani antichi, molto alta, anche oltre il metro e mezzo. Per questo motivo ha una certa tendenza all'allettamento rispetto alle attuali varietà ibride, più produttive ed al contempo più basse. Tuttavia, come per le

altre varietà antiche, il vantaggio dell'altezza sta nella concorrenza rispetto alle erbe infestanti: infatti, il Frassineto cresce più veloce e più alto, e non necessita di alcun intervento di contenimento delle

infestanti, laddove invece la pratica attuale della cerealicoltura prevede importanti interventi diserbanti.

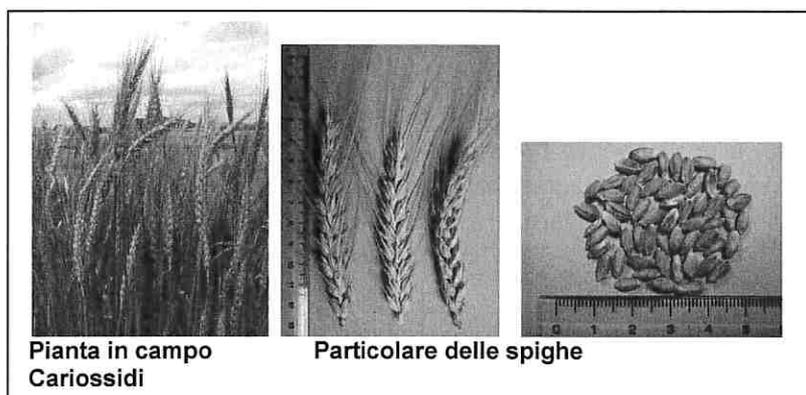
Alcune caratteristiche distintive sono l'elevata rusticità, l'adattamento agli ambienti più svariati, modeste esigenze in termini di fertilità del suolo, resistente alle ruggini, buona resistenza all'allettamento, precocità di maturazione. Prevalentemente diffusa fino all'inizio del novecento in molte regioni del centro e del nord Italia. Attualmente coltivata su piccole superfici per lo più a livello amatoriale. Si rileva però un interesse di alcuni agricoltori, per lo più biologici, nel reperire il seme per la coltivazione su grandi superfici. È a rischio di erosione genetica.

Per quanto riguarda le caratteristiche agronomiche, valgono le stesse informazioni riportate per la varietà Andriolo. Per l'uso alimentare, è un ottimo grano per la panificazione: presenta infatti una maggiore percentuale di proteine ed una minore presenza di glutine. Questo si traduce in una maggiore lentezza nella lievitazione (il pane non si "gonfia" come quello attualmente in commercio) e in una maggiore digeribilità e durata nel tempo (specie se lievitato con la sua stessa pasta madre).

Gentil Rosso

Originario del centro della Toscana e nella metà del 1800 si diffuse anche nelle zone circostanti in particolare nell'Emilia. La sua diffusione fu legata principalmente alla sua maggiore produttività rispetto al "Rieti", varietà largamente coltivata in quegli anni. Il Gentil Rosso era originariamente mutico ma sono poi state selezionate anche la varietà semiaristata e quella aristata. Il Gentil Rosso è stato uno dei frumenti capostipiti utilizzato dal Michahelles nella sua attività di selezione. Dal Gentil Rosso, allora molto coltivato nella campagna aretina, egli selezionò il "Frassineto 405" frumento caratterizzato da elevata rusticità. Il Gentil Rosso aristato è caratterizzato da spighe alte di colore rosso pallido e cariossidi rosso scuro. Presenta cariossidi a frattura farinosa.

È un grano mediamente tardivo, con una buona capacità produttiva, di taglia alta (130-160 cm circa) e sensibile all'allettamento. Una semina effettuata in solchi profondi, seguita poi da rincalzature/sarchiature regolari, dovrebbe generare una pianta più robusta, quindi non soggetta all'allettamento, e più produttiva perché dotata di una capacità di accostamento maggiore (moltiplicazione radicale = più fusti da un unico seme e altrettante spighe). Presenta una notevole resistenza alle malattie (come la ruggine), buone doti di rusticità e di adattabilità. La caratteristica di staccarsi facilmente dalla spiga rende le cariossidi di questo grano particolarmente appetibili dai passeri, per cui si rende necessario proteggerle con copertura di rete antigrandine.



Per quanto riguarda la tecnica di coltivazione, la semina si effettua nella prima metà di ottobre, la germinazione avviene in 7 giorni con

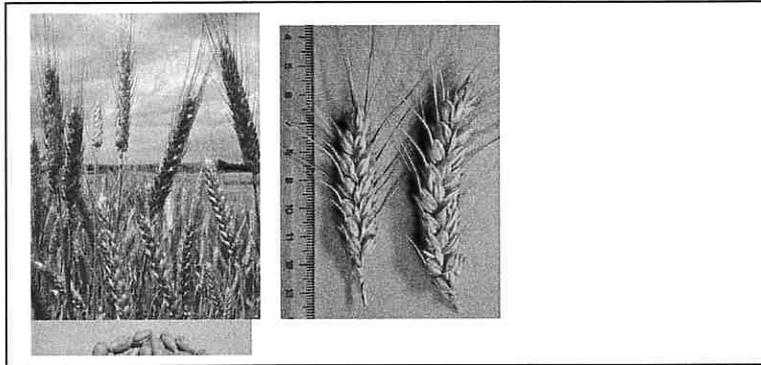
condizioni climatiche favorevoli. La mietitura avviene quando le spighe presentano un basso tasso di umidità e la pianta ha perso ogni colorazione verde (la pianta ha terminato le sue funzioni vegetative). Le piante sono tagliate al colletto e sono poste ad essiccare in un luogo ventilato e asciutto. Le radici sono lasciate nel terreno e costituiscono un eccellente apporto di azoto per la coltivazione seguente.

Per quanto riguarda l'uso alimentare, se utilizzato in purezza l'impasto non presenta l'elasticità tipica delle odierne farine comuni. La mancanza di elasticità è causata dal ridotto contenuto di glutenine. La glutenina è una proteina capace di rendere il glutine più tenace, resistente alle odierne lavorazioni industriali ma non facilmente digeribile. Ciononostante il Gentil Rosso riesce ad essere molto versatile. In panificazione e in preparazioni classiche come piadina o sfoglia il Gentil Rosso si può utilizzare in

purezza mentre per la pizza può a discrezione essere tagliato con piccole percentuali di farina di altre varietà.

Inallettabile

Ottenuta per selezione da Todaro, è stata coltivata nell'Italia Settentrionale e Centrale, prevalentemente in pianura ma anche in collina e nella bassa montagna; è poco soggetta all'allettamento, alla stretta e resistente alle ruggini. E' adatta ad essere coltivata in sistemi agricoli a



basso input. Le cariossidi sono a frattura farinosa ed hanno un discreto contenuto in proteine totali e anche in metaboliti secondari.

Per quanto riguarda le caratteristiche agronomiche, valgono le stesse informazioni riportate per la varietà Andriolo. Le cariossidi prodotte sono destinate

all'alimentazione dell'uomo previa macinazione, indicato nella produzione del pane toscano per il sapore e l'aroma che vengono conferiti al prodotto finito.

Varietà Verna

Verna è il nome di un'antica varietà di grano di origine toscana, molto apprezzata in passato per le sue caratteristiche di grande rusticità e poi dimenticata per lunghi anni perché decisamente meno produttiva rispetto alle varietà moderne. Il grano VERNA è stato mantenuto in purezza negli anni grazie all'attività dell'Ente Toscano Sementi, istituzione fondata negli anni '30, e costituita tra gli altri dall'Università di Agraria di Firenze e dal Consorzio Agrario di Siena, che in anni recenti ha riscoperto il valore di questo grano particolare e ne ha promosso la coltivazione.



In particolare, il fatto che il grano tenero di varietà "Verna" sia caratterizzato da un contenuto proteico modesto (12% di proteine totali), lo rende particolarmente interessante per i soggetti con intolleranze alimentari. Il chicco di Verna contiene infatti il 12% di proteine e le più abbondanti sono le albumine, le globuline, le glicoproteine. Tra queste proteine troviamo il glutine, sostanza che rende più facile la lavorazione della farina sia per la produzione della pasta che del pane. Il glutine rappresenta altresì la proteina che le persone che soffrono di celiachia devono assolutamente evitare, ma esistono anche persone che, pur non avendo la patologia conclamata soffrono

comunque di difficoltà digestive dovuta alla presenza di un'alta percentuale di glutine dei grani di uso comune. La farina "Verna" contiene solo lo 0,9% di glutine rispetto al 14% di media delle farine tradizionali e potrebbe rappresentare una buona opportunità nutrizionale per migliorare le funzionalità digestive e quindi il benessere di molte persone non direttamente celiache, ma comunque con intolleranza verso il frumento. È a rischio di erosione genetica.

Bibliografia

Porfiri O. 2015 I frumenti. Dalle varietà al campo. Pentàgora Rete Semi Rurali, Delfini & Enrile Edizioni, Savona

2.4. Valutazione di altre esperienze e attività collegate con il tema affrontato

La legge regionale N. 19 del 23 Luglio 2014 recante "Norme per la promozione e il sostegno dell'Economia Solidale" disciplina il vasto settore dell'economia solidale: un arcipelago di organizzazioni, piccoli produttori, consumatori consapevoli, aziende sostenibili che formano l'asse portante di un'economia sostenibile perché ecologica e soprattutto solidale. La legge indica principi e valori di riferimento e delinea il potenziale di sviluppo dell'economia solidale. In particolare, secondo l'articolo 1, "per promuovere lo sviluppo civile, sociale ed economico della collettività, la Regione Emilia-Romagna riconosce e sostiene l'Economia Solidale, quale modello sociale economico e culturale improntato a principi di eticità e giustizia, di equità e coesione sociale, di solidarietà e centralità della persona, di **tutela del patrimonio naturale e legame con il territorio** e quale strumento fondamentale per affrontare le situazioni di crisi economica, occupazionale e ambientale".

Inoltre, l'articolo 3 di tale normativa individua e definisce, fra gli altri, i seguenti soggetti:

a) "Rete di Economia Solidale (RES)", l'insieme dei soggetti - singoli ed organizzati, dei distretti, delle reti settoriali di economia solidale, collegati in vario modo fra di loro - che costituiscono la Rete di Economia Solidale (RES).

b) "Distretto di Economia Solidale (DES)", il soggetto associativo costituito in forma giuridica che costituisce una rete locale dei soggetti impegnati a diffondere e praticare l'economia solidale e il consumo critico nelle sue diverse declinazioni. Ne fanno parte soggetti economici e non economici, quali: gruppi informali, associazioni, imprese, artigiani, professionisti, cooperative sociali, istituzioni pubbliche, soggetti di finanza etica mutualistica e solidale e altri soggetti che si riconoscono nei principi dell'Economia Solidale e ne condividono obiettivi, criteri e modalità di lavoro.

c) "Gruppi di Acquisto Solidale (GAS)", i soggetti associativi, senza scopo di lucro, costituiti al fine di svolgere attività di acquisto collettivo di beni e servizi e di distribuzione dei medesimi, senza applicazione di alcun ricarico, esclusivamente agli aderenti, con finalità etiche, di solidarietà sociale, di sostenibilità ambientale e di salvaguardia del potere d'acquisto dei redditi, in diretta attuazione degli scopi istituzionali e con esclusione di attività di somministrazione e di vendita.

d) "Banche del Tempo", i soggetti associativi e/o le esperienze che promuovono e gestiscono lo scambio di azioni e saperi tra persone basato sul tempo come unità di misura.

e) "Commercio Equo e Solidale", l'attività svolta da quegli enti - non aventi scopo di lucro - che tramite esplicito

richiamo nello Statuto hanno come scopo il praticare un approccio alternativo al commercio internazionale tradizionale, finalizzato ad ottenere una maggiore equità nelle relazioni economiche internazionali attraverso l'offerta di migliori condizioni economiche ed assicurando i diritti dei produttori marginalizzati dal mercato, specialmente nel Sud del mondo, e che conformano la propria attività alle norme volontarie elaborate.

f) "Agricoltura contadina di prossimità": l'attività condotta da piccole aziende agricole con una produzione diversificata ottenuta con metodi rispettosi della natura, dell'ambiente e della salute, con prevalenza di impiego di manodopera per unità di superficie agricola utilizzata.

g) "Prodotti da filiera corta", i prodotti che prevedono modalità di distribuzione diretta dal produttore al consumatore

La storia, i principi e la strategia della Rete di Economia Solidale (RES) sono ampiamente descritti nel sito Internet dedicato: <http://www.economiasolidale.net/>. Il progetto "RES" segue la "strategia delle reti" come pista di lavoro. Intende cioè rafforzare e sviluppare le realtà di economia solidale attraverso la creazione di circuiti economici, in cui le diverse realtà si sostengono a vicenda creando insieme spazi di mercato finalizzato al benessere di tutti. In Italia questo percorso è stato avviato il 19 ottobre 2002 a Verona nel corso di un seminario sulle "Strategie di rete per l'economia solidale", in cui le numerose

realità convenute hanno deciso di affrontare questo viaggio collettivo. Un primo passo è stata la definizione della "Carta per la Rete Italiana di Economia Solidale", presentata a Padova il 4 maggio 2003. Ora il percorso prevede l'attivazione di reti locali di economia solidale, denominati "distretti", come passaggio fondamentale per la costruzione di una futura rete italiana di economia solidale. Questo progetto è sostenuto da un gruppo di lavoro su base volontaria a cui partecipano diversi soggetti dell'economia solidale italiana. In vari paesi del mondo (Brasile, Argentina, Spagna, Francia) esistono già reti di economia solidale, nate negli ultimi anni. In Italia la Rete di Lilliput e diversi soggetti di economia alternativa (Botteghe del Mondo-commercio equo solidale, Gruppi di Acquisto Solidali, organizzazioni della Finanza Etica e del Turismo Responsabile, cooperative sociali) stanno promuovendo un processo analogo, per collegare e rafforzare queste pratiche di economia basate su principi opposti a quelli del neoliberismo.

In particolare, tra le esperienze in Emilia-Romagna ricordiamo:

1. Il Distretto di Economia Solidale di Modena (DES Modena, <http://www.desmodena.it>): nato nel luglio 2012, il Distretto dell'Economia Solidale ha l'obiettivo di costruire e formalizzare una rete locale di economia solidale tra Gruppi d'Acquisto Solidali (GAS), Produttori, Agricoltori, Cooperative sociali e di produzione lavoro, Botteghe del commercio equo, Rappresentanti della finanza etica ed altre realtà operanti nell'ambito dell'economia solidale. È nato come luogo di confronto per tutti i soggetti interessati, in cui mettere in costante relazione produttori e portavoce dei Gruppi d'acquisto solidali per creare un circuito economico alternativo e più eco-sostenibile; un luogo di stimolo e di sostegno a comportamenti rivolti a contribuire ad uno stile di vita più sano e più sobrio che pensi al benessere di tutti e non solo al profitto di pochi.

2. Il Distretto di Economia Solidale di Parma (DES Parma, <http://www.desparma.org>): nasce da una vasta rete di associazioni che dal 2003 lavora sul consumo critico e l'Economia Solidale, e i gruppi di acquisto solidale (GAS) che decidono di lavorare insieme per valorizzare e promuovere pratiche di economia solidale fondate sulle relazioni fiduciarie e solidali fra i soggetti della comunità. DES Parma aderisce ai Sistemi di Garanzia Partecipata, che sono sistemi di tutela della qualità orientati localmente, che certificano i produttori sulla base di una partecipazione attiva degli stakeholder e sono fondati su una base di fiducia, di interdipendenza e di scambi di conoscenze. Il Sistema di Garanzia Partecipata territoriale (PGS) avviato a Parma a Marzo 2013, vede coinvolti produttori e consumatori (organizzati in GAS e non solo) nella realizzazione di un partenariato finalizzato all'apertura di spazi di mercato locale, basati sul rispetto dei criteri di Economia Solidale contenuti nella Carta dei principi del DES parmense (<http://www.desparma.org/progetti-des/pgs-sistema-di-garanzia-partecipata/>).

3. Gruppi di acquisto solidale (GAS): a tutt'oggi la rete nazionale dei gruppi di acquisto riunisce 506 gruppi (senza contare quelli non censiti) distribuiti sull'intero territorio nazionale e 10 reti territoriali. Quelli presenti sul territorio regionale sono:

- GAS di Fidenza (PR): è il primo gruppo d'acquisto nato in Italia, nel 1994. I prodotti distribuiti sono, tra gli altri: cereali, sfarinati e legumi, pasta, formaggio Parmigiano Reggiano Bio di montagna e di pianura, prodotti da forno confezionati (pane e pasticceria) (<http://www.economiasolidale.net/archivio/gas-fidenza>).

- GAS di Ravenna (<http://gasravenna.altervista.org/>): il Gruppo Ravennate di Acquisto Solidale (Gras) è il primo GAS nato a Ravenna nel 2005 come gruppo informale, si è poi costituito in associazione nel 2014. È formato da un gruppo di famiglie impegnato ad orientare i propri consumi su concetti di solidarietà, rispetto dell'ambiente, del lavoro e dei popoli che subiscono le conseguenze di una iniqua ripartizione delle risorse. Il Gras privilegia i prodotti biologici (non necessariamente certificati), e prodotti delle cooperative sociali ovvero quelle cooperative che hanno come obiettivo l'inserimento al lavoro di persone svantaggiate altrimenti escluse dal mondo del lavoro.

- GAS di Imola (<http://www.gasimola.ilbello.com/>)

- GAS di Bologna (<http://www.gasbo.it/>): è il primo GAS nato a Bologna nel lontano 1997; è formato da un gruppo di famiglie impegnato ad orientare i propri consumi su concetti di solidarietà,

rispetto dell'ambiente, del lavoro e dei popoli che subiscono le conseguenze di una iniqua ripartizione delle risorse. Le scelte del GasBo si orientano dunque verso piccoli produttori trasparenti nel loro lavoro, verso produttori locali per ridurre inquinamento e spreco energetico, verso prodotti biologici che rispettano la terra e l'ambiente, la persona e la biodiversità, verso produttori che lavorano e impiegano lavoro senza ricorrere allo sfruttamento e alla sola logica del profitto.

- GASbosco di Bologna (<http://www.gasbosco.it/wp/>): nato nel 2007 si occupa di formazione e approfondimento culturale, comunicazione e rapporti con il territorio sulle tematiche culturali affrontate dal GAS, attività pratiche (acquisto collettivo di prodotti alimentari sulla base di criteri fondati sulla eticità di produzione e distribuzione, rispetto dei ritmi naturali, conoscenza e rapporto diretto con i produttori locali, riduzione delle spese di trasporto, consumo di prodotti biologici che tutelino la salute delle persone)

- GAS di Vignola (BO) (<https://ilgasvicambia.wordpress.com/>): il Gruppo d'Acquisto Solidale di Vignola "Il GAS vi cambia" è attivo dal 13 maggio 2010, giorno in cui è avvenuta la prima distribuzione di verdure biologiche a km 0. Nato dall'idea di 5 giovani ragazze e ragazzi, ora è un gruppo di 90 famiglie che si è autorganizzato per acquistare direttamente dai piccoli produttori locali, biologici e solidali verdura, frutta, pane, uova, formaggi, pasta, riso, legumi, farina, zucchero, caffè, marmellate, miele, frutta secca, saponi&detersivi, pannolini lavabili, abbigliamento in tessuti biologici ecc.

- GAS IqbalMasih di Reggio Emilia (<http://www.economiasolidale.net/archivio/gas-iqbal-masih>): questo Gruppo di Acquisto Solidale nasce dall'esperienza partecipata dei nidi e delle scuole comunali dell'infanzia di Reggio Emilia. Il Gas IqbalMasih è stato fondato da genitori, insegnanti e pedagogisti delle scuole e dei nidi d'infanzia e nella scelta del nome dichiara una forte volontà e responsabilità, una sfida per sostenere i diritti e la cultura dell'infanzia, a Reggio Emilia e nel mondo. Il Gas IqbalMasih ha non solo la volontà di effettuare acquisti consapevoli secondo la filosofia dei gruppi d'acquisto solidali, ma anche lo scopo di promuovere e sostenere incontri, dibattiti, manifestazioni che pongano l'attenzione e la ricerca intorno al consumo critico, all'etica e alla solidarietà.

Tra le numerose attività ed esperienze legate ai GAS, è da segnalare il progetto "ADESSO PASTA" (<http://www.co-energia.org/cosa-facciamo/alimentazione/adesso-pasta.html>) ideato da Co.energia, un'associazione nazionale di secondo livello nata per avviare progetti di Economia Solidale che puntano ad una responsabilizzazione etica, dal basso, dell'economia. Tale progetto è uno dei progetti collettivi di economia solidale per la fornitura ai GAS di pasta biologica italiana con essiccazione a bassa temperatura, dove produttore (Cooperativa Terra e Cielo) e consumatori (GAS) hanno sottoscritto un Patto Solidale assumendosi insieme rischi e i costi dell'intera filiera produttiva definendo un sistema di garanzia partecipata e uno specifico fondo di solidarietà.

Per le esperienze in altre Regioni si veda, sul sito www.economiasolidale.net, l'elenco dei Distretti di Economia Solidale, Gruppi di Acquisto Solidale e Reti di Economia Solidale.

4. Coop. Arvaia (www.arvaia.it): cooperativa di cittadini, coltivatori, biologici che ha l'obiettivo di coltivare la terra, attraverso una gestione collettiva dei soci, dalla semina al raccolto, destinato prevalentemente alla comunità dei soci stessi. Questo modello si chiama CSA (Community Supported Agriculture) sistema applicato da alcune esperienze centro-nord europee. Arvaia è la prima in Italia ad applicare questo modello e lo fa su suolo comunale pubblico. Si tratta quindi di gestione collettiva di un bene comune a fini di sussistenza, che ha tra le sue finalità l'occupazione, la crescita della partecipazione sociale, il monitoraggio e la difesa del territorio, la diffusione dell'agricoltura biologica/biodinamica, il recupero delle colture tradizionali, il ridimensionamento del mercato e degli scambi monetari, l'utilizzo dell'autocertificazione partecipata sui prodotti e lo sviluppo di una rete di relazioni con enti, associazioni e soggetti in Italia e all'estero, animati dai medesimi obiettivi.

5. Istituto tecnico agrario Zanelli di Reggio Emilia (<http://www.zanelli.gov.it/>): quest'istituto iniziò l'attività di tutela della biodiversità negli anni '70, che è poi proseguita in modo più strutturato, definendo e attuando progetti di recupero di antiche varietà di orticole, cereali e altri prodotti. L'Istituto riproduce semi di varietà antiche di frumento quali: Poular di Ciano, Risciola, Terminillo, Gentilrosso, Grano del Miracolo, Leone Aristato.

A livello regionale si segnala l'associazione "Simenza – Cumpagnìa Siciliana Sementi Contadine". Nata nel 2016 ad Enna, ha come obiettivo l'attuazione di un sistema regionale di tutela e valorizzazione della biodiversità siciliana di interesse agrario; affianca i piccoli agricoltori promuovendo la filiera corta e sistemi di produzione sostenibili e modelli di agricoltura rigenerativi. L'associazione è il frutto della collaborazione tra gli agricoltori produttori dei cosiddetti grani antichi, di leguminose, di allevatori di razze autoctone. L'associazione non tutela solo le varietà agricole siciliane, ma anche la cultura agraria del territorio.

A livello nazionale si segnalano le seguenti associazioni:

1. Rete Semi Rurali (www.semirurali.net), associazione nazionale con sede a Scandicci (FI) fondata nel 2007 allo scopo di tutelare, valorizzare e promuovere, soprattutto presso i contadini, la biodiversità in agricoltura. È formata da 28 associazioni e promuove il contatto, il dialogo, lo scambio e la condivisione di informazioni e iniziative tra quanti affermano i valori della biodiversità e dell'agricoltura contadina, opponendosi a ciò che genera erosione e all'agricoltura mineraria basata sulla monocoltura intensiva e/o sulle colture geneticamente modificate.

2. Associazione Nazionale Banche del Tempo (<http://www.associazionenazionalebdt.it/>), che riunisce molte Associazioni a livello regionale. Le Banche del Tempo promuovono un nuovo concetto di solidarietà sociale all'interno di quartieri – città – piccoli centri – luoghi di lavoro – università scuole, attraverso lo scambio di saperi e abilità, utilizzando il tempo, e non il denaro, come misura dello scambio e intervenendo nei bisogni quotidiani dei propri iscritti e/o soci. Nel sito è presente un elenco delle Banche del Tempo per ciascuna Regione e regole e procedure per aderire ad una Banca del Tempo.

Sempre a livello nazionale è stato lanciato il progetto "Coltiviamo biodiversità bene comune" (<https://www.produzionidalbasso.com/project/coltiviamo-biodiversita-bene-comune/>). Si tratta di una campagna promossa da AIAB (Associazione Italiana Agricoltura Biologica) con la finalità di recuperare e diffondere la biodiversità, tramite la diffusione di miscugli di semi provenienti da incroci e raccolte, anche di varietà antiche, nelle aziende agricole biologiche e biodinamiche, divenendo così custodi e moltiplicatori di semi. L'obiettivo della campagna è quello di contribuire alla conservazione/valorizzazione di risorse genetiche di cereali e altre specie, attivando una rete didattico-informativa a sostegno delle aziende coinvolte, per rendere ai contadini il ruolo di garanti della biodiversità e la proprietà delle sementi.

A livello internazionale sono da segnalare le seguenti organizzazioni:

1. Navdanya, organizzazione fondata 30 anni fa in India dalla Dott.ssa Vandana Shiva che diede origine ad un movimento per la difesa della sovranità alimentare, dei semi e dei diritti dei piccoli agricoltori in tutto il mondo. **Navdanya International** è stata creata in Italia nel 2011 allo scopo di sostenere la missione di Navdanya a livello internazionale. Fra gli obiettivi dell'organizzazione, ci sono la protezione della natura e della biodiversità, la difesa del diritto dei consumatori ad un'alimentazione sana e libera da veleni, la tutela del diritto degli agricoltori e dei cittadini comuni di conservare, scambiare, coltivare e selezionare liberamente i semi. Navdanya International ha lanciato la Campagna Globale per la Libertà dei Semi (Seed Freedom) nell'ottobre del 2012 in risposta alla crescente crisi dovuta al tentativo delle multinazionali di imporre il proprio monopolio sui semi e sul cibo. La Campagna è stata concepita allo scopo di portare all'attenzione dei cittadini il ruolo cruciale dei semi nella lotta per la difesa della sicurezza e della sovranità alimentare e di rafforzare le reti e i movimenti di conservazione e scambio di semi in tutto il mondo. Navdanya, in India, ha realizzato dal 1991 al 2008, 54 banche delle sementi, in diversi areali pedoclimatici.

2. **Kokopelli** (<https://kokopelli-semences.fr/>), associazione francese fondata nel 1999 con l'obiettivo di favorire la libertà di utilizzo delle varietà di sementi (antiche e moderne) di cereali e altri prodotti e promuovere la biodiversità alimentare.

3. **Grain** (www.grain.org) è un'organizzazione internazionale senza fini di lucro che lavora per supportare i piccoli agricoltori e loro associazioni nella promozione di sistemi alimentari controllati dalle comunità e basati sulla biodiversità.

4. **Unione Internazionale per la Conservazione della Natura** (International Union for the Conservation of Nature, IUCN) è una organizzazione non governativa (ONG) internazionale con sede in Svizzera. Costituita nel 1948, è divenuta uno dei network che si occupa di sostenibilità ambientale più grandi a livello mondiale, con 1.300 organizzazioni associate e 16.000 esperti, organizzati in 6 commissioni (sopravvivenza delle specie minacciate di estinzione, leggi ambientali, aree protette, normative sociali ed economiche, gestione degli ecosistemi, educazione e comunicazione);

5. **African Centre for Biodiversity** (www.acbio.org.za) è un centro di ricerca che realizza studi e analisi sugli strumenti legislativi e decisionali relativi al controllo delle produzioni, distribuzione e accesso al cibo e alle risorse naturali, soprattutto in relazione ai diritti di sovranità alimentare, per combattere le disuguaglianze nell'accesso al cibo nei sistemi agricoli africani, tutelare la biodiversità e i sistemi di gestione delle sementi;

6. **Umbrella organisation for crop and livestock diversity** (<https://kulturpflanzen-nutztiervielfalt.org/>) Costituita alla fine del 2009 da organizzazioni non-governative, attive in Germania e in altri Paesi di lingua tedesca, a livello nazionale e regionale, per tutelare la biodiversità vegetale e animale, considerata una importante eredità culturale da preservare. L'Organizzazione opera per condividere le conoscenze e le esperienze su questi temi attraverso attività formative e informative, di raccolta fondi e di realizzazione di progetti;

7. **European Coordination Via Campesina**, ECVC (www.eurovia.org) è una organizzazione che riunisce 27 organismi nazionali e regionali di produttori agricoli in 17 Paesi Europei. L'obiettivo principale è quello di tutelare i diritti di sovranità alimentare e quelli relativi al lavoro attraverso principi di correttezza, legittimità, solidarietà e sostenibilità, considerando anche la situazione attuale di crisi economica e alimentare e dei cambiamenti climatici. L'Associazione promuove lo sviluppo di nuove norme che tengano conto di questi principi e possano sostenere la condizione dei produttori agricoli, soprattutto per le piccole aziende a conduzione familiare, che, in molte stanno chiudendo o sono in difficoltà. ECVC partecipa ed è riconosciuto dalle istituzioni europee e dalle organizzazioni internazionali come "stakeholder". Partecipa a gruppi di dialogo della Commissione Europea ed alle attività del Comitato per la Sicurezza Alimentare Globale delle Nazioni Unite. Inoltre ECVC è membro regionale dell'associazione "**La Via Campesina**", il più grande movimento contadino internazionale, che riunisce milioni di agricoltori di piccole e medie dimensioni, senza terra, persone indigene, migranti e lavoratori agricoli di tutto il mondo. Essa difende l'agricoltura sostenibile su piccola scala come un modo per promuovere la giustizia sociale e la dignità. Comprende circa 164 organizzazioni locali e nazionali in 73 paesi dell'Africa, Asia, Europa e America.

8. **World Biodiversity Association** (<http://biodiversityassociation.org/it/>), associazione onlus fondata nel 2004 presso il Museo Civico di Storia Naturale di Verona da un gruppo di naturalisti, botanici, zoologi e semplici appassionati della natura impegnati nell'individuazione di metodi di gestione territoriale basati sui principi dello sviluppo sostenibile, volti all'integrazione tra uomo e ambiente naturale. L'Associazione ha due mission principali: "Discovering Biodiversity" (scoprire la biodiversità) e "Conservation by Education" (educare per conservare). Attraverso l'organizzazione di spedizioni naturalistiche, World Biodiversity Association conduce ricerche scientifiche in varie parti del mondo, sotto la guida di un proprio Comitato scientifico internazionale composto da docenti universitari, botanici e zoologi. L'attività educativa è rivolta soprattutto ai giovani, per avvicinarli ai valori della tutela della diversità, del rispetto degli ecosistemi e del diritto alla vita di tutti gli organismi.

9. **Lao Biodiversity Association**, associazione senza scopo di lucro con sede a Vientiane (Laos). Opera a livello nazionale e ha lo scopo di contribuire alla protezione della biodiversità e allo sviluppo

sostenibile, alla riduzione della povertà e sostenere gli sforzi del paese per affrontare il cambiamento climatico.

2.5. Valutazione dei soggetti da coinvolgere sul territorio oggetto dell'attività di sperimentazione

I soggetti da coinvolgere sono stati individuati utilizzando informazioni raccolte dalle aziende agricole che partecipano al progetto e da altri contatti già esistenti. Tali operatori verranno coinvolti nelle iniziative di divulgazione e informati sull'andamento della sperimentazione.

Le tipologie di soggetti individuate sono state:

- altre aziende agricole (oltre a quelle già coinvolte nel progetto)
- aziende multifunzionali (agriturismi e/o fattorie didattiche)
- trasformatori (molini)
- altre realtà (musei, centri culturali, associazioni);

Le tipologie di soggetti sopra citate potrebbero essere interessate al progetto perché verrebbero informate delle particolari caratteristiche qualitative e nutrizionali di grani di antica costituzione e il loro impatto in termini ambientali e salutistici, delle relative tecniche di coltivazione a basso input e delle metodiche di packaging.

Sono di seguito riportati in tabella i soggetti da coinvolgere, suddivisi per tipologie.

Sono stati anche presi in considerazione i partner dei progetti "BIOVANT: creazione di un modello sostenibile di best practices per la valorizzazione di varietà antiche di frumento tenero nella Regione Emilia Romagna" e "APPEN.BIO: dall'Appennino cibo per la salute".

Aziende agricole/Agriturismi/ Cooperative		
Nome	Sito internet	Contatto e-mail
Il Poderinobio - Figline Valdarno (FI)	www.facebook.com/ilpoderinobio	ilpoderinobio@gmail.com
Case Gatti - Contignaco Salsomaggiore (PR)	http://casegatti.altervista.org	colombinimar@gmail.com
Nunzio Nolletti - Collepietro (AQ)	www.aziendaagricolanolletti.com	info@aziendaagricolanolletti.com
Leonardi Romano - Maranello (MO)		mamoleo@alice.it
Andrea Morara - Monterenzio (BO)		morara.a@libero.it
Campana Valentino - Raffi (PR)		campana.valentino@gmail.com
Pederzani - Fidenza (PR)	www.biopedezani.it	info@biopedezani.it
Querzola - Borgo Val di Taro (PR)	www.biologico.parma.it	ceccolaura@libero.it
Podere Cristina - Lesignano Bagni (PR)	www.poderecristina.it	valentina@poderecristina.it
La Cartiera dei Benandanti - Monghidoro (BO)	http://lacartiera.it	info@lacartiera.it
Podere S. Giuliano - San Lazzaro di Savena (BO)	www.poderesangiuliano.it	info@poderesangiuliano.it
Agriturismo Cà D'Alfieri - Bardi (PR)	www.cadalfieri.it	info@cadalfieri.it
Agriturismo Il Cucco - Altedo (BO)	http://ilcucco.it	info@ilcucco.it

Molini		
Nome	Sito internet	Contatto e-mail
Molino Ronci	www.molinatoronci.it	info@molinatoronci.it
Molino Naldoni	www.molinonaldoni.it	naldoni@molिनonaldoni.it
Occelli Agrinatura S.r.l	www.occelli.it	ufficiostampa@occelli.it

Produzione di pasta fresca, gastronomia		
Nome	Sito internet	Contatto e-mail
Tradizioni Padane S.r.l	www.tradizionipadane.it	protocollo@pec.tradizionipadane.eu
Officina Gastronomica	www.officinagastronomicaparma.net	ileniapolizza@gmail.com

Musei, Associazioni, Centri culturali		
Nome	Sito internet	Contatto e-mail
Musei civici Modena	www.museicivici.modena.it	musei.civici@comune.modena.it
Forno Baracca	https://www.facebook.com/FornoBaracca/	locandapanaro@gmail.com

Istituto Lazzaro Spallanzani (MO)	www.istas.mo.it	iis.spallanzani@istas.mo.it
Associazione Civiltà Contadina	www.civiltaccontadina.it	associazione@civiltaccontadina.it
Coordinamento toscano prodotti biologici	www.ctpb.it	ctpb@ctpb.it
Museo della civiltà contadina	www.museociviltaccontadina.bo.it	segreteria.museo@cittametropolitana.bo.it
Associazione grani antichi di Montespertoli	http://graniantichitoscani.com	graniantichi.m@libero.it

Altri operatori		
Nome	Sito internet	Contatto e-mail
Dr.ssa Stefania Catellani AUSL Reggio Emilia	http://www.ausl.re.it/catellani-stefania-0	stefania.catellani3@ausl.re.it
Alce Nero SPA	http://www.alcenero.com	m.monti@alcenero.it
GAL Bologna Appennino (Gruppo di Azione Locale dell'Appennino Bolognese)	http://bolognappennino.it/	info@bolognappennino.it

AZIONE 3: PROVE DI CAMPO

3.1 Descrizione della prova

Nelle attività svolte sono state impiegate popolazioni segreganti di frumento derivanti da incroci di 5 varietà di frumento a taglia alta quali Andriolo, Verna, Gentil Rosso, Inallettabile e Frassineto. La prova si è svolta in un periodo di tempo corrispondente a tre annate agrarie, in cui sono state confrontate tra loro le diverse analisi chimiche e i rilievi di campo, relativi al I°, II° e III° anno di sperimentazione. Sono stati quindi analizzati i campioni su un arco temporale che va dal 15 ottobre 2016 al 15 luglio 2019. Le semine sono state realizzate presso quattro aziende agricole, tutte a conduzione biologica, situate in diversi territori e ambienti, in modo da poterne osservare l'influenza sui campioni raccolti. Di seguito viene riportata la posizione geografica di ognuna di esse:

- Azienda Agricola Ca' dei fiori: Via Casa Florio, 74 40040 Querciola (BO), LAT 44.199000, LONG 10.875293
- Azienda Agricola Cenacchi Andrea: Via Bonaccorsi, 17, 40050 Argelato (BO), LAT 44.665759, LONG 11.328687
- La Collina Società Cooperativa Agricola: Via C. Teggi, 38/42, 42123 Codemendo (RE), LAT 44.687959, LONG 10.566706
- Arvaia Società Cooperativa Agricola: Via Olmetola 16, 40132 Borgo Panigale (BO), LAT 44.506914, LONG 11.257372

3.2 Descrizione del seme utilizzato

Nella prova è stata realizzata una popolazione di frumenti teneri denominata Bioadapt, ottenuta tramite 5 varietà di frumento di antica costituzione e a taglia alta quali Andriolo, Verna, Frassineto, Gentil Rosso e Inallettabile.

Sono stati quindi presi in esame e confrontati tra loro:

- Popolazione definita Bioadapt Evolutiva, ossia il miscuglio Bioadapt realizzato e coltivato in ogni singola azienda per almeno 4 anni di cui è stata utilizzata per la semina la granella prodotta durante l'annata precedente;
- 5 varietà di frumento tenero coltivate in purezza quali Andriolo, Verna, Gentil Rosso, Inallettabile e Frassineto;
- Miscuglio definito Bioadapt Originale, ottenuto all'inizio di ogni nuova annata agraria dall'impiego dei semi derivati dall'incrocio delle cinque varietà in purezza.

3.3 Descrizione delle varietà oggetto di studio

Sono qui descritte le varietà di frumento antiche impiegate per lo studio e per le analisi di laboratorio:

- Frassineto: varietà a taglia alta ottenuta da una selezione di Gentil Rosso. Presenta spiga mutica e ha maturazione medio-tardiva. Mostra un'elevata produttività e ben si adatta a diversi areali di coltivazione.
- Inallettabile: varietà a taglia alta con spiga e granella dal colore chiaro. Presenta spiga aristata e ha maturazione tardiva. Così come il Frassineto, ha una produttività importante e ottima adattabilità a diversi ambienti.
- Gentil Rosso: varietà locale toscana di taglia elevata che spesso è soggetta ad allettamento. Presenta spiga aristata, granella di colore scuro, con maturazione tardiva.
- Andriolo: presenta uno sviluppo vegetativo ridotto e quindi è meno suscettibile all'allettamento. Deriva dal Gentil Bianco. È caratterizzato da spiga e granella chiara, maturazione medio-tardiva.
- Verna: di taglia medio-alta e molto simile all'Inallettabile. Presenta spiga mutica.

3.4 Descrizione della prova di campo e dei rilievi effettuati

Il disegno sperimentale utilizzato per la prova di campo è quello dello schema a “split-plot” in cui le aziende sono considerate come il fattore ad effetti casuali, mentre le varietà come il fattore ad effetti fissi. Sono state seminate 7 parcelle in ogni azienda con una densità di semina pari a 150 kg/ha, ciascuna di 1000 m² di superficie, per le 5 varietà in purezza e le due popolazioni sopra citate. È stato adottato un piano di rotazione per il frumento, comprendente anche una coltura da rinnovo e una miglioratrice del terreno, entrambe scelte liberamente dalla singola azienda, in funzione del proprio piano culturale. Sono state infatti impiegate, come colture da rinnovo, girasole, mais, quinoa, miglio, canapa; per le colture miglioratrici invece è stato scelto un miscuglio di varietà di fagiolo. Sono stati effettuati 5 campionamenti randomizzati, all’interno di ogni singola parcella, ciascuno su un’area di saggio di dimensione di 1 m². Durante la fase vegetativa sono stati registrati valori biometrici tramite l’impiego di apposite schede culturali, di seguito riportati:

- Indice di allettamento (%);
- Altezza della pianta (cm);
- Lunghezza della spiga (cm);
- Percentuale di incidenza sulla superficie e tipologia di erbe infestanti;
- Incidenza e gravità delle patologie crittogame (1.10).

Per l’annotazione dell’altezza e la lunghezza della spiga sono state scelte casualmente cinque piante per ogni area di saggio, mentre per il numero e la tipologia di infestanti si è osservata direttamente ciascuna area di saggio.

Una volta conclusosi il ciclo culturale e raccolte le cariossidi delle piante interessate nell’area di saggio, sono stati annotati:

- Resa in granella (t/ha);
- Peso di mille semi (g);
- Peso ettolitrico (kg/hl)

3.5 Elaborazioni statistiche

I dati raccolti sono stati sottoposti ad analisi statistica mediante l’Analisi della Varianza (ANOVA) a tre vie. Sono stati quindi analizzati l’effetto dell’areale di coltivazione in cui si colloca l’azienda, del genotipo, dell’annata agraria e dell’interazione tra questi fattori indipendenti. I dati impiegati nell’analisi statistica fanno riferimento a quelli misurati nei tre anni di prova, ad eccezione dell’amido, per il quale è stato analizzato il suo contenuto nel secondo e terzo anno di prova. La significatività delle differenze tra le medie, riscontrata tramite ANOVA, è stata determinata mediante il test statistico LSD (Least Significant Difference), con $P < 0,05$.

3.6 Dati meteo-climatici

Di seguito verranno analizzati i dati relativi alle condizioni meteo-climatiche delle aree in cui sono ubicate le quattro aziende, registrati nel periodo triennale 2016-2019 e nell’intervallo mensile Ottobre-Luglio, coincidente con la coltivazione del grano. I dati monitorati nei tre anni di sperimentazione sono riportati nelle tabelle seguenti presenti in questo capitolo. I fattori meteorologici possono avere influenzato in maniera diretta lo sviluppo vegetativo della coltura e lo sviluppo delle cariossidi, influenzando sulla loro qualità.

Andrea Cenacchi							
Staz. Meteo "Saletto" (BO) alt. 18 m s.l.m Distanza approssimativa 9,5 km							
2016	Ott.	Nov.	Dic.				
Piovosità (mm)	89,8	74	23,6				
n° giorni piovosi	8	8	4				
T. min mensile (°C)	4,4	-2,6	-3,2				
T. max mensile (°C)	26,9	16,1	11,6				
T. media mensile (°C)	12,8	8,3	2,8				
2017	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.
Piovosità (mm)	1,4	52,4	6,2	32	100	51,6	19,6
n° giorni piovosi	1	5	3	3	9	4	1
T. min mensile (°C)	-8,4	-1,5	0,3	0,9	4,2	11,9	12,6
T. max mensile (°C)	11	14,9	24,6	25,1	31,3	36,7	35,6
T. media mensile (°C)	0,5	6	11,1	13,5	17,9	24	25

Tabella 1 – Precipitazioni e temperature verificatesi durante il ciclo produttivo del frumento presso l'azienda agricola Cenacchi – stagione 2016-2017

Andrea Cenacchi							
Staz. Meteo "Saletto" (BO) alt. 18 m s.l.m Distanza approssimativa 9,5 km							
2017	Ott.	Nov.	Dic.				
Piovosità (mm)	8,8	126,6	8,8				
n° giorni piovosi	6	10	6				
T. min mensile (°C)	8,9	3,8	-0,9				
T. max mensile (°C)	20,7	11,8	7,8				
T. media mensile (°C)	14,2	7,4	2,8				
2018	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.
Piovosità (mm)	3,8	116,2	67,6	18,8	37,0	67	64,6
n° giorni piovosi	3	11	13	7	12	9	10
T. min mensile (°C)	1,4	-0,1	2,8	9,5	13,5	15,8	18,8
T. max mensile (°C)	9,1	6,3	11,3	21,4	24,4	28,7	31,4
T. media mensile (°C)	5,0	3,0	7,0	15,4	18,7	22,4	25,0

Tabella 2 - Precipitazioni e temperature verificatesi durante il ciclo produttivo del frumento presso l'azienda agricola Cenacchi – stagione 2017-2018

Andrea Cenacchi							
Staz. Meteo "Saletto" (BO) alt. 18 m s.l.m Distanza approssimativa 9,5 km							
2018	Ott.	Nov.	Dic.				
Piovosità (mm)	66,8	60,6	13,4				
n° giorni piovosi	11	18	7				
T. min mensile (°C)	10,8	8,1	-0,2				
T. max mensile (°C)	21,1	13,6	6,3				
T. media mensile (°C)	15,5	10,5	2,7				
2019	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.
Piovosità (mm)	29,4	14,6	7,4	54,2	150,2	60,8	36,6
n° giorni piovosi	7	5	5	13	21	1	7
T. min mensile (°C)	-2,1	0,7	3,1	7,0	9,7	17,0	18,2
T. max mensile (°C)	6,6	12,0	17,0	18,3	19,3	30,6	31,8
T. media mensile (°C)	1,6	5,6	9,9	12,5	14,4	24,0	25,1

Tabella 3 - Precipitazioni e temperature verificatesi durante il ciclo produttivo del frumento presso l'azienda agricola Cenacchi – stagione 2018-2019

Con i diagrammi di Bagnouls-Gausson riportati nelle figure 1, 2 e 3 si possono evidenziare gli eventuali periodi di siccità, ovvero i momenti critici in cui le precipitazioni sono inferiori al potenziale evapotraspirativo della coltura; si possono osservare nella zona del grafico in cui la curva delle precipitazioni scende al di sotto della curva delle temperature. Durante questa fase la coltura si trova tendenzialmente in stress idrico e potrebbe registrare un calo di produttività.

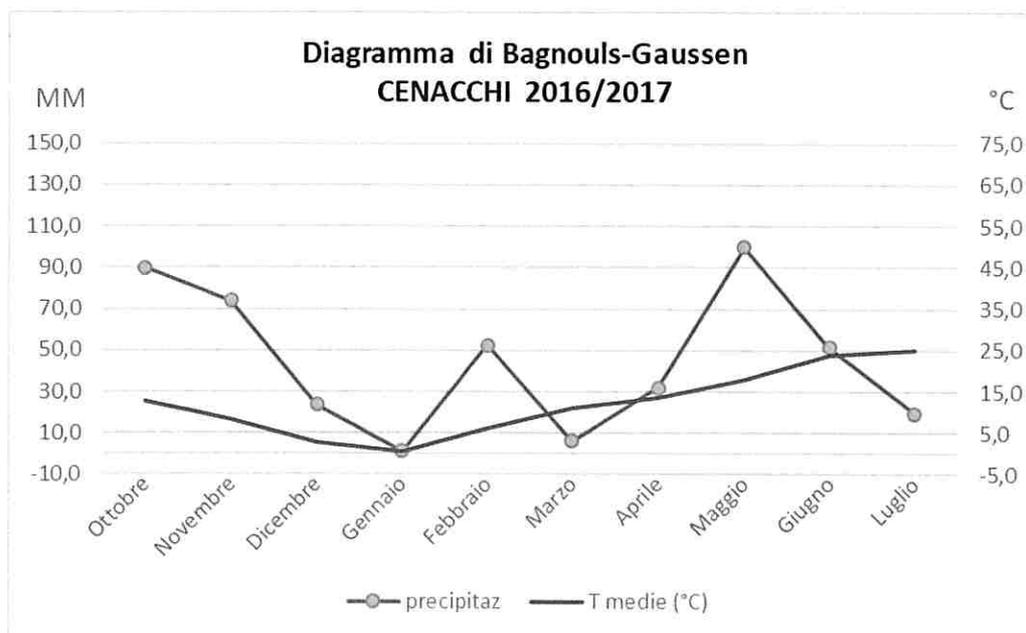


Figura 1 - Andamenti della piovosità e della temperatura media verificatesi durante il ciclo culturale del frumento nell'azienda agricola Cenacchi (fonte: annali idrologici del servizio Idro-meteo-clima Arpae).

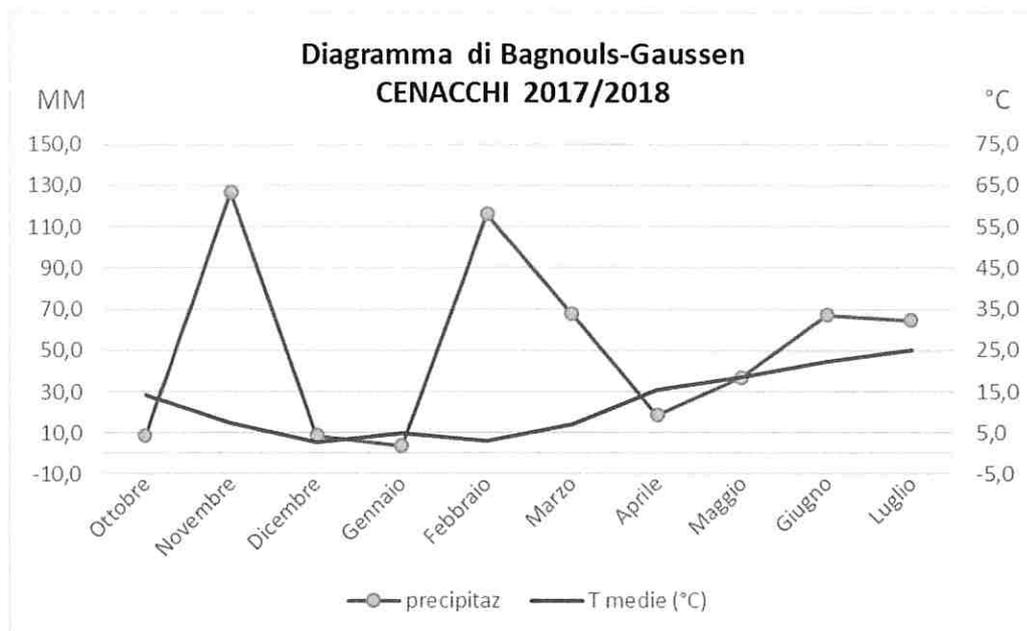


Figura 10 - Andamenti della piovosità e della temperatura media verificatesi durante il ciclo colturale del frumento nell'azienda agricola Cenacchi (fonte: annali idrologici del servizio Idro-meteo-clima Arpa).

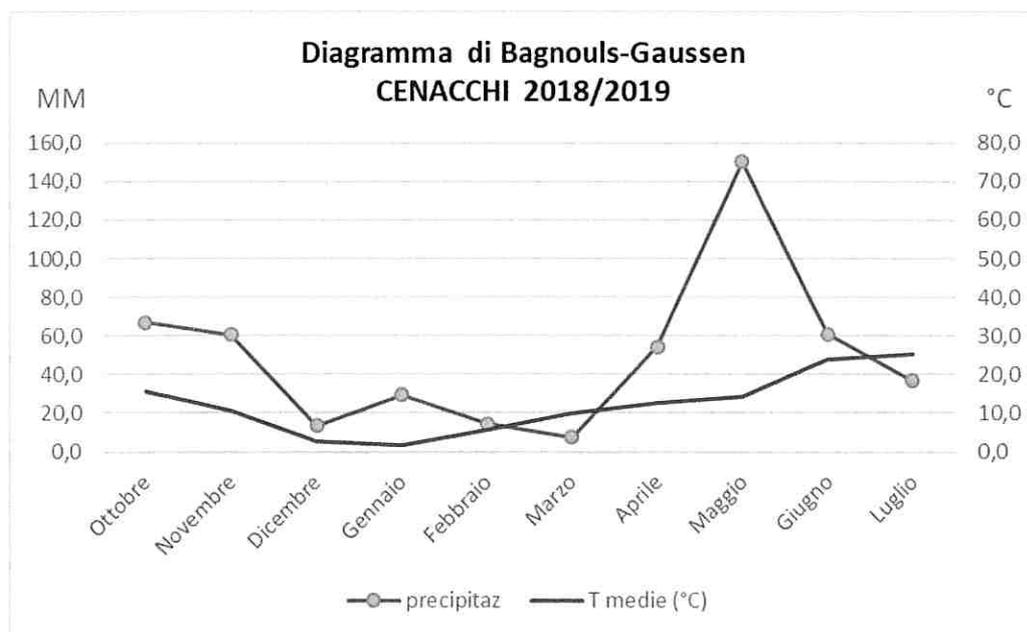


Figura 11 - Andamenti della piovosità e delle temperature verificatesi durante il ciclo colturale del frumento nei pressi dell'azienda agricola Cenacchi (fonte: annali idrologici del servizio Idro-meteo-clima Arpa).

È possibile osservare, nell'anno 2016-2017, un periodo di condizioni siccitose durante la primavera e stress idrici importanti a partire dal mese di Giugno. Nell'annata successiva, 2017-2018, si nota una breve fase di siccità al terminare di Dicembre e nei primi giorni di Gennaio e nel pieno della primavera, da fine Marzo a inizio Aprile; si può invece evidenziare come nella stagione estiva non si siano riscontrate situazioni di stress idrico a causa delle abbondanti precipitazioni registrate da Maggio a Luglio. Nel corso della terza annata, nel 2018-2019, è riscontrabile un periodo di siccità a partire da Febbraio fino a metà Marzo e da metà Giugno fino alla raccolta della coltura.

Arvaia							
Staz. Meteo "Zola Predosa" (BO) alt. 65 m s.l.m Distanza approssimativa 4,8 km							
2016	Ott.	Nov.	Dic.				
Piovosità (mm)	93,6	89,4	29,4				
n° giorni piovosi	8	9	2				
T. min mensile (°C)	8,2	4,4	-0,9				
T. max mensile (°C)	17,7	11,8	7,5				
T. media mensile (°C)	14,9	9,5	4,1				
2017	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.
Piovosità (mm)	4,8	72,4	6,2	54	103,6	16,8	8,4
n° giorni piovosi	2	5	2	6	6	2	1
T. min mensile (°C)	-3,9	1,4	4,1	6,3	10,3	16,3	17,6
T. max mensile (°C)	5,7	10,7	18,8	20,7	24,9	31,8	32,9
T. media mensile (°C)	0,8	5,8	11,5	13,7	18,0	24,6	26,0

Tabella 4 - Precipitazioni e temperature verificatesi durante il ciclo produttivo del frumento presso l'azienda agricola Arvaia – stagione 2016/2017

Arvaia							
Staz. Meteo "Zola Predosa" (BO) alt. 65 m s.l.m Distanza approssimativa 4,8 km							
2017	Ott.	Nov.	Dic.				
Piovosità (mm)	6	211,2	34,8				
n° giorni piovosi	7	15	10				
T. min mensile (°C)	7,9	3,1	-1,0				
T. max mensile (°C)	21,2	11,8	8,3				
T. media mensile (°C)	14,0	7,2	3,0				
2018	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.
Piovosità (mm)	8	215,2	116,8	19,2	68,2	65,8	58,4
n° giorni piovosi	10	18	15	9	14	11	8
T. min mensile (°C)	0,5	-1,5	1,7	8,0	12,6	15,5	18,4
T. max mensile (°C)	9,0	5,0	10,4	20,7	23,8	28,4	31,3
T. media mensile (°C)	4,5	1,8	6,2	14,7	18,2	22,5	25,2

Tabella 5 - Precipitazioni e temperature verificatesi durante il ciclo produttivo del frumento presso l'azienda agricola Arvaia – stagione 2017/2018

Arvaia							
Staz. Meteo "Zola Predosa" (BO) alt. 65 m s.l.m Distanza approssimativa 4,8 km							
2018	Ott.	Nov.	Dic.				
Piuvosità (mm)	68,4	75,2	24,8				
n° giorni piovosi	12	15	14				
T. min mensile (°C)	10,0	6,6	-1,1				
T. max mensile (°C)	20,7	12,3	7,4				
T. media mensile (°C)	15,3	9,5	2,8				
2019	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.
Piuvosità (mm)	28,8	28,6	16	132,8	249,8	22	67,4
n° giorni piovosi	10	4	5	12	19	1	8
T. min mensile (°C)	-2,7	-0,9	2,8	7,7	10,6	19,3	19,9
T. max mensile (°C)	6,2	12,3	17,2	18,9	18,5	30,9	31,5
T. media mensile (°C)	1,4	5,6	10,3	13,5	14,3	25,2	25,7

Tabella 6 - Precipitazioni e temperature verificatesi durante il ciclo produttivo del frumento presso l'azienda agricola Arvaia – stagione 2018/2019

Attraverso i grafici delle figure 4, 5 e 6 è possibile riscontrare per l'azienda agricola Arvaia, nell'annata 2016-2017, un periodo di siccità tra Febbraio e metà Aprile e dal 15 Maggio circa fino alla raccolta; si deduce che l'andamento climatico e quello delle precipitazioni è stato analogo a quello riscontrato per l'azienda agricola Cenacchi, per l'annata 2016-2017. Nell'annata successiva, 2017-2018, si osserva un breve periodo di stress idrico all'inizio di Ottobre e in pochi giorni tra Marzo e Aprile; ciò è dovuto dalle temperature medie non troppo elevate e da una quantità di precipitazioni cumulate abbondanti. Nel terzo anno di studio invece, nel periodo 2018-2019, si è notato un breve periodo di siccità collocato tra la fine di Maggio e metà Luglio; in generale si può concludere che l'anno preso in considerazione è stato caratterizzato da una quantità abbondante di precipitazioni cumulate nel periodo Aprile-Maggio.

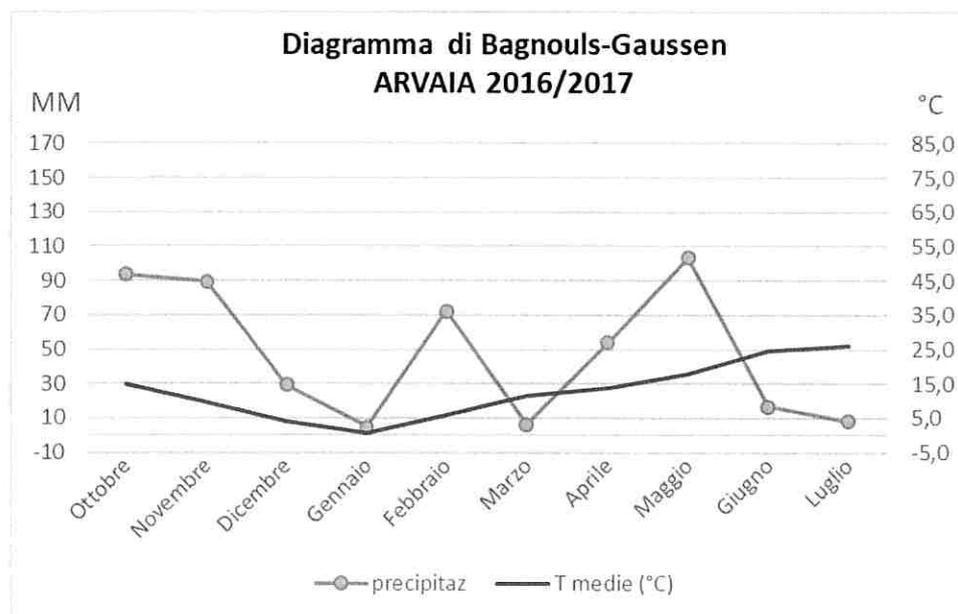


Figura 4 - Andamenti della piovosità e della temperatura media verificatesi durante il ciclo culturale del frumento nell'azienda agricola Arvaia (fonte: annali idrologici del servizio Idro-meteo-clima Arpae).

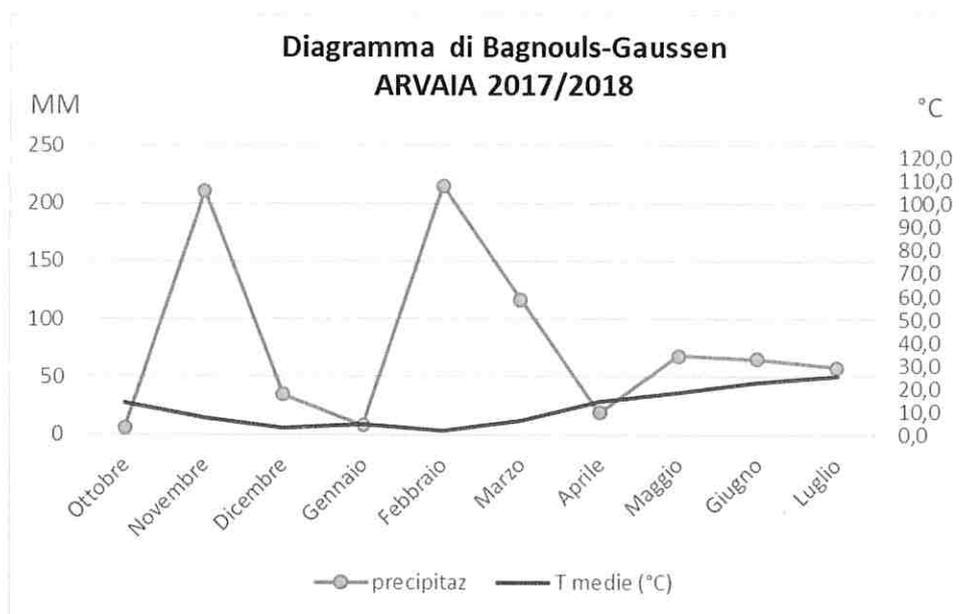


Figura 5 - Andamenti della piovosità e della temperatura media verificatesi durante il ciclo culturale del frumento nell'azienda agricola Arvaia (fonte: annali idrologici del servizio Idro-meteo-clima Arpae).

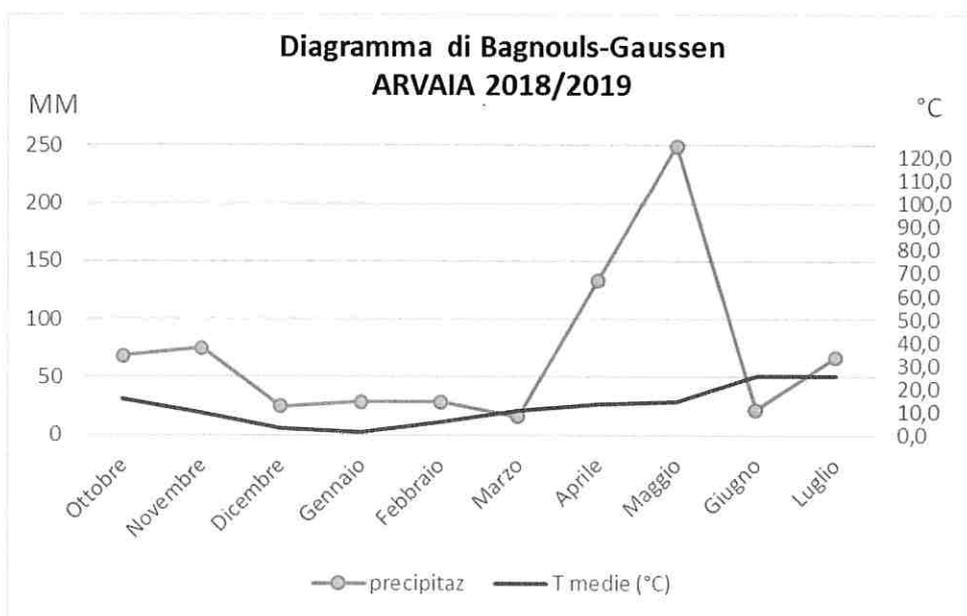


Figura 6 - Andamenti della piovosità e della temperatura media verificatesi durante il ciclo culturale del frumento nell'azienda agricola Arvaia (fonte: annali idrologici del servizio Idro-meteo-clima Arpae).

L'azienda agricola Ca' dei fiori, situata ad un'altitudine maggiore (703 m s.l.m) rispetto alle aziende precedentemente descritte, presenta condizioni meteo-climatiche differenti.

Si può osservare come, rispetto alle altre aziende, si sia registrato un valore molto alto di precipitazioni cumulate nel corso dei tre anni e come la coltura si trovi, durante lo sviluppo vegetativo e o sviluppo della granella, in un areale di coltivazione che presenta temperature medie più basse.

Ca' dei fiori							
Staz. Meteo "Poretta Terme" (BO) alt. 352 m s.l.m Distanza approssimativa 10 km							
2016	Ott.	Nov.	Dic.				
Piovosità (mm)	156,0	263,8	22,4				
n° giorni piovosi	12	13	2				
T. min mensile (°C)	6,9	4,2	-1,3				
T. max mensile (°C)	16,7	12,6	7,7				
T. media mensile (°C)	13,2	7,9	4,0				
2017	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.
Piovosità (mm)	40,4	145,2	62,0	55,4	45,8	20,6	11
n° giorni piovosi	4	9	5	5	5	3	2
T. min mensile (°C)	-4,1	2,0	3,4	5,0	9,6	15,0	15,3
T. max mensile (°C)	4,9	11,2	17,0	18,3	22,7	28,3	29,9
T. media mensile (°C)	0,1	6,4	10,0	11,6	16,5	22,1	23,3

Tabella 7 - Precipitazioni e temperature verificatesi durante il ciclo produttivo del frumento presso l'azienda agricola Ca' dei Fiori- stagione 2016/2017

Ca' dei fiori							
Staz. Meteo "Monteacuto delle Alpi" (BO)" alt. 900 m s.l.m Distanza approssimativa 7 km							
2017	Ott.	Nov.	Dic.				
Piovosità (mm)	16,4	279,2	594,4				
n° giorni piovosi	4	15	21				
T. min mensile (°C)	9,3	3,3	0,5				
T. max mensile (°C)	17,7	9,0	5,1				
T. media mensile (°C)	12,6	5,6	2,6				
2018	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.
Piovosità (mm)	83,8	203,6	405,8	141	188,2	24,8	147,8
n° giorni piovosi	18	20	22	14	20	6	9
T. min mensile (°C)	2,5	-3,1	1,2	8,6	10,9	14,1	16,8
T. max mensile (°C)	7,6	1,9	7,1	16,8	18,3	23,1	26,5
T. media mensile (°C)	5,06	-1,1	3,8	12,3	14,1	18,2	21,2

Tabella 8 - Precipitazioni e temperature verificatesi durante il ciclo produttivo del frumento presso l'azienda agricola Ca' dei Fiori- stagione 2017/2018

Ca' dei fiori							
Staz. Meteo "Monteacuto delle Alpi" (BO)" alt. 900 m s.l.m Distanza approssimativa 7 km							
2018	Ott.	Nov.	Dic.				
Piovosità (mm)	301,0	233,6	53,6				
n° giorni piovosi	14	19	12				
T. min mensile (°C)	9,5	5,2	1,5				
T. max mensile (°C)	16,3	9,9	6,9				
T. media mensile (°C)	12,3	7,2	4,2				
2019	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.
Piovosità (mm)	98,4	327,8	45,2	292,2	370	1,8	88
n° giorni piovosi	13	7	10	16	23	2	8
T. min mensile (°C)	-0,6	2,1	3,6	5,6	7,1	16,2	17,3
T. max mensile (°C)	4,5	9,9	11,9	12,7	13,5	26,1	26,5
T. media mensile (°C)	1,72	5,3	7,5	8,8	9,9	20,8	21,5

Tabella 9 - Precipitazioni e temperature verificatesi durante il ciclo produttivo del frumento presso l'azienda agricola Ca' dei Fiori- stagione 2018/2019

Per i motivi precedentemente spiegati e attraverso i grafici riportati nelle figure 7, 8 e 9 si evince che la coltura ha attraversato, nel corso dei tre anni oggetto di studio, periodi di stress idrico e siccità ridotti rispetto alle situazioni analizzate in precedenza.

Nell'annata 2016-2017 si osserva un singolo periodo di siccità subito dopo la metà di maggio, presentandosi prima rispetto agli altri contesti analizzati. Nell'anno successivo, 2017-2018, la coltura vede presentarsi un singolo breve periodo di siccità nei primi giorni di giugno, così come per l'annata successiva 2018-2019; questo è dovuto all'elevato valore di piogge cumulate registrato in questi due anni, rispettivamente 2085 mm e 1811,6 mm, e alle temperature medie più basse rispetto a quelle riscontrate nelle altre aziende.

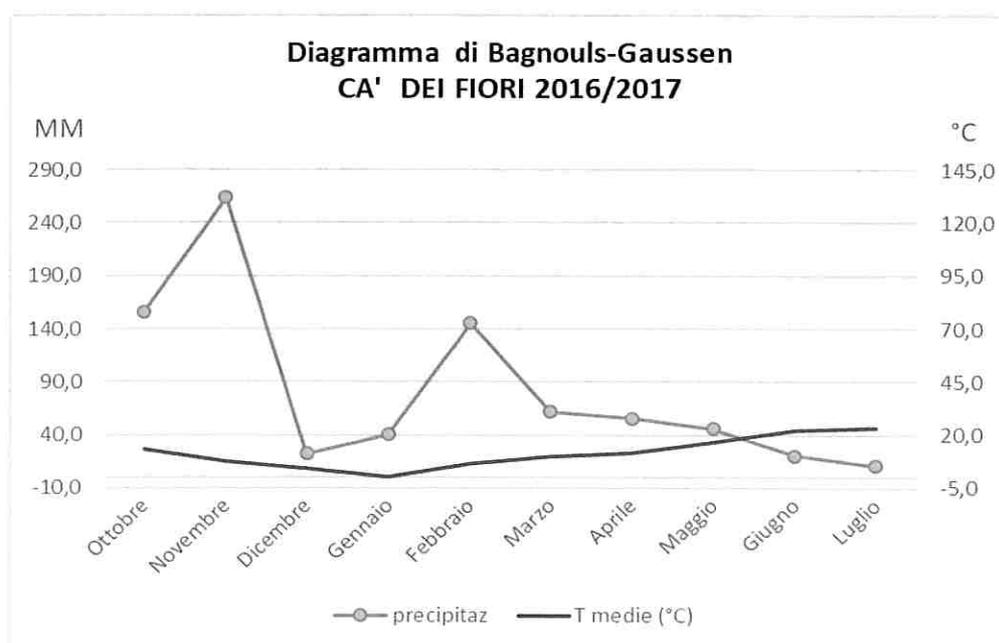


Figura 7 - Andamenti della piovosità e della temperatura media verificatesi durante il ciclo culturale del frumento nell'azienda agricola Ca' dei Fiori (fonte: annali idrologici del servizio Idro-meteo-clima Arpae).

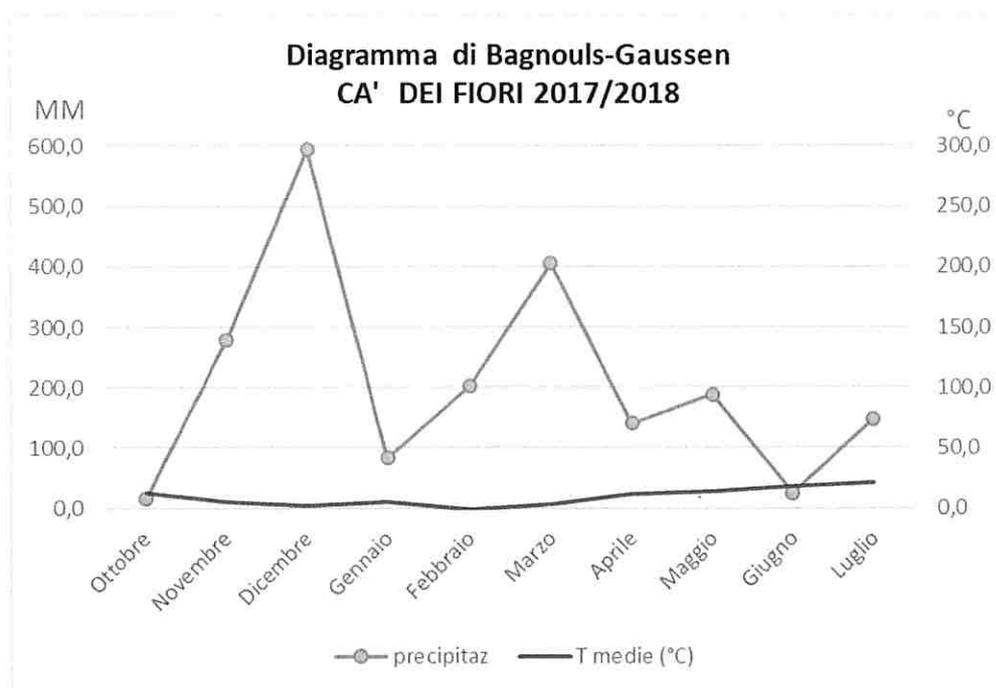


Figura 8 - Andamenti della piovosità e della temperatura media verificatesi durante il ciclo colturale del frumento nell'azienda agricola Ca' dei Fiori (fonte: annali idrologici del servizio Idro-meteo-clima Arpae).

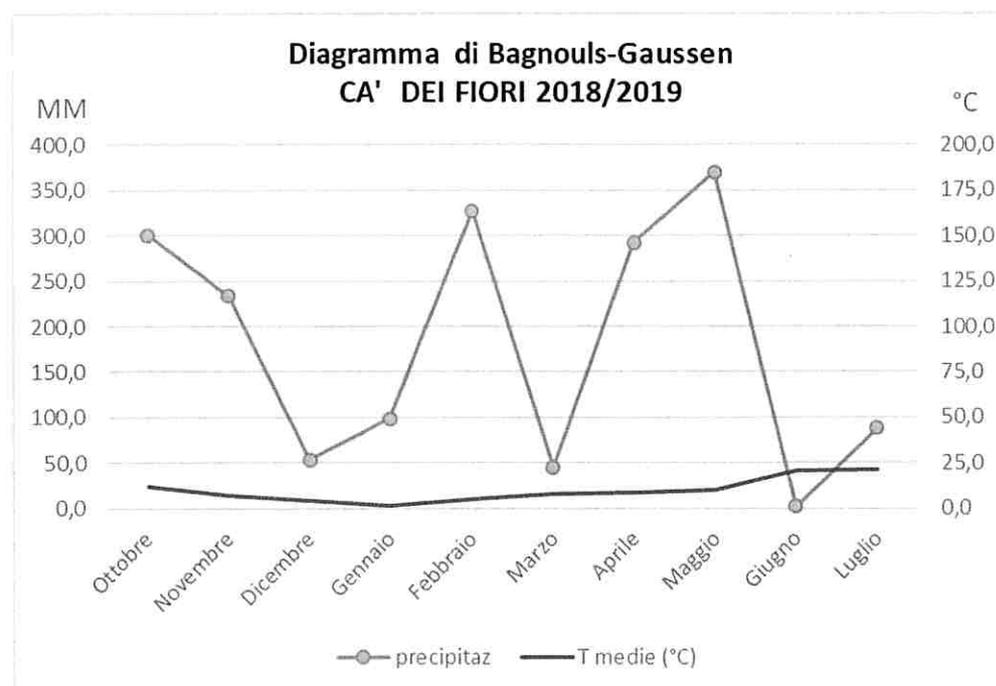


Figura 9 - Andamenti della piovosità e della temperatura media verificatesi durante il ciclo colturale del frumento nell'azienda agricola Ca' dei Fiori (fonte: annali idrologici del servizio Idro-meteo-clima Arpae).

La collina							
Staz. Meteo "Cavriago" (RE) alt. 95 m s.l.m Distanza approssimativa 3,8 km							
2016	Ott.	Nov.	Dic.				
Piovosità (mm)	91,0	69,2	20,6				
n° giorni piovosi	10	7	2				
T. min mensile (°C)	8,2	4,5	-1,6				
T. max mensile (°C)	17,5	11,6	7,4				
T. media mensile (°C)	14,1	8,7	3,3				
2017	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.
Piovosità (mm)	0,6	68,2	10,2	39,0	91,0	56,2	3,8
n° giorni piovosi	0	5	3	4	8	4	1
T. min mensile (°C)	-5,5	1,2	3,0	4,6	9,8	16,1	16,6
T. max mensile (°C)	5,8	10,1	18,3	20,8	24,7	31,2	32,7
T. media mensile (°C)	-0,1	5,6	10,6	12,7	17,5	24,0	25,3

Tabella 10 - Precipitazioni e temperature verificatesi durante il ciclo produttivo del frumento presso l'azienda agricola La collina– stagione 2016/2017

La collina							
Staz. Meteo "Cavriago" (RE) alt. 95 m s.l.m Distanza approssimativa 3,8 km							
2017	Ott.	Nov.	Dic.				
Piovosità (mm)	0,8	157,8	40,6				
n° giorni piovosi	4	15	15				
T. min mensile (°C)	7,4	3,3	-1,8				
T. max mensile (°C)	20,8	11,7	7,1				
T. media mensile (°C)	13,6	7,2	2,0				
2018	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.
Piovosità (mm)	20,2	132,0	90,4	42,6	106,8	119,8	60,0
n° giorni piovosi	12	16	15	12	17	9	7
T. min mensile (°C)	0,3	-1,3	1,2	7,5	12,5	17,4	21,2
T. max mensile (°C)	9,4	5,9	10,7	20,8	23,2	28,2	31,9
T. media mensile (°C)	4,5	2,3	6,0	14,5	17,8	22,3	26,4

Tabella 11 - Precipitazioni e temperature verificatesi durante il ciclo produttivo del frumento presso l'azienda agricola La collina– stagione 2017/2018

La collina							
Staz. Meteo "Cavriago" (RE) alt. 95 m s.l.m Distanza approssimativa 3,8 km							
2018	Ott.	Nov.	Dic.				
Piovosità (mm)	64,6	77,0	22				
n° giorni piovosi	10	15	9				
T. min mensile (°C)	12,8	9,1	1,8				
T. max mensile (°C)	21,1	13,3	7,7				
T. media mensile (°C)	16,5	11,0	4,5				
2019	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.
Piovosità (mm)	25,6	31,8	13,0	81,8	214,8	27,2	89,4
n° giorni piovosi	9	4	5	14	17	2	8
T. min mensile (°C)	0,6	2,9	6,4	9,4	11,3	19,8	20,9
T. max mensile (°C)	7,2	12,3	17,8	18,6	19,7	31,4	32,1
T. media mensile (°C)	3,5	7,4	12,0	13,8	15,4	25,8	26,5

Tabella 12 - Precipitazioni e temperature verificatesi durante il ciclo produttivo del frumento presso l'azienda agricola La collina- stagione 2018/2019

Le aree di siccità sono individuate tramite i grafici riportati nelle figure 10-11-12. Nell'anno 2016-2017 si osservano tre periodi di stress idrico: uno in prossimità del mese di Febbraio, il secondo da Aprile ad inizio Maggio e l'ultimo che inizia nel mese di Maggio fino alla raccolta del prodotto. L'anno 2017-2018 ha registrato invece una quantità abbondante di piogge cumulate e temperature medie nella norma che hanno portato ad evitare le situazioni di stress idrico, ad eccezione di un breve periodo a metà Ottobre. Nell'anno successivo 2018-2019 si possono osservare due aree di siccità, una tra Febbraio e Marzo e una tra metà Maggio e metà Giugno.

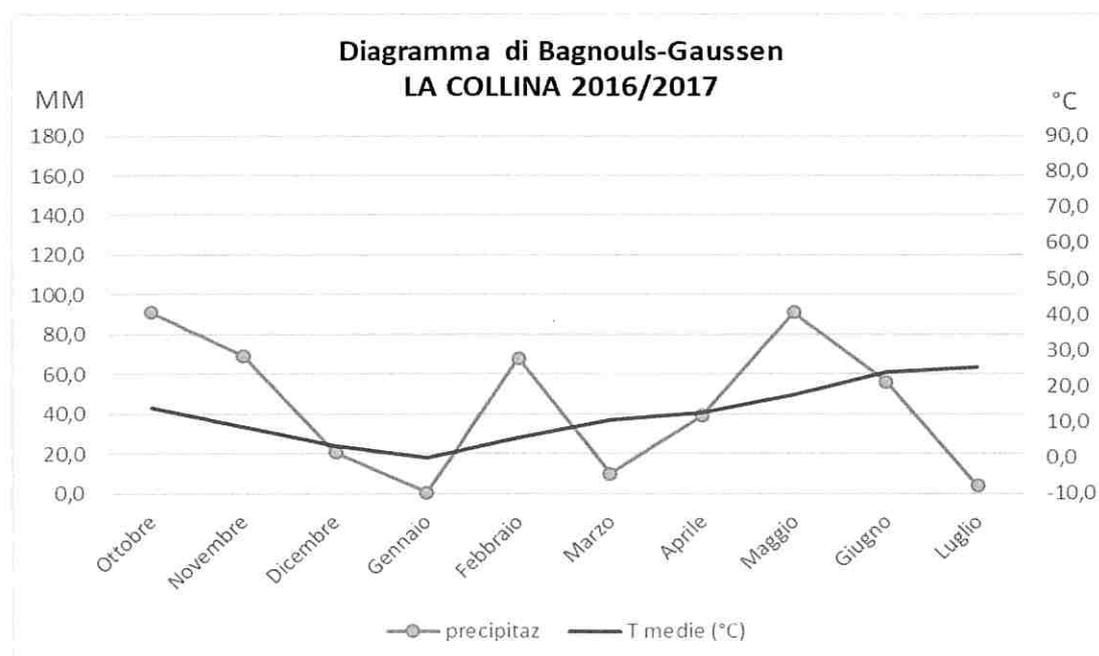


Figura 10 - Andamenti della piovosità e della temperatura media verificatesi durante il ciclo culturale del frumento nell'azienda agricola La collina (fonte: annali idrologici del servizio Idro-meteo-clima Arpa).

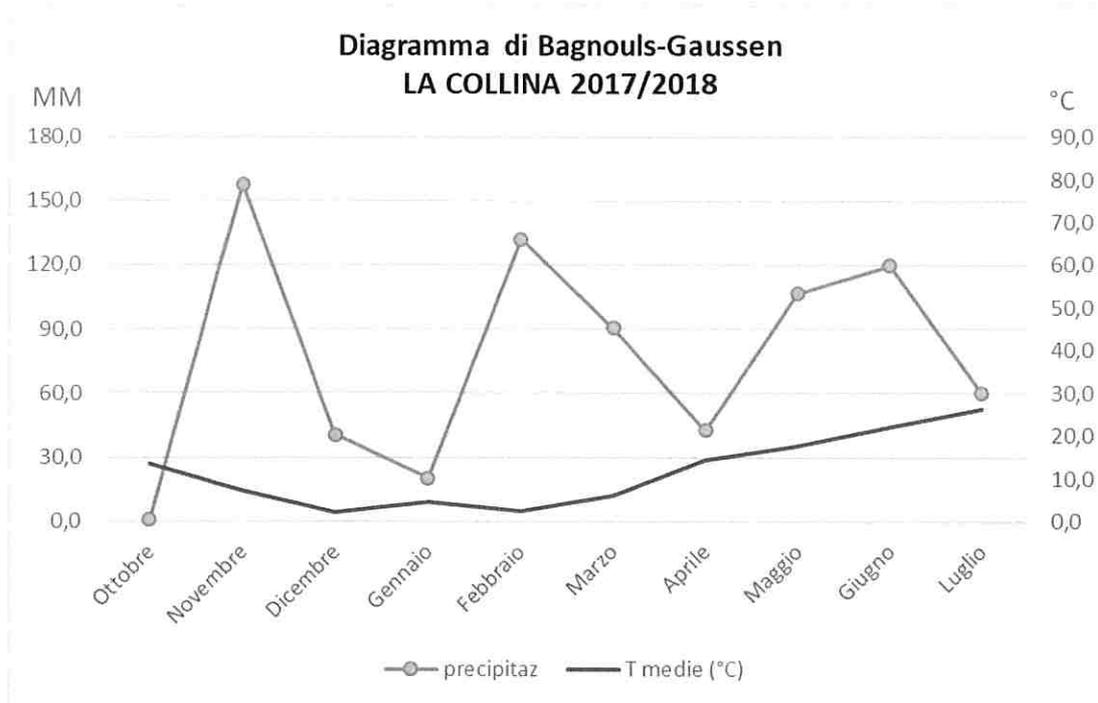


Figura 11 - Andamenti della piovosità e della temperatura media verificatesi durante il ciclo culturale del frumento nell'azienda agricola La collina (fonte: annali idrologici del servizio Idro-meteo-clima Arpae).

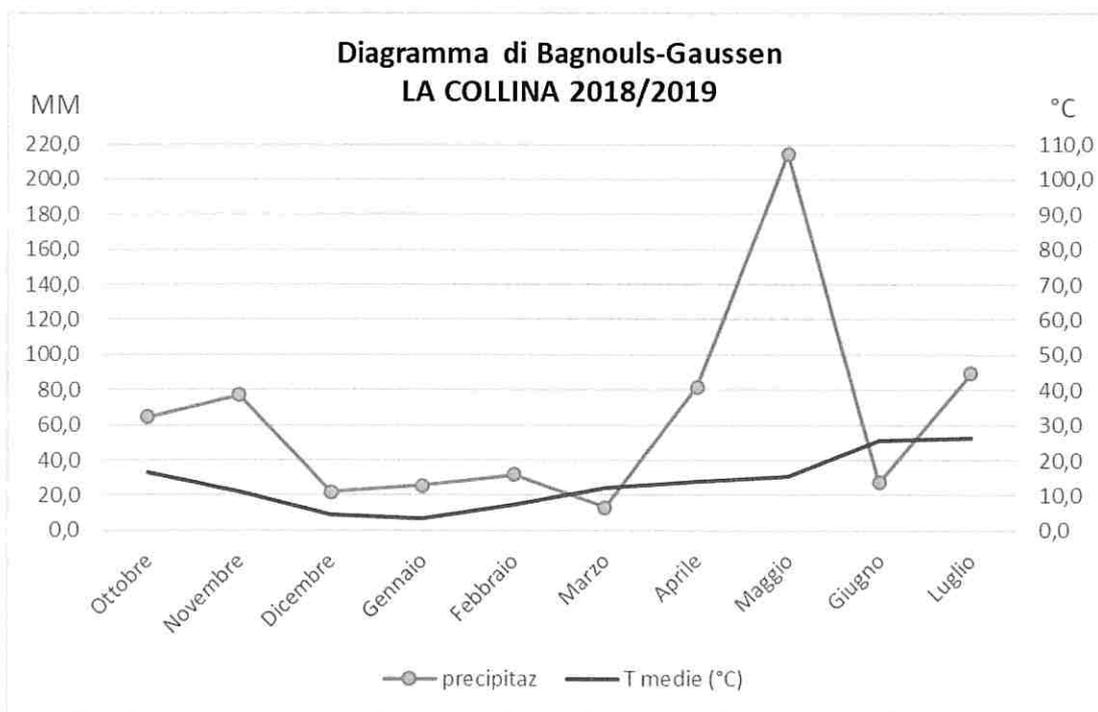


Figura 12 - Andamenti della piovosità e della temperatura media verificatesi durante il ciclo culturale del frumento nell'azienda agricola La collina (fonte: annali idrologici del servizio Idro-meteo-clima Arpae).

	RESA	1000 semi	peso hl	altezza pianta	lunghezza spiga	allettamento	lv infestanti	incidenza malattie	gravità malattie
Anno	***	***	***	***	ns	***	ns	***	***
2017	3,7 a	50,7 a	80,3 a	139,9 a	10,1	41 a	15	0,99 b	0,51 b
2018	2,8 c	48,6 b	80,8 a	121 c	9,9	42 a	16	1,17 b	0,38 b
2019	3,2 b	46,3 c	76,3 b	133,9 b	9,9	31 b	15	2,03 a	1,09 a
Azienda	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Cà de Fiori	2,5 c	47,8 c	79,7 b	120,5 c	10,1 b	0 d	12 b	0,41 c	0,15 c
La collina	3,9 a	46,6 d	77 d	136,6 a	10,5 a	80 a	12 b	2,07 a	0,78 ab
Arvaia	3,9 a	50,9 a	80,8 a	136,7 a	8,9 c	38 b	10 b	0,8 b	0,56 ab
Cenacchi	2,7 b	48,7 b	78,9 c	129,6 b	10,4 a	24 c	28 a	2,08 a	1,01 a
Varieta	***	***	***	***	***	***	*	ns	***
Inalettabile	2,9 c	49,3 c	78,4 b	120,3 f	9,2 de	21 f	17 a	1,35	0,66 b
Verna	3,2 b	44,6 f	77,1 c	125,4 e	9 e	24 e	18 a	1,26	0,6 b
Gentil Rosso	3,3 ab	49,3 bc	79,4 ab	142,7 a	11,6 a	56 a	14 abc	1,31	0,63 b
Andriolo	3,5 a	47,2 e	80,1 a	135,4 b	10,4 b	52 b	12 c	1,42	0,38 b
Frassineto	3,4 ab	52,9 a	79,1 ab	132,7 c	10,1 bc	42 c	17 ab	1,48	0,65 b
Bioadapt originale	3,3 ab	48,2 d	79,8 a	130,2 d	10 c	33 d	18 a	1,36	0,5 b
Bioadapt evolutivo	3,4 ab	50 b	80 a	135,4 b	9,5 d	40 c	13 bc	1,67	1,28 a
Azienda per anno	***	***	***	***	***	***	***	***	**
Anno per varietà	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Azienda per varietà	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Azienda per varietà per anno	***	***	***	***	***	***	***	***	***

Tabella 13 – Dati agronomici medi osservati nelle tre annate agrarie, nelle tre aziende, nei diversi genotipi e significatività delle loro interazioni.

N.B.-I valori indicati dalla stessa lettera non sono significativamente differenti;

ns = Non significativo, * = P < 0.05, ** = P < 0.01, *** = P < 0.001.

3.7 Dati agronomici

Le caratteristiche agronomiche verranno descritte mediante i dati rilevati durante la sperimentazione, all'interno di ogni azienda, per le tre annate agrarie oggetto di studio. Essi riguardano inoltre ciascun genotipo utilizzato e sono riportati in tabella 13, in cui viene esplicitata la significatività del risultato. Sono stati eseguiti rilievi agronomici di campo e ed è stata raccolta la granella per determinare il peso di 1000 semi, il peso ettolitrico, le rese e successivamente realizzare tutte le analisi nutrizionali, previa macinazione con mulino a pietra.

3.7.1 Caratteri produttivi

La resa produttiva in granella, principale carattere produttivo del frumento, si è differenziata statisticamente nelle tre annate agrarie: nella prima annata si può notare una resa media di 3,7 t/ha, nel 2017-2018 è pari a 2,8 t/ha e 3,2 t/ha nell'ultima annata 2018-2019.

Si possono quindi evidenziare le differenze significative dell'areale di coltivazione per la resa produttiva: si osserva come le rese maggiori si siano registrate nelle aziende agrarie di Arvaia (3,9 t/ha) e La collina (3,9 t/ha), mentre nelle aziende di Ca' de Fiori (2,5 t/ha) e Cenacchi (2,7 t/ha) sono inferiori. Analizzando i genotipi si possono evidenziare differenze significative che incidono sulla resa produttiva. In particolare, la varietà Inalettabile è risultata essere la varietà con rese statisticamente più basse (2,9 t/ha) rispetto alle altre varietà oggetto di studio, mentre la varietà che ha registrato la quantità produttiva maggiore è l'Andriolo (3,5 t/ha).

Risultano statisticamente rilevanti l'interazione tra l'areale di coltivazione sia con il genotipo che con l'annata agraria, ma anche l'interazione dell'annata agraria con il genotipo e l'interazione areale di coltivazione-genotipo-annata agraria. Tutte le interazioni tra fattori sono risultate altamente significative.

Il peso di 1000 semi risulta essere statisticamente influenzato da tutti i tre fattori indipendenti presi in esame. L'annata agraria che ha registrato valori maggiori è quella del 2016-2017 (50,7 g), mentre sono riscontrabili valori inferiori nell'annata 2017-2018 (46,6 g) e nell'annata 2018-2019 (46,3 g). Dal punto di vista dell'ambiente di coltivazione si è osservato un peso di 1000 semi statisticamente superiore presso l'azienda agraria di Arvaia (50,9 g), mentre quella che ha registrato il valore più basso è l'azienda La collina (46,6 g). L'azienda Cenacchi (48,7 g) e Ca' de Fiori (47,8 g) presentano valori intermedi. Il genotipo che presenta il valore statisticamente più alto, in termini di peso di 1000 semi, è il Frassineto (52,9 g), mentre quello con il valore più basso risulta essere la varietà Verna (44,6 g).

Le coppie di interazioni tra i tre fattori (anno, località, varietà) e l'interazione località-varietà-anno sono tutte risultate altamente significative. Il peso ettolitrico si è differenziato statisticamente nelle tre annate agrarie, per il genotipo e negli areali di coltivazione. Analizzando l'andamento del peso ettolitrico nelle tre annate agrarie si può osservare un calo lineare, come si evince dalla tabella 14: nella prima annata è pari a 80,3 kg/hl (2016-2017), per poi passare a 80,8 kg/hl (2017-2018) e 76,3 kg/hl (2018-2019).

L'ambiente di coltivazione ha comportato una differenziazione statistica: il peso ettolitrico medio maggiore si registra presso l'azienda agraria Arvaia (80,8 kg/hl), mentre quello minore presso l'azienda La collina (77 kg/hl). Anche i genotipi si sono differenziati tra loro: la varietà che presenta il maggior peso ettolitrico medio risulta essere l'Andriolo (80,1 kg/hl), a seguire le popolazioni Bioadapt evolutivo (80 kg/hl) e Bioadapt originale (79,8 kg/hl), mentre presenta i valori più bassi la varietà Verna (77,1 kg/hl).

Dal punto di vista genotipico, osservando la figura 13, si può osservare come le popolazioni Bioadapt originale e Bioadapt evolutivo non si siano differenziate in modo significativo dalle varietà in purezza in termini di resa: si può infatti notare come le varietà Gentil Rosso, Andriolo e Frassineto abbiano rese medie simili a quelle delle popolazioni, pertanto è presumibile che le suddette varietà abbiano assunto un ruolo dominante nella popolazione Bioadapt Originale e Bioadapt evolutivo. In generale si può affermare che le rese ottenute nel corso della sperimentazione sono in linea alle medie riportate in bibliografia (Ghiselli et al., 2010). Entrambe le popolazioni si sono dimostrate stabili in tutti e quattro gli areali di coltivazione: Bioadapt originale e Bioadapt evolutivo assumono infatti dei valori massimi e minimi di resa non molto differenti tra loro, rispetto alle varietà in purezza, che mostrano una forte oscillazione nei valori; si può quindi dedurre che le popolazioni si siano adattate ai diversi ambienti di coltivazione, mantenendo valori medi della resa in linea con quelli delle varietà in purezza. Questa caratteristica indica che probabilmente le popolazioni non sono in grado di raggiungere le rese massime registrate per alcune varietà in purezza, le quali possono raggiungere performance produttive elevate se si presentano le condizioni ambientali e di fertilità migliori; Bioadapt originale e Bioadapt evolutivo invece possono rappresentare

un'ottima alternativa per ottenere rese produttive costanti e stabili nel tempo, anche in condizioni ambientali e agronomiche sfavorevoli.

Analizzando il peso di 1000 semi e il peso ettolitrico (figura 14) si può notare come le popolazioni Bioadapt originale e Bioadapt evolutivo presentino una stabilità superiore, con i valori registrati che non si discostano mediamente tra loro. Al contrario, le varietà in purezza presentano una forte variabilità dovuta probabilmente alle condizioni meteorologiche registrate nelle annate oggetto di studio. Il peso di 1000 semi, il peso ettolitrico e la resa produttiva sembrano aver risentito delle numerose precipitazioni che si sono registrate nell'anno 2017-2018 e 2018-2019; i valori più alti infatti si registrano nell'annata agraria 2016-2017, che vede precipitazioni cumulate nettamente inferiori rispetto a quelle riscontrate nell'annate successive. Nel primo anno infatti i valori registrati risultano essere leggermente superiori alla media, riportata in letteratura (Migliorini et al., 2016).

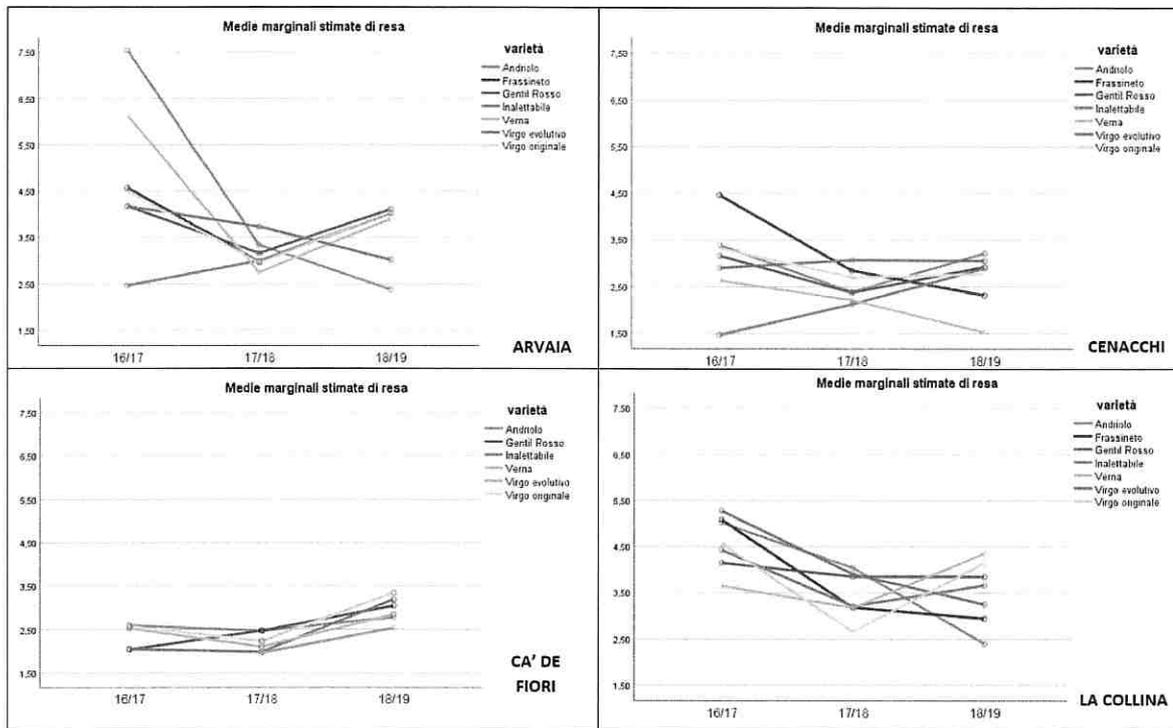


Figura 13 – Confronto medie marginali delle rese produttive di ogni varietà e popolazione coltivata, in ogni singola azienda nelle tre annate oggetto di studio

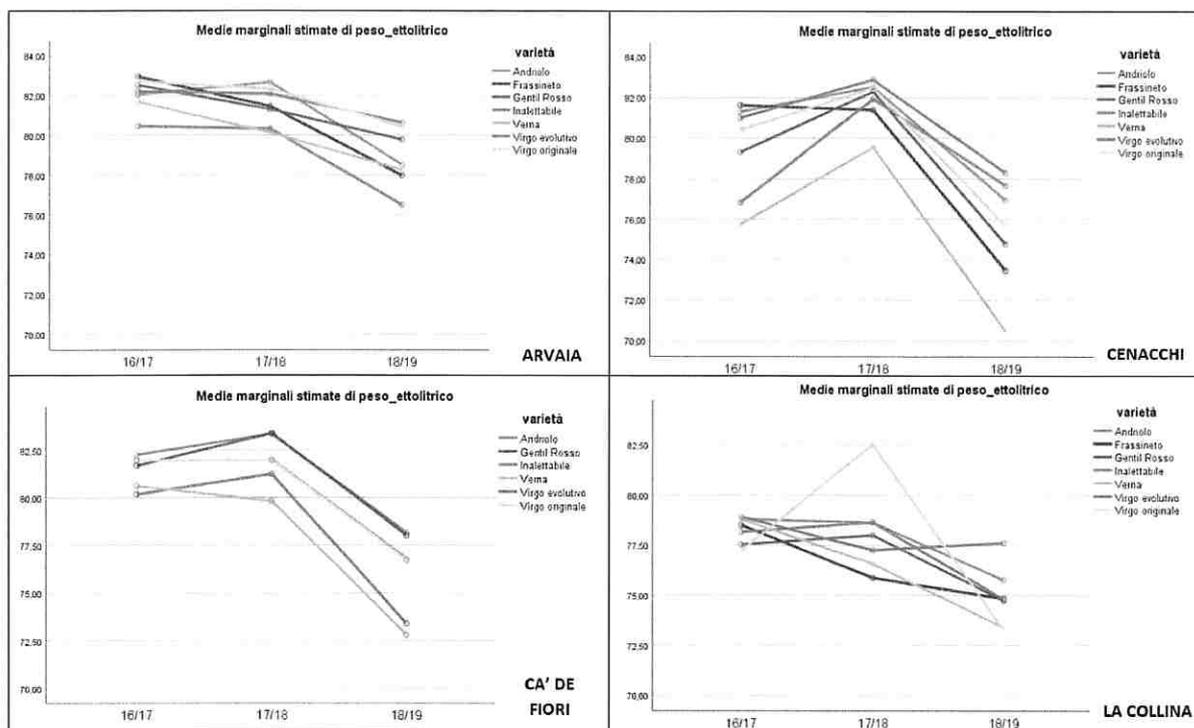


Figura 14 – Confronto medie marginali del peso ettolitrico di ogni varietà e popolazione coltivata, in ogni singola azienda nelle tre annate oggetto di studio

3.7.2 Caratteri morfologici

Il parametro altezza pianta è stato significativamente influenzato da tutti i tre fattori indipendenti (anno, località, varietà). L'altezza media delle piante ha registrato il valore più alto nella prima annata agraria (139,9 cm), è scesa nettamente nell'annata successiva (121 cm) ed è poi aumentata nuovamente nell'annata 2018-2019 (133,9 cm). L'influenza dell'areale di coltivazione è chiaramente visibile, in quanto la taglia media registrata presso l'azienda agraria di Arvaia (136,7 cm) si distingue statisticamente da quella registrata presso l'azienda Ca' dei Fiori (120,5 cm). I genotipi considerati hanno un comportamento eterogeneo in riferimento all'altezza della pianta, con valori che vanno dai 120,3 cm della varietà Inalettabile ai 142,7 cm del Gentil Rosso. Le interazioni tra le coppie dei fattori considerati (azienda, anno, varietà) e l'interazione località-varietà-anno sono tutte altamente significative.

Il parametro lunghezza della spiga ha registrato effetti statisticamente significativi per il fattore indipendente genotipo e località di coltivazione, mentre non sono state riscontrate differenze tra le diverse annate.

Le spighe mediamente più lunghe si sono registrate presso l'azienda agraria di La collina (10,5 cm), mentre quelle con dimensioni inferiori, presso l'azienda Arvaia (8,9 cm). Si può quindi notare, grazie alla precedente analisi, come l'azienda Arvaia presenti mediamente piante più alte, ma con spighe ridotte. Analizzando il fattore "varietà" si osserva come il genotipo con le spighe di maggiore lunghezza sia il Gentil Rosso (11,6 cm), mentre quello con le spighe di dimensioni minori sia il Verna (9 cm). Si può quindi evidenziare che la varietà Gentil Rosso presenta caratteristiche ben definite, ovvero una spiga di lunghezza maggiore rispetto alle altre varietà oggetto di studio e un'altezza media maggiore. Tutte le interazioni tra fattori sono risultate altamente significative.

Per il carattere agronomico allettamento sono risultati statisticamente significativi tutti e 3 i fattori indipendenti (anno, varietà, azienda). Le condizioni migliori si sono registrate nell'annata agraria 2018-2019 con un allettamento pari al 31%, mentre nelle stagioni precedenti risulta essere maggiore con valori pari a 42% (2017-2018) e 41% (2016-2017). L'azienda agraria che presenta condizioni ambientali sfavorevoli all'allettamento delle piante risulta essere Ca' dei Fiori (0%), mentre presso La collina si può osservare un valore di allettamento pari all'80%. Analizzando l'effetto del genotipo si può osservare come la varietà Inalettabile sia quella meno suscettibile all'allettamento (21%), mentre tutte le altre varietà registrano indici superiori al 30% ad eccezione del Verna (24%). In particolare, si può evidenziare come la varietà Gentil Rosso, in base alle precedenti analisi, sia la varietà che raggiunge valori medi di altezza maggiori e presenti il valore di suscettibilità all'allettamento più alto (56%). Allo stesso modo si può notare il comportamento opposto della varietà Inalettabile, la quale presenta un'altezza media

della pianta di 120,3 cm e una tendenza ad allettare pari al 21%. Anche in questo caso tutte le interazioni tra fattori sono risultate altamente significative.

A livello genotipico, le varietà che presentano altezze medie elevate hanno indici di allettamento superiori; per questo motivo l'altezza delle piante, assieme alla resa, è uno dei parametri spesso inseriti in programmi di miglioramento genetico mirati alla costituzione di varietà a taglia ridotta e meno soggette ad allettamento (Tellarini, 2017). La varietà Andriolo, nonostante presenti indici di allettamento e un'altezza media della pianta elevati, presenta la resa più alta: dalla prova effettuata si deduce che le varietà antiche presentano un allettamento tardivo che non interferisce con le fasi di riempimento e maturazione della cariosside. Le varietà e le due popolazioni Bioadapt evolutivo e Bioadapt originale presentano valori di altezza pianta e indici di allettamento nella media, come indicato in letteratura (Migliorini et al., 2016), ma mantengono comunque valori produttivi discreti.

3.7.3 Stress biotici

Il livello d'infestanti, misurato in percentuale, è risultato statisticamente altamente significativo per l'areale di coltivazione e per il genotipo, mentre non si sono riscontrate differenze nel corso delle tre annate agrarie. La percentuale media inferiore è stata registrata presso l'azienda Arvaia (10%), mentre raggiunge il valore medio massimo nell'areale di coltivazione dell'azienda agricola Cenacchi (28%). La variabilità d'infestazione in relazione ai diversi genotipi è molto ampia ed è compresa tra il 12% dell'Andriolo e il 18% della popolazione Bioadapt originale. Si può osservare come la varietà Andriolo, la quale presenta il livello di infestanti più basso, sia quella che presenta la resa più alta. Infine, tutti e tre i parametri presentano interazioni significative tra loro.

L'incidenza delle malattie è stata misurata tramite una scala visiva di punteggio da 0 a 10 e risultano altamente significativi il fattore anno e il fattore azienda, mentre non si sono riscontrate differenze in relazione al genotipo. Questo carattere agronomico, nel corso delle annate agrarie, ha registrato valori sempre crescenti pari a 0,99/10 (2016-2017), 1,17/10 (2017-2018) e 2,03/10 (2018-2019). Analizzando le diverse aziende si può osservare come si sia registrata una maggiore incidenza delle malattie presso la ditta Cenacchi (2,08/10), mentre il livello più basso è riscontrabile presso l'azienda agraria Ca' dei Fiori (0,41/10). Anche in questo caso tutte le interazioni tra fattori sono risultate altamente significative.

Il carattere gravità delle malattie è stato misurato in maniera analoga al carattere incidenza delle malattie precedentemente descritto, su una scala da 0 a 10. Risultano altamente significativi tutti e tre i fattori (anno, ambiente e genotipo). La gravità delle malattie, nella prima annata, è pari a 0,51/10 e successivamente registra valori di 0,38/10 (2017-2018) e di 1,09/10 (2018-2019). Si può notare come i valori massimi della gravità e dell'incidenza delle malattie si registrano nell'annata 2018-2019, caratterizzata da eventi piovosi intensi concentrati nel mese di maggio. Le stesse considerazioni si possono fare analizzando l'influenza dell'areale di coltivazione sulla gravità delle malattie, le quali risultano massime presso la ditta Cenacchi (1,01/10) e minime presso l'azienda Ca' dei Fiori (0,1547/10). Presso quest'ultima si può evidenziare come siano minimi sia i valori di gravità che incidenza delle malattie. Il genotipo che risulta essere maggiormente resistente alle malattie è quello della varietà Andriolo (0,38/10), mentre quello più sensibile all'attacco di patogeni è la popolazione Bioadapt evolutiva (1,28/10). Tutte le interazioni tra i fattori sono risultate statisticamente significative, con l'interazione ambiente-anno leggermente inferiore in termini di significatività statistica.

Gli stress biotici hanno presentato differenze significative nelle diverse annate agrarie: l'incidenza delle malattie segue un andamento crescente nel corso dei tre anni oggetti di studio e raggiunge il valore massimo nell'annata 2018-2019; essa ha registrato un quantitativo di piogge cumulate elevate, pertanto si può constatare che l'andamento climatico pare aver favorito lo svilupparsi di malattie e lo sviluppo di alcuni patogeni. La stessa situazione si può riscontrare per l'incidenza delle malattie; al contrario, lo svilupparsi delle infestanti è risultato essere non significativo statisticamente. Il livello d'infestanti è un parametro molto importante per colture che crescono in agricoltura biologica; si può vedere infatti come per alcune aziende la percentuale di infestanti raggiunga valori elevati (Cenacchi: 28%). Questo parametro è quindi soggetto all'influenza della conduzione agricola dell'azienda, la quale può adottare piani di lotta alle malerbe più o meno mirati. Ne consegue una diretta relazione in termini di rese, in quanto il frumento compete con le malerbe per gli elementi nutritivi e per lo spazio di crescita. Dal punto di vista genotipico, si osserva come l'incidenza delle malattie non abbia presentato differenze significative in relazione alla varietà considerata: le accessioni antiche oggetto di studio infatti presentano una fase di levata precoce, una copertura fogliare voluminosa e un accostamento rigoglioso che permettono loro di essere

fortemente competitive verso patogeni e malattie. La gravità delle malattie, misurata su una scala da 1 a 10, è risultata essere altamente significativa; tuttavia le malattie rilevate sulle varietà e sulle popolazioni non hanno inciso negativamente su nessun parametro agronomico. Le pratiche agronomiche adottate dal sistema di coltivazione biologico, il quale prevede l'impiego di bassi input produttivi, hanno esaltato la rusticità delle accessioni oggetto di studio; si è quindi dimostrato come la variabilità genetica di queste antiche varietà di frumento possano essere utilizzate come base genetica per nuovi programmi di breeding (Dinelli et al., 2009) e come esse siano valorizzate da regimi di agricoltura biologica. Le popolazioni Bioadapt originale e Bioadapt evolutivo invece, nonostante presentino valori stabili, si sono dimostrate meno resistenti ai patogeni e alle infestanti (figura 15-16): le varietà in purezza mostrano, in alcuni casi, valori più bassi per tutti e tre i parametri precedentemente illustrati; le popolazioni inoltre pare abbiano sofferto maggiormente dell'andamento climatico riscontrato nell'anno 2018-2019, ricco di piogge, in cui le stesse mostrano il picco di suscettibilità ai patogeni e alle infestanti. Le varietà in purezza quindi, date le loro caratteristiche di rusticità e il loro portamento, sembrano meno inclini all'influenza di questi fattori.

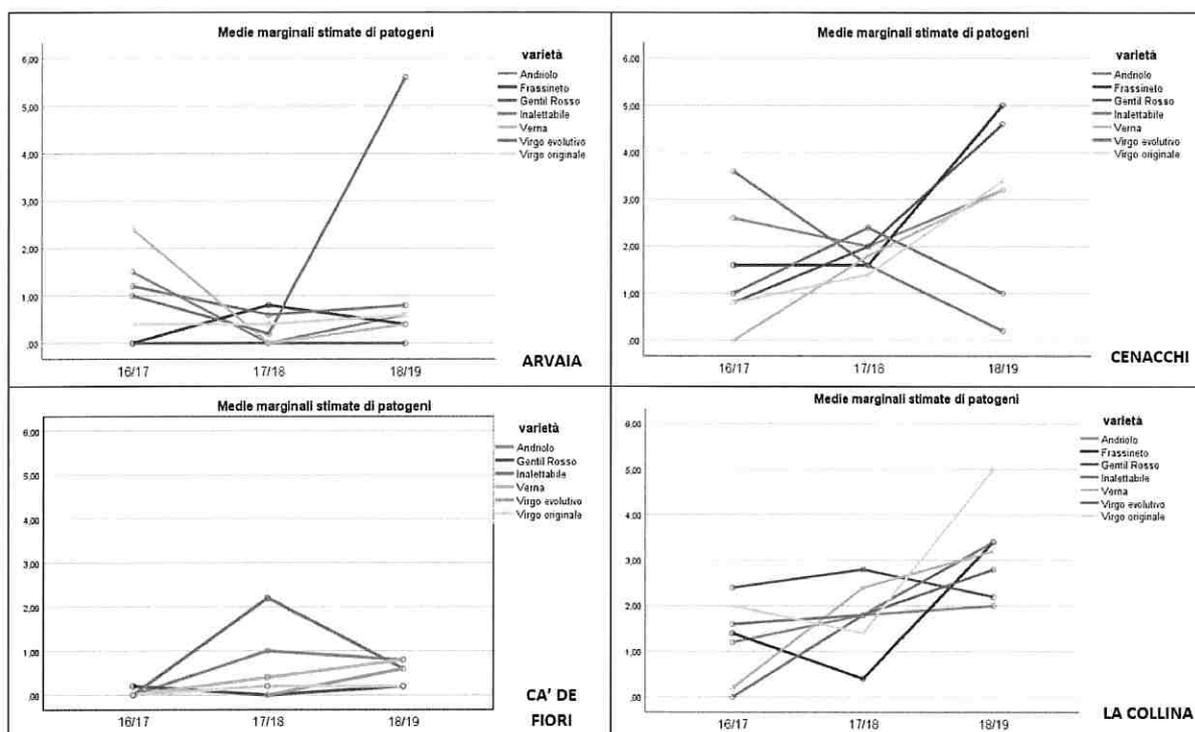


Figura 15 – Confronto medie marginali dell'incidenza delle malattie di ogni varietà e popolazione coltivata, in ogni singola azienda nelle tre annate oggetto di studio

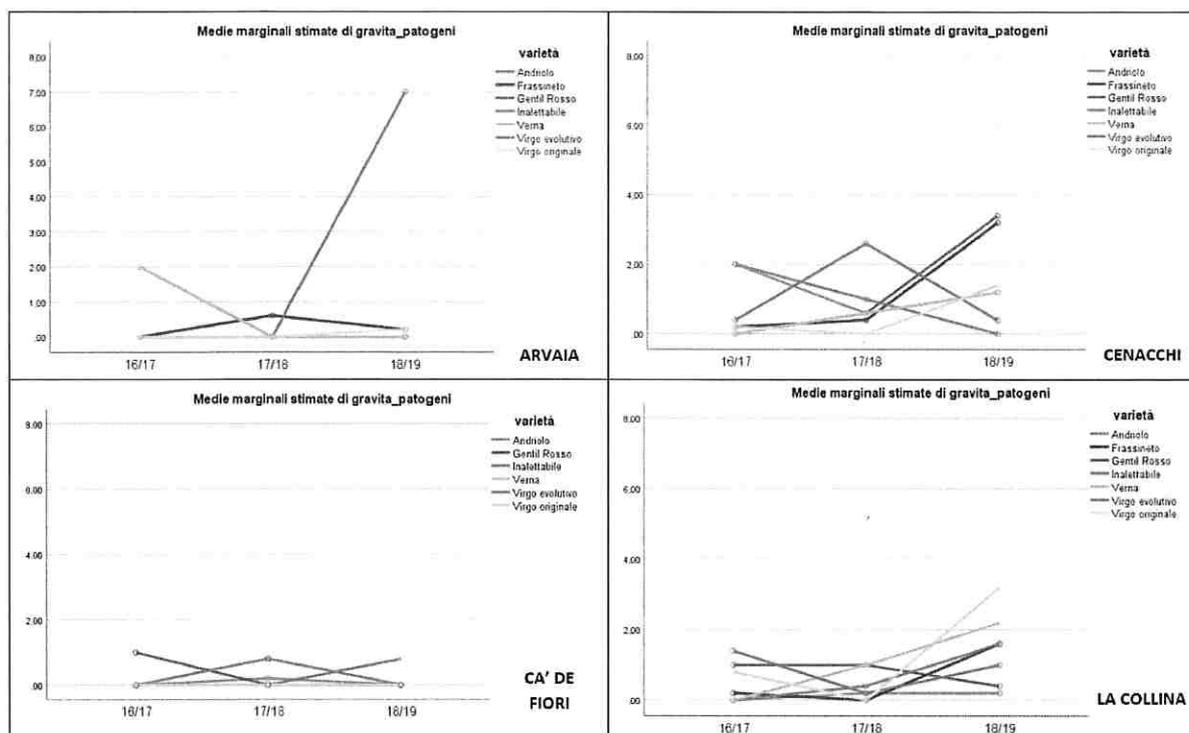


Figura 16 – Confronto medie marginali della gravità delle malattie di ogni varietà e popolazione coltivata, in ogni singola azienda nelle tre annate oggetto di studio

3.8 Dati agronomici

Le varietà antiche di frumento presentano un'elevata competitività nei confronti delle infestanti e tolleranza verso le malattie e si adattano molto bene alla coltivazione in regimi di agricoltura biologica, oggi un settore molto sviluppato. Proprio per questi motivi essi si potrebbero utilizzare per il recupero dei suoli marginali che si trovano in zone collinari e montuose, nei quali le cultivar moderne non riescono a ottenere rese soddisfacenti, a causa delle criticità economiche che si riscontrano nell'apportare i numerosi input che queste varietà richiedono. Dal progetto BIOADAPT sono emersi alcuni risultati che si prestano a formulare diverse conclusioni: si è infatti visto come l'effetto dell'annata agraria, del genotipo e dell'areale di coltivazione influenzino in maniera evidente le rese produttive e qualitative del frumento. L'andamento stagionale, soprattutto per le precipitazioni cumulate nel periodo tra aprile e luglio, ha comportato, nelle ultime due annate oggetto di studio, cali produttivi e qualitativi. Si è però osservato come le popolazioni evolutive Bioadapt originale e Bioadapt evolutivo siano state in grado di adattarsi a tali eventi, riuscendo comunque ad ottenere rese accettabili.

Anche l'areale di coltivazione ha influito sui parametri oggetto di studio e si può notare come l'altitudine a cui si trovano le diverse aziende abbia comportato alcune differenze: l'azienda agricola Ca' dei Fiori, collocata ad altitudine maggiore, infatti presenta valori più bassi per la resa ma mantiene comunque dei valori nutrizionali molto vicini a quelli registrati nelle altre tre aziende collocate in zone di pianura. Nell'azienda di montagna le piante hanno raggiunto altezze e indici di allettamento inferiori, segno di come l'effetto ambientale abbia modificato e influenzato il portamento delle piante.

Dal punto di vista nutrizionale, si può osservare come l'incidenza dei patogeni e il livello di infestanti registrati presso l'azienda agraria Cenacchi abbia portato le piante a rispondere agli stress biotici con l'accumulo di metaboliti secondari (polifenoli, flavonoidi).

Dal punto di vista genotipico invece si è potuto osservare come le popolazioni Bioadapt evolutivo e Bioadapt originale siano riuscite ad adattarsi ai diversi areali di coltivazione e alle diverse condizioni meteorologiche con cui si sono imbattute: entrambe le popolazioni infatti mantengono valori di resa molto stabili nel corso delle tre annate oggetto di studio, così come per i valori nutrizionali analizzati; per questo motivo entrambe potrebbero rappresentare una valida alternativa per gli agricoltori che possono quindi scegliere quale varietà o popolazione utilizzare, a seconda della propria programmazione aziendale.

Le varietà in purezza, contrariamente, sono in grado di ottenere rese molto più elevate se si trovano nelle

condizioni ideali di crescita come nel caso dell'Andriolo, che ha toccato le 7,5 t/ha presso l'azienda agraria Arvaia. Si è però visto come queste varietà non siano stabili nel tempo, ovvero presentano una forte eterogeneità nei dati analizzati; questo dimostra come le varietà di frumento utilizzate siano in grado di adattarsi in maniera accettabile ai diversi areali di coltivazione e alle diverse condizioni ambientali, seppur in maniera ridotta rispetto alle popolazioni evolutive.

Dallo studio è emerso inoltre che la varietà Inalettabile, in termini di resa produttiva, sia favorita in ambienti prettamente umidi e ricchi di precipitazioni, considerando il suo aumento lineare nei tre anni oggetto di studio, nonostante le abbondanti precipitazioni cumulate, rispetto al calo registrato per tutte le altre varietà in purezza. Si segnala infine il risultato ottenuto dalla varietà Verna che presenta i valori più alti in termini nutrizionali, nello specifico il contenuto proteico, il contenuto in fibre alimentari, il contenuto di polifenoli e flavonoidi.

Concludendo si può affermare che le varietà antiche di frumento e le popolazioni evolutive possono rappresentare una valida base di partenza per programmi di miglioramento genetico al fine di ottenere nuove varietà che presentino valori nutrizionali elevati, maggiore stabilità negli anni delle performance produttive e qualitative e un migliore adattamento a diversi contesti pedo-climatici. Esse inoltre possono soddisfare la continua domanda da parte dei consumatori di prodotti dalla provenienza certificata e dall'elevata qualità nutrizionale, la cui coltivazione avvenga nel rispetto dell'ambiente, soddisfacendo al contempo le esigenze produttive degli agricoltori.

AZIONE 4: ANALISI CHIMICO- FISICHE, BIOCHIMICHE E NUTRIZIONALI

4.1. Determinazioni analitiche dei macronutrienti e dei composti funzionali

Per quantificare le differenti componenti nutrizionali e funzionali sono state effettuate delle analisi presso il laboratorio di Fisiologia Vegetale dell'Università di Bologna. La granella raccolta da ogni parcella è stata successivamente macinata, tramite un mulino a pietra da laboratorio, per ottenere farina integrale. Ciascuna analisi è stata effettuata impiegando due repliche di campo, per ogni parcella.

Per i risultati delle repliche è stata calcolata la media, considerando un coefficiente di variazione accettabile quando al di sotto della soglia del 20 %.

Tutte le analisi di laboratorio sono state eseguite attendendosi ai metodi ufficiali dell'*Association of Official Analytical Chemists* (AOAC INTERNATIONAL) ed i metodi di analisi approvati dall'*American Association of Cereal Chemists* (AACC Intl.).

Lipidi: il contenuto totale di lipidi delle farine è stato quantificato seguendo la metodologia di Folch (Folch et. al., 1957), adattato ai cereali seguendo il metodo ufficiale AOAC.

Per ciascun campione di farina (500 mg), i lipidi sono stati estratti con 10 ml di una soluzione di Cloroformio-Metanolo in rapporto 2:1 (v/v), all'interno di tubi Falcon della capacità di 50 ml; in seguito i campioni sono stati posti in agitazione per 20 minuti a 140 rpm (rotazioni per minuto) e in seguito centrifugati per 10 minuti a 10000 rpm. Alla fine della centrifugazione, utilizzando l'imbuto di Buchner, è stato prelevato il surnatante e filtrato. Il filtrato poi è stato lasciato evaporare sotto cappa chimica in becher da 50 ml, in precedenza tarati. Infine, la quantità di lipidi è stata ottenuta sottraendo al peso lordo del becher dopo l'evaporazione quello della tara iniziale; il peso netto ricavato dalla differenza è stato espresso in percentuale (g/100g di farina).

Amido totale: l'amido totale è stato stimato attraverso l'utilizzo della tecnologia NIR (Near Infrared Reflectance – Grain Analyzer, FOSS).

Fibra alimentare: la determinazione del contenuto in fibre insolubili (IDF), solubili (SDF) e totali (TDF), presente in ogni campione di farina, è stata effettuata utilizzando il kit di analisi "Total Dietary Fiber" prodotto da Megazyme (Megazyme International Ireland Ltd., Wicklow, Ireland), in conformità ai metodi ufficiali AACC 32-05 e AACC 32-21, basati su processi enzimatici/gravimetrici. Il metodo si basa sulla digestione sequenziale di 1 g di farina ad elevata temperatura (60-100°C), grazie agli enzimi α -amilasi termostabile, proteasi ed amiloglicosidasi (in sequenza), in modo tale da rimuovere residui di proteine ed amido. In seguito, è stata separata la prima frazione fibrosa IDF, filtrando la soluzione acquosa con uno strato tricalcico (celite), precedentemente preparato sul fondo di crogioli, mentre la soluzione percolata è stata successivamente addizionata con etanolo 96 % (v/v) caldo, facendo precipitare le componenti solubili. La seconda frazione SDF viene anch'essa filtrata con lo strato tricalcico precedentemente preparato sul fondo di crogioli. Infine, entrambe le frazioni sono state poste in stufa per l'essiccazione e quantificate; la differenza tra il peso lordo e la tara dei crogioli risulta essere la massa fibrosa trattenuta dallo strato tricalcico.

Il valore totale di fibra (TDF) è stato ottenuto sommando le due frazioni IDF e SDF, al netto del quantitativo in ceneri espresso in peso e del residuo proteico ancora legato alla fibra, in modo tale da ottenere il valore reale di TDF.

Proteine: il contenuto proteico delle farine è stato determinato mediante l'utilizzo del NIR (Near Infrared Reflectance) Grain Analyzer, FOSS.

Polifenoli: l'estrazione dei polifenoli liberi e legati è stata effettuata secondo una metodica descritta da Dinelli *et al.* (2009). Si parte con 1 g di farina trattato con etanolo 80 % (v/v) freddo per disciogliere i composti fenolici liberi. In seguito, la miscela è stata agitata e centrifugata per semplificare il prelievo del surnatante dal "pellet" (frazione solida rimanente). Quest'ultimo successivamente è stato trattato con soluzioni alcaline e acide, per estrarre le forme fenoliche legate. Il surnatante di entrambe le frazioni fenoliche è stato fatto evaporare sotto cappa a flusso laminare; al termine di questa fase, per poter essere analizzati e conservati a -20°C, gli estratti dei polifenoli liberi sono stati risospesi in 10 ml di metanolo 80% (v/v), mentre quelli dei polifenoli legati in 10 ml di metanolo 100% (v/v). La determinazione quantitativa dei polifenoli totali è stata condotta mediante una tecnica colorimetrica che impiega il reagente di Folin-Ciocalteu, come viene illustrato da Singleton *et al.* (2009). Un'aliquota di ciascun estratto fenolico è diluita in 1,60 ml di acqua distillata e in seguito ossidata tramite l'aggiunta di 0,1 ml del reagente di Folin-Ciocalteu; dopo un'incubazione di 5 minuti viene somministrato al campione una soluzione di carbonato di sodio. Al termine di una successiva incubazione di due ore, al buio e a temperatura ambiente, si procede alla misura dell'assorbanza a 765 nm tramite spettrofotometro della soluzione ottenuta, di colore blu.

I composti fenolici di ogni campione, sono stati espressi in milligrammi di acido gallico equivalente in 100 g di farina, determinati attraverso una curva di calibrazione, creata utilizzando i valori di assorbanza a 765 nm di soluzioni a diverse concentrazioni di acido gallico, un acido fenolico impiegato come "standard". Sommando infine il contenuto in polifenoli liberi e legati, si ottiene la quantità di polifenoli totale del campione.

Flavonoidi: sugli stessi estratti ottenuti per i polifenoli viene effettuata la determinazione dei flavonoidi liberi e legati, utilizzando il metodo descritto da Adom *et al.*, (2003). Un'aliquota del campione è stata diluita in acqua distillata; successivamente viene condotta una reazione con nitrito di sodio e cloruro di alluminio esaidrato per ottenere un complesso flavonoidi-alluminio. Si blocca poi la reazione con l'aggiunta di una soluzione di idrossido di sodio ed immediatamente si effettua la lettura dell'assorbanza a 510 nm della soluzione finale, tramite spettrofotometro. Come per i polifenoli, la determinazione del contenuto di flavonoidi liberi e legati è stata ottenuta attraverso una curva di calibrazione, realizzata attraverso valori di assorbanza a 510 nm di soluzioni a differenti concentrazioni di catechina, un flavonoide incolore impiegato come "standard". I flavonoidi totali per ciascun campione sono stati determinati sommando il contenuto di flavonoidi liberi e legati.

Attività antiossidante: gli stessi estratti dei composti fenolici descritti in precedenza sono stati utilizzati per definire l'attività antiossidante dei campioni di farina. È stato adottato il saggio "Ferric Reducing Antioxidant Potential" (FRAP) (Benzie e Strain, 1996). Si tratta di un test basato sulla capacità dei composti antiossidanti di legarsi agli ioni ferrici (Fe^{3+}), determinando una riduzione a ioni ferrosi (Fe^{2+}), tramite la cessione di elettroni allo ione ferrico. Tale saggio è stato originariamente ideato per la determinazione del potere riducente del plasma, poi in seguito è stato adattato per saggiare composti puri e matrici complesse, come gli estratti fenolici delle farine. Tale metodica prevede di miscelare 20 μ l di estratto di polifenoli liberi, 20 μ l di estratto di polifenoli legati, 40 μ l di metanolo all'80 % e 2,4 ml di reagente FRAP all'interno di cuvette. Il reagente FRAP è una miscela composta da una soluzione buffer acetato 300 mM (mmol/l) con pH 3,6, una soluzione 10 mM di 2,4,6-tris (2-pyridyl)-s-triazine" (TPTZ) (in HCl 40 mM) e una soluzione 20 mM di cloruro ferrico esaidrato, in una proporzione di 10:1:1 (v/v). In seguito ad un'incubazione di sessanta minuti al buio e a temperatura ambiente, si procede con la lettura dell'assorbanza a 593 nm attraverso lo spettrofotometro. I valori ottenuti vengono poi confrontati con quelli delle soluzioni standard a concentrazioni note (da 0 a 1500 μ mol/l) di solfato di ferro eptaidrato ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) in acqua, utilizzati per la costruzione delle curve di taratura, che esprimono la concentrazione di ioni Fe^{2+} in funzione del valore di assorbanza misurato allo spettrofotometro. Il quantitativo di composti antiossidanti e la loro attività riducente determina il diverso livello di ioni Fe^{3+} e Fe^{2+} complessati a TPTZ, determinando anche la diversa assorbanza dei campioni. Confrontando le assorbanze dei campioni con i valori standard della curva di taratura è possibile quantificare la concentrazione degli ioni ferro che sono stati ridotti ed avere una stima della capacità antiossidante prettamente chimica presente in ciascun campione di farina analizzato.

In generale, si può prevedere un maggior livello di complessi Fe^{2+} -TPTZ quando i valori di assorbanza a 593 nm sono maggiori e pertanto, la presenza di composti antiossidanti con un'azione riducente risulta essere maggiore. I valori ottenuti con il saggio dell'attività antiossidante FRAP vengono espressi in mmol Fe^{2+} /100 g di farina integrale.

4.2. Saggi in vitro

4.2.1 Attività anti-infiammatoria

Per gli studi *in vitro* è stato scelto di utilizzare la linea di cellule epiteliali derivanti dal colon Caco2 (ATCC, clone HTB37), invece della linea NCM460 (come precedentemente indicato), perché le cellule Caco2 sono quelle che meglio riflettono il fenotipo del tessuto epiteliale intestinale *in vitro* (Natoli M et al., 2012; Ceriotti and Meloni 2014). Le cellule Caco2 sono state coltivate in terreno di base DMEM arricchito con il 10% di siero fetale bovino (FBS) e 1% di penicillina-streptomina.

Saggio di tossicità (MTT assay): Prima di studiare il potenziale anti-infiammatorio dei polifenoli estratti presi in esame, è stato necessario verificare che il modello cellulare utilizzato fosse quello corretto, mediante il test di tossicità sulle cellule intestinali Caco2. In particolare, le cellule sono state seminate nel loro terreno di coltura in una piastra multiwell da 96 pozzetti alla concentrazione di 10.000 cellule/pozzetto. Per ogni trattamento sono stati seminati 6 pozzetti e ogni esperimento è stato ripetuto 3 volte. 24 ore dopo la semina, alle cellule è stato cambiato il terreno e sono stati aggiunti i polifenoli alla concentrazione di 2.5ug GAE/ml estratti da 10 varietà di frumento coltivate. 4 ore dopo il trattamento è stato aggiunto l'LPS alla concentrazione di 1mg/ml. L'acido ferulico (FA) è stato utilizzato come controllo della attività dei polifenoli estratti, mentre come controllo negativo è stato utilizzato l'LPS da solo. 24 ore dopo il trattamento, è stato eseguito il saggio MTT. Brevemente: alle cellule è stato tolto il terreno e aggiunta la soluzione MTT (1mg/ml in DMEM, Life Technologies) a 37°C per 2 ore. Il colorante al formazano è poi stato solubilizzato mediante l'utilizzo di isopropanolo ed analizzato mediante uno spettrofotometro a scansione alla lunghezza d'onda di 570 nm. I risultati ottenuti come O.D. (valore di assorbanza) sono stati espressi come percentuale rispetto al controllo non trattato.

Quantificazione delle molecole infiammatorie IL8 e PGE2 : Sulla base di prove preliminari effettuate in laboratorio, è stato possibile verificare come l'espressione o meno di molecole infiammatorie in un modello cellulare fosse più facilmente identificabile quando si combinano in una cocoltura le cellule epiteliali intestinali Caco2 insieme ad una linea di cellule appartenenti al sistema immunitario. Per questo motivo è stato scelto di coltivare insieme le cellule Caco2 e la linea cellulare di monociti umana U937 (ATCC CRL-1593.2). Le cellule Caco2 sono state seminate nel loro terreno di coltura in una piastra multiwell da 24 pozzetti insieme alle cellule U937 alla concentrazione di 100.000 cellule/pozzetto rispettivamente. 24 ore dopo la semina, alle cellule sono stati aggiunti i polifenoli alla concentrazione di 2.5ug GAE/ml estratti da 10 varietà di frumento coltivate e, 4 ore dopo il pre-trattamento, è stato aggiunto l'LPS alla concentrazione di 1mg/ml. 24 ore dopo il trattamento, è stato raccolto il surnatante, centrifugato a 1200 rpm per 20 minuti ed è stato eseguito il saggio ELISA per la quantificazione dell'IL8, mediante l'utilizzo del kit Human IL-8 (4A Biotech Co.®) e della prostaglandina PGE2, mediante l'utilizzo del kit Human PGE2 ELISA Kit (FineTest®). Ogni esperimento è stato ripetuto 3 volte e i risultati ottenuti come O.D. (valore di assorbanza) sono stati espressi come pg/ml.

Quantificazione della percentuale di Macrofagi CD11 positivi: Le cellule Caco2 sono state seminate nel loro terreno di coltura in chamberslide da 4 pozzetti insieme alle cellule U937 alla concentrazione di 100.000 cellule/pozzetto rispettivamente. 24 ore dopo la semina, alle cellule sono stati aggiunti i polifenoli alla concentrazione di 2.5ug GAE/ml estratti da 10 varietà di frumento coltivate e, 4 ore dopo il pre-trattamento, è stato aggiunto l'LPS alla concentrazione di 1mg/ml. 24 ore dopo il trattamento, è stato tolto il terreno, i campioni sono stati fissati con etanolo 70% per 10 minuti @ RT e si è proceduto mediante la colorazione di immunocitochimica utilizzando l'anticorpo primario CD11b (GeneTex) e il Fast Red come cromogeno (ScyTek Laboratories). Le cellule positive al marker CD11b sono state contate in 10 campi per ogni trattamento e sono state espresse come % di cellule positive alla colorazione.

4.2.2. Attività pro-infiammatoria:

E' noto che le proteine del glutine possono indurre l'insorgenza di intolleranze alimentari a livello intestinale. L'attività pro-infiammatoria del materiale oggetto è stata valutata *in vitro* mediante lo studio degli effetti tossici sulle cellule intestinali, il dosaggio dei marcatori dell'infiammazione, interleuchina 8 (IL8) e delle prostaglandine 2 (PGE-2) e mediante la quantificazione dei macrofagi (CD11b). Anche per lo studio dell'attività pro-infiammatoria

delle proteine, come per quella anti-infiammatoria, è stato scelto di utilizzare la linea di cellule epiteliali derivanti dal colon Caco2 (ATCC, clone HTB37), invece della linea NCM460 (come precedentemente indicato).

Saggio di tossicità (MTT assay): Prima di studiare il potenziale pro-infiammatorio delle proteine estratte dalle varietà prese in esame, è stato necessario verificare che il modello cellulare utilizzato fosse quello corretto, mediante il test di tossicità sulle cellule intestinali Caco2. In particolare, le cellule sono state seminate nel loro terreno di coltura in una piastra multiwell da 96 pozzetti alla concentrazione di 10.000 cellule/pozzetto. Per ogni trattamento sono stati seminati 6 pozzetti e ogni esperimento è stato ripetuto 3 volte. 24 ore dopo la semina, alle cellule è stato cambiato il terreno e sono state aggiunte le proteine estratte alla concentrazione di 40ug/ml estratte dalle 10 varietà di frumento coltivate e l'LPS è stato utilizzato alla concentrazione di 1mg/ml come controllo positivo dell'effetto infiammatorio. 24 ore dopo il trattamento, è stato eseguito il saggio MTT. Brevemente: alle cellule è stato tolto il terreno e aggiunta la soluzione MTT (1mg/ml in DMEM, Life Technologies) a 37°C per 2 ore. Il colorante al formazano è poi stato solubilizzato mediante l'utilizzo di isopropanolo ed analizzato mediante uno spettrofotometro a scansione alla lunghezza d'onda di 570 nm. I risultati ottenuti come O.D. (valore di assorbanza) sono stati espressi come percentuale rispetto al controllo non trattato.

Quantificazione delle molecole infiammatorie IL8 e PGE2: Le cellule Caco2 sono state seminate nel loro terreno di coltura in una piastra multiwell da 24 pozzetti insieme alle cellule U937 alla concentrazione di 100.000 cellule/pozzetto rispettivamente. 24 ore dopo la semina, alle cellule sono state aggiunte le proteine alla concentrazione di 40ug/ml estratte dalle 10 varietà di frumento coltivate e l'LPS è stato utilizzato alla concentrazione di 1mg/ml come controllo positivo dell'effetto infiammatorio. 24 ore dopo il trattamento, è stato raccolto il surnatante, centrifugato a 1200 rpm per 20 minuti ed è stato eseguito il saggio ELISA per la quantificazione dell'IL8, mediante l'utilizzo del kit Human IL-8 (4A Biotech Co.®) e della prostaglandina PGE2, mediante l'utilizzo del kit Human PGE2 ELISA Kit (FineTest®). Ogni esperimento è stato ripetuto 3 volte e i risultati ottenuti come O.D. (valore di assorbanza) sono stati espressi come pg/ml della citochina analizzata.

Quantificazione della percentuale di Macrofagi CD11 positivi: Le cellule Caco2 sono state seminate nel loro terreno di coltura in chamberslide da 4 pozzetti insieme alle cellule U937 alla concentrazione di 100.000 cellule/pozzetto rispettivamente. 24 ore dopo la semina, alle cellule sono state aggiunte le proteine estratte dalle varietà di frumento analizzate alla concentrazione di 40ug/ml e l'LPS è stato utilizzato alla concentrazione di 1mg/ml come controllo positivo dell'effetto infiammatorio. 24 ore dopo il trattamento, è stato tolto il terreno, i campioni sono stati fissati con etanolo 70% per 10 minuti @ RT e si è proceduto mediante la colorazione di immunocitochimica utilizzando l'anticorpo primario CD11b (GeneTex) e il Fast Red come cromogeno (ScyTek Laboratories). Le cellule positive al marker CD11b sono state contate in 10 campi per ogni trattamento e sono state espresse come % di cellule positive alla colorazione.

4.3. Analisi chimico-fisica e funzionale degli sfarinati e dei pani trasformati

Sono stati analizzati sette campioni di sfarinati ottenuti da granelle della varietà Virgo (originale ed evolutivo), coltivate in 4 aziende agricole (Cenacchi, Collina, Arvaia e Cà dei Fiori).

Al fine di caratterizzare gli sfarinati integrali dal punto di vista chimico-fisico e funzionale sono state effettuate le seguenti determinazioni analitiche:

- Contenuto in umidità (termobilancia Sartorius);
- Contenuto in glutine secco, proteine e indice di Zeleny (Spettroscopia nel vicino infrarosso, NIR INSTALAB 600);
- Fat adsorption capacity (FAC) (valutata utilizzando olio di girasole);
- Water holding capacity (WHC);
- Analisi alveografiche (Alveografo di Chopin);
- Solvent Retention capacity (SRC): la capacità di ritenzione dei solventi è un test di solvatazione per le farine basato sulla capacità di rigonfiamento delle frazioni polimeriche (amido, glutine e pentosani) in seguito all'aggiunta di soluzioni diluite di solventi (acqua, carbonato di sodio, saccarosio e acido lattico). Il meccanismo alla base della valutazione dell'SRC è la misura del cambiamento in peso, lunghezza o volume dei polimeri solvatati (Kweon et al., 2011).
- Capacità di ritenzione dell'acqua (WRC) è associata alla capacità complessiva di ritenzione idrica dei diversi elementi costitutivi della farina. La capacità di ritenzione della soluzione di carbonato di sodio (SCSRC) è legata ai livelli di amido danneggiato della farina. La capacità di ritenzione della soluzione di saccarosio (SuSRC) dipende

dalla concentrazione di arabinoxilani, infine la capacità di ritenzione della soluzione di acido lattico (LASRC) è associata alla formazione del network gluteninico e alla forza del glutine (Duyvejonck et al., 2012).

Preparazione degli impasti e dei prodotti finiti:

Per la preparazione dei campioni di pane sono stati utilizzati i seguenti ingredienti: farina di grano tenero Virgo, integrale, ottenuta attraverso l'impiego di un mulino di laboratorio (modello Billy 200, Hawos) (1000 g); acqua (700 g); olio extra vergine di oliva (32 g); lievito di birra fresco (30 g); sale fino (20 g) e zucchero (8,6 g). Il contenuto in acqua per la preparazione dei campioni di pane è stato mantenuto costante. Tutti gli impasti, sono stati quindi realizzati con un'idratazione al 70% e con un DY ((Peso farina + peso acqua) / peso farina) *100)) pari a 170.

Nel diagramma di flusso sottostante è stato indicato il processo produttivo utilizzato per la produzione dei campioni di pane.

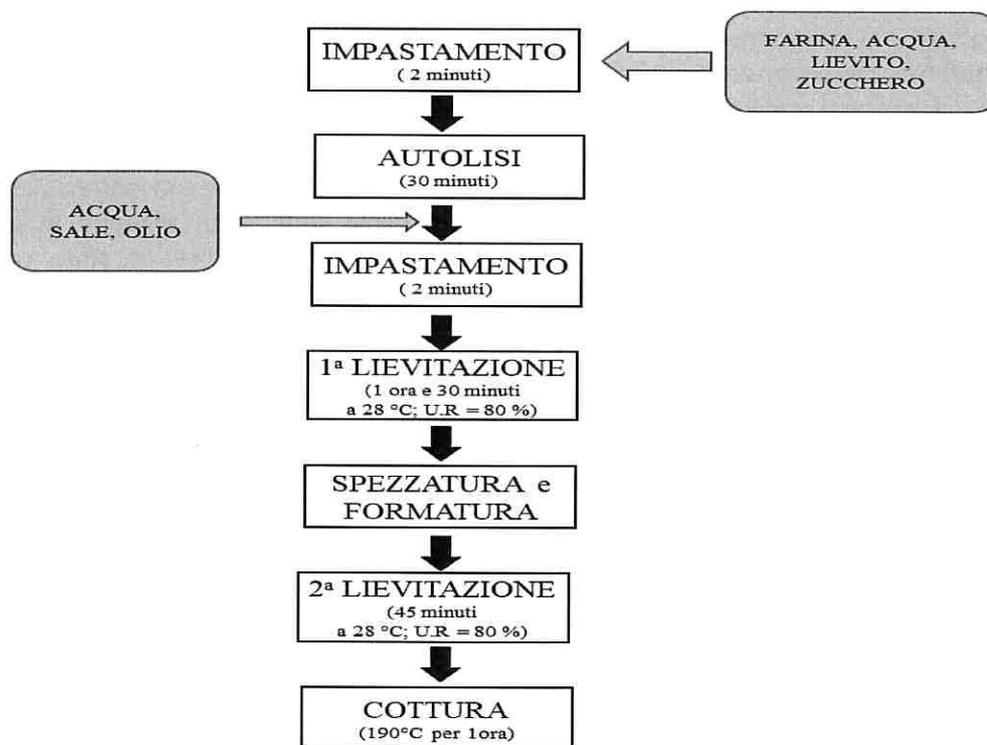


Diagramma di flusso del processo produttivo per la preparazione dei campioni di pane.

Nel primo impastamento sono stati miscelati: farina, il 90% del totale di acqua presente in formulazione, lievito di birra e zucchero per 2 minuti mediante impastatrice a spirale (modello Tauro, Sigma, Brescia, Italia). Al termine della fase di impastamento, l'impasto è stato mantenuto a riposo nella vasca dell'impastatrice per 30 minuti a temperatura ambiente al fine di favorire la fase di autolisi, durante la quale avviene l'autoevoluzione delle caratteristiche del glutine. Durante questo intervallo di tempo, la farina si idrata completamente e inizia lo sviluppo della maglia glutinica. Dopo questa fase la consistenza dell'impasto risulta liscia, elastica e malleabile, capace di assorbire maggiori quantità d'acqua. Il prodotto finito acquisisce così un volume maggiore e la sua mollica risulta molto sviluppata e soffice. Si hanno altresì benefici a livello organolettico (come gusto e profumo) e di conservabilità. Al termine della fase di autolisi sono stati aggiunti gli ingredienti rimanenti (il sale e l'acqua residua (10%)) e l'impasto è stato re-impastato per ulteriori 2 minuti. Alla fine dell'impastamento, l'impasto pronto è stato estratto dall'impastatrice e trasferito in contenitori per la fase lievitazione. La prima lievitazione è avvenuta in cella termostata con controllo dell'umidità relativa (Constant Climate Chambers con tecnologia Peltier- modello HPP 108/749, Memmert, Germany) per 1 ora e 30 minuti a 28°C e U.R = 80%. In seguito alla prima lievitazione, l'impasto (500 g) è stato spezzato e formato e posto in appositi contenitori in alluminio per la seconda lievitazione all'interno delle medesime celle, a 28°C e U.R = 80%. I campioni sono stati posti a lievitare per ulteriori 45 minuti. Alla fine della fase di fermentazione gli impasti formati e lievitati sono stati posti in forno elettrico compatto (AEG, Mod. Competence, Electrolux Appliances spa, Porcia (PN), Italia) e sottoposti a cottura per 1 ora a 190 °C. La

formulazione e il processo produttivo sono stati stabiliti in seguito a prove preliminari. I campioni cotti sono stati posti a raffreddare a temperatura ambiente ed analizzati dopo 2 ore.

I differenti campioni sono stati nominati come riportato in tabella.

Sigle dei campioni oggetto di sperimentazione.

Farina	Campione
Virgo Originale Cenacchi	VOC
Virgo Evolutivo Cenacchi	VEC
Virgo Originale Arvaia	VOA
Virgo Evolutivo Arvaia	VEA
Virgo Evolutivo Collina	VECol

Sugli impasti ottenuti sono state effettuate le seguenti determinazioni analitiche:

- Sviluppo in volume dell'impasto: i cilindri con all'interno l'impasto sono stati posti in cella termostata a 28°C e U.R. = 80 % per la durata della prima fase di fermentazione (90minuti). Lo sviluppo in volume è stato determinato ogni 15 minuti.

- Determinazioni reologiche fondamentali. Le proprietà strutturali dei campioni di impasto sono state valutate dopo 10 minuti di riposo dalla fase di impastamento, mediante misure in oscillatorio condotte sia a frequenza costante e deformazione variabile (tecnica *Strain Sweep*), sia a deformazione costante e frequenza variabile (tecnica *Frequency Sweep*), in un intervallo tra 0,1 e 10 Hz. Nel primo caso è stato individuato il campo di deformazione in cui il prodotto presentava un comportamento viscoelastico. Le misure a deformazione costante sono state, invece, impiegate per ricavare le relazioni esistenti tra frequenza di oscillazione e il modulo di accumulo G' (componente elastica del campione) e modulo dissipativo G'' (componente viscosa del campione).

- Determinazioni reologiche empirico-imitative (dopo 10 minuti di riposo dalla fase di impastamento): test di Kieffer (*Texture Analyser* mod. TA.HDi 500; Stable Micro System, Godalming, Surrey, UK, con accessorio Kieffer *dough & gluten extensibility rig (A/Kie)*). I parametri valutati sono stati i seguenti: il valore massimo (espresso in g) raggiunto dalla forza, che rappresenta la resistenza esercitata dal materiale all'estensione; la distanza (espressa in mm), calcolata sull'asse delle ascisse, a partire dal punto zero fino alla prima discesa verticale della curva (punto di rottura) e rappresenta la misura dell'estensibilità, ovvero la capacità dell'impasto di allungarsi senza rompersi; l'area sottesa alla curva (espressa in g·s), che rappresenta la forza dell'impasto.

- pH prima e dopo fermentazione, (pHmetro, modello 334-B della AMEL);

- contenuto in acqua determinato subito dopo la fase di impastamento, ponendo circa 1,4 g di campione in stufa 130°C fino a peso costante (Czuchajowska *et al.*, 1989).

Sui campioni di pane ottenuti sono state effettuate le seguenti determinazioni analitiche:

- contenuto in acqua: ponendo circa 3 g di campione di mollica in stufa a 105°C fino a peso costante (Peressini *et al.*, 2011);

- analisi colorimetrica crosta e mollica: la valutazione del colore è stata effettuata su 9 fette per ogni campione di pane (3 fette x 3 diverse pagnotte), tramite l'impiego di uno spettro-fotocolorimetro tristimolo mod. Colorflex (Hunterlab, USA) valutando i parametri L^* (luminosità: valori compresi tra 0 e 100, dove lo 0 è il nero e il 100 è il bianco); a^* (rappresenta l'asse del verde e del rosso dove i valori positivi sono dati dal rosso e quelli negativi dal verde); b^* (indica l'asse del blu e del giallo dove i valori positivi indicano il giallo e quelli negativi il blu).

- Caratteristiche strutturali dei campioni, tramite Tpa test utilizzando un Texture Analyser (mod. TA.HDi 500; Stable Micro System, Godalming, Surrey, UK). Dalla parte centrale di 3 pagnotte di pane sono state ottenute 3 fette con spessore di 2 cm dal quale si sono ottenuti rettangoli di mollica (2 cm x 3 cm) da sottoporre ad analisi. I parametri valutati sono stati i seguenti: durezza, coesività, capacità di recupero, elasticità e masticabilità.

- Analisi d'immagine: il sistema di acquisizione dell'immagine è composto dal sistema di illuminazione costituito da due lampade a fluorescenza D65 (60 cm di lunghezza) mod. Natural Day-light (Philips) con temperatura di colore di 6500 K; fotocamera digitale mod. D700 (Nikon, Shinjuku, Japan). Le immagini acquisite tramite fotocamera sono state elaborate mediante l'impiego di un software avanzato di Image Analysis (Image Pro-Plus v. 6.2, Media Cybernetics). È stata definita, per ogni fetta di pane, un'area di interesse standard (AOI), su cui sono stati selezionati alcuni parametri utili per la caratterizzazione delle fette dai quali è stato possibile ricavare:

- ✓ la percentuale della superficie alveolata;
- ✓ la percentuale della superficie non alveolata (area mollica);

All'interno della superficie alveolata sono stati determinati:

- ✓ la percentuale degli alveoli di differenti classi dimensionali;

Sono state determinate 5 differenti classi dimensionali, attraverso cui discriminare gli oggetti (alveoli) in base alla loro area.

Di seguito sono riportate le 5 classi dimensionali considerate (cm²):

- ✓ classe 1: alveoli con area compresa tra 0,0050 e 0,0250 cm²;
- ✓ classe 2: alveoli con area compresa tra 0,0251 e 0,250 cm²;
- ✓ classe 3: alveoli con area compresa tra 0,250 e 0,5 cm²;
- ✓ classe 4: alveoli con area compresa tra 0,5 e 1 cm²;
- ✓ classe 5: alveoli con area compresa tra 1 e 3 cm².

Elaborando le immagini acquisite, è stato inoltre determinato il rapporto di forma (*aspect ratio*), ricavando così un'indicazione sullo sviluppo in volume dei campioni (Demirkesen *et al.*, 2014).

- Test di accettabilità: è stato condotto da 27 consumatori di sesso maschile e femminile, di età compresa tra i 21 ed i 59 anni. Al momento dell'assaggio i campioni di pane sono stati tagliati in piccole fette e servite in forma anonima. Il test prevedeva una valutazione visiva, gustativa, olfattiva e complessiva dei cinque campioni di pane. Gli attributi utilizzati per la descrizione sensoriale dei campioni di pane sono stati scelti tra quelli più comunemente utilizzati per l'assaggio dei prodotti da forno. In particolare, sono stati scelti gli attributi maggiormente qualificanti per questa tipologia di prodotto, ovvero: accettabilità visiva, accettabilità olfattiva, accettabilità gustativa, accettabilità di texture. I giudizi sono stati espressi mediante un valore numerico finale utilizzando una scala che andava da 1 (estremamente sgradevole) a 9 (estremamente gradevole), con un limite di accettabilità che corrispondeva per ogni descrittore a valori maggiori o uguali a 5 (Kiumarsi *et al.*, 2019).

4.4. Analisi statistica

I dati raccolti agronomici e nutrizionali sono stati elaborati statisticamente tramite l'Analisi della Varianza (ANOVA) a due vie; per ognuno dei parametri analizzati è stata studiata la significatività dell'effetto del genotipo e della stagione di crescita, come anche dell'interazione tra questi fattori indipendenti. La significatività delle differenze tra le medie (riscontrata nell'ANOVA), per ogni genotipo ed anno è stata determinata utilizzando il test statistico di Student-Newman-Keuls, con $P < 0.05$. Al fine di evidenziare possibili correlazioni tra i diversi parametri analizzati, specialmente tra quelli nutrizionali, è stato calcolato (tra i differenti parametri) il *Pearson Product Moment Correlation Coefficient* (r), che esprime il grado di correlazione lineare tra due variabili indipendenti, considerandolo significativo per valori di $P < 0.05$.

Per l'elaborazione dei dati relativi alle caratteristiche delle farine e dei pani, mediante analisi della varianza (ANOVA) con confronto LSD Fischer (Least Significant Difference) sono state valutate le differenze tra le medie dei valori ricavati dai diversi campioni in analisi. Per tale analisi è stato utilizzato il programma "Statistica per Windows" versione 7.0 (Statsoft, Tulsa, UK).

	PROTEINE	AMIDO	LIPIDI
Anno	***	***	***
2017	17,72 c	55,8 c	5,13 a
2018	14,7 a	56,94 b	3,36 b
2019	13,37 b	58,3 a	3,45 b
Azienda	***	***	ns
Cà de Fiori	13,24 b	57,15 b	4,00
La collina	15,06 a	56,01 c	3,95
Arvaia	13,04 bc	58,67 a	4,00
Cenacchi	12,96 c	58,55 a	3,98
Varietà	***	***	***
Inalettabile	13,82 c	58,61 a	4,15 b
Verna	14,9 a	56,7 e	4,2 ab
Gentil Rosso	13,34 d	57,26 d	3,95 c
Andriolo	13,31 d	57,27 d	3,74 de
Frassineto	14,4 b	57,53 cd	4,31 a
Bioadapt originale	12,84 e	57,85 bc	3,88 cd
Bioadapt evolutivo	12,67 e	58,1 b	3,69 e
Azienda per anno	***	*	***
Anno per varietà	***	***	*
Azienda per varietà	***	***	**
Azienda per varietà per anno	***	***	***

Tabella 14 - Dati nutrizionali: Proteine (g/100g); Amido (g/100g); Lipidi (g/100g). N.B.-I valori indicati dalla stessa lettera non sono significativamente differenti. N.B. 2- ns = Non significativo, *= P<0.05, ** = P < 0.01, *** = P< 0.001.

4.5 RISULTATI

Per ciascuna varietà/popolazione in prova nelle 4 aziende, e per ciascuna annata agraria, sono state analizzati 2 campioni di granella (ciascuno in duplicato). La granella raccolta durante le fasi di campionamento in pieno campo è stata pulita e macinata integralmente (100%) tramite mulino a pietra.

Il contenuto proteico è uno dei parametri nutrizionali più importanti poiché viene utilizzato per determinare la classe di commercializzazione del prodotto finale. Diversi studi hanno dimostrato che non esiste una differenza sostanziale, nel contenuto totale di proteine, tra frumenti antichi e moderni. Tuttavia, sono evidenti differenze in merito alla forza del glutine; i frumenti antichi infatti presentano valori mediamente valori estremamente bassi e spesso inferiori a 100 (10^{-4} J), mentre i frumenti moderni presentano caratteristiche tecnologiche superiori con valori di W compresi tra 200 e 350 (10^{-4} J) (De Santis et al., 2017; Shewry e Hey, 2015). Queste caratteristiche hanno portato alcuni studiosi ad interessarsi della tematica e a valutare un possibile coinvolgimento della componente

proteica in relazione ad aspetti legati alle intolleranze alimentari (Shewry e Hey, 2015). Ad oggi il mondo scientifico risulta ancora piuttosto diviso su questo aspetto e pertanto occorreranno ulteriori studi per chiarire in modo univoco e definitivo l'origine di tali intolleranze. È tuttavia innegabile che l'interesse da parte del consumatore per prodotti salutari sia elevato: a tale riguardo alcuni studi hanno dimostrato che le farine derivanti da frumenti antichi presentano caratteristiche nutrizionali ed antiossidanti di alta qualità (Dinelli et al., 2009). Il contenuto proteico della granella presenta delle differenze significative per tutti e tre i fattori indipendenti (anno, azienda, genotipo). Nel corso delle annate si registra un contenuto proteico medio complessivo pari a 17,72 g/100g nell'annata 2016-2017, 14,7 g/100g nell'anno successivo e 13,37 g/100g per l'anno 2018-2019 (Tabella 14). Dalle analisi effettuate si può osservare come il contenuto proteico della granella sia diminuito nel corso delle tre annate agrarie oggetto di studio, ovvero in concomitanza di annate caratterizzate da abbondanti precipitazioni (annate agrarie 2017-2018 e 2018-2019). Viceversa, nella prima annata agraria (2016-2017), più siccitosa rispetto alle due annate successive, si sono osservati i valori proteici più elevati. Tale andamento risulta in linea con alcuni studi scientifici che affermano che frequenti precipitazioni possono favorire l'accumulo di proteine nel frumento (Arzani e Ashraf, 2017).

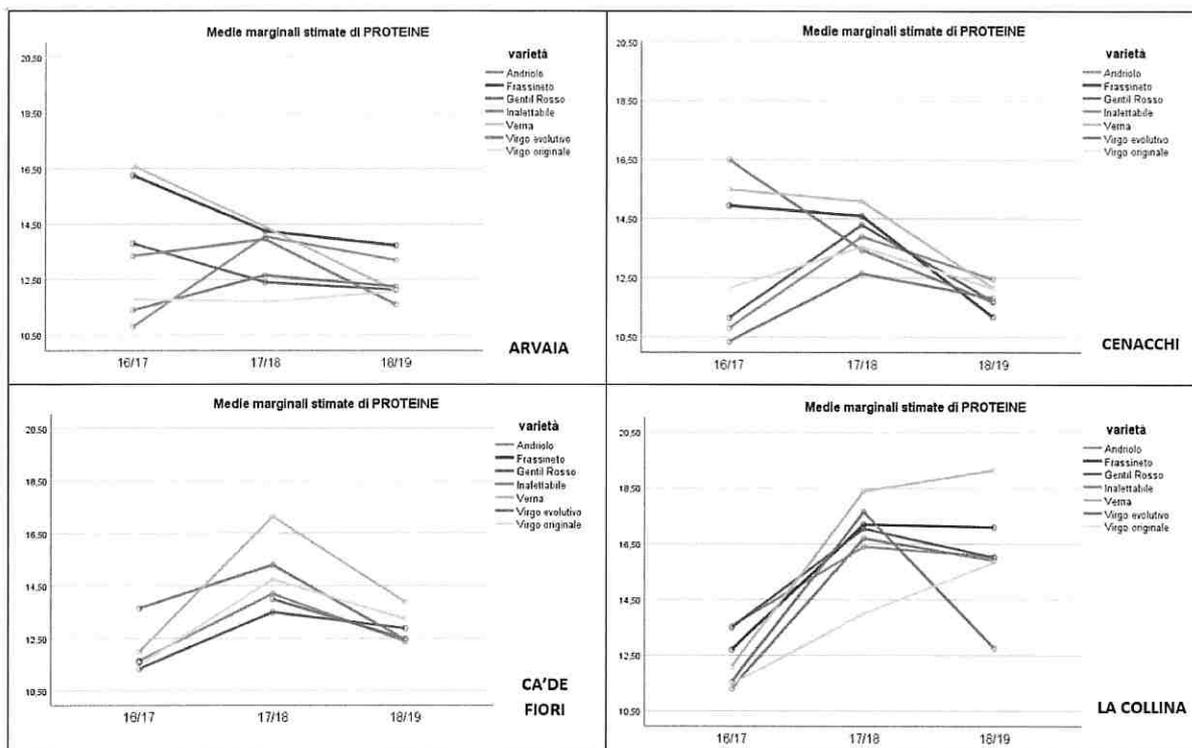


Figura 17 – Confronto medie marginali del contenuto proteico di ogni varietà e popolazione coltivata, in ogni singola azienda nelle tre annate oggetto di studio

La variabilità delle precipitazioni registrate nel periodo di sperimentazione e le diverse condizioni climatiche in cui si collocano le singole aziende hanno determinato differenze significative anche in funzione dell'areale di coltivazione: presso l'azienda agraria La collina si è registrato il contenuto medio proteico più elevato (15,06 g/100g), mentre il valore più basso è stato osservato presso l'azienda Cenacchi (12,96 g/100g). Analizzando i risultati ottenuti per i differenti genotipi, si può vedere come il contenuto medio proteico sia in linea con i valori medi riportati in letteratura (Ghiselli et al., 2010). Nello specifico, le popolazioni Bioadapt originale e Bioadapt evolutivo presentano valori medi inferiori rispetto alle varietà in purezza, ma risultano essere più stabili (figura 17): esse infatti presentano, nel corso delle tre annate agrarie, valori tra loro uniformi che permettono di osservare come le popolazioni risultino risentire meno alle "oscillazioni meteorologiche" osservate nel corso del progetto. Alcune delle varietà in purezza (Verna, Frassineto e Inalettabile), in determinati contesti produttivi, riescono a raggiungere valori estremamente elevati (>16%), tuttavia, in condizioni ambientali difficili (ad es. elevata piovosità) la quota proteica diminuisce in modo più che rilevante (< 12%).

Il contenuto in amido ha presentato differenze significative tra le annate, gli areali di coltivazione e i genotipi (Tabella 18). In maniera del tutto invertita rispetto a quanto osservato per le proteine, il contenuto in amido ha fatto registrare i valori più bassi nella prima annata agraria (55,8 g/100g) e valori più elevati per l'anno 2017-2018 (56,94 g/100g), e per l'anno 2018-2019 (58,3 g/100g). Osservando le località di coltivazione, si può osservare come le aziende collocate ad altitudini inferiori abbiano ottenuto un contenuto amilaceo superiore, ovvero Arvaia (58,67 g/100g) e Cenacchi (58,55 g/100g), rispetto a quelle collocate in zone collinari, quali La collina (56,01 g/100g) e Ca' dei fiori (57,15 g/100g).

La varietà che ha fatto registrare il valore più alto in amido è risultata l'Inalettabile (58,61 g/100g), mentre quella con il contenuto più basso il Verna (56,7 g/100g).

Per quanto riguarda il contenuto totale di lipidi, mediante analisi statistica, non sono state riscontrate differenze in relazione all'areale di coltivazione, ma si sono evidenziate differenze significative tra le annate di produzione e i genotipi. (Tabella 18). Nel corso delle annate agrarie si è quindi registrato un contenuto lipidico medio pari a 5,13 g/100g per l'anno 2016-2017, 3,36 g/100g per l'annata successiva (2017-2018) e 3,45 g/100g nell'anno 2018-2019.

Anno	IDF	SDF	TDF
	***	***	***
2017	14,96 b	4,667 a	19,62 b
2018	16,94 a	4,438 b	21,38 a
2019	17,26 a	4,177 c	21,44 a
Azienda	*	ns	*
Cà de Fiori	15,96 c	4,383 ab	20,34 b
La collina	16,77 a	4,318 b	21,09 a
Arvaia	16,65 ab	4,541 a	21,19 a
Cenacchi	16,06 bc	4,456 a	20,52 ab
Varieta	***	ns	***
Inalettabile	15,32 d	4,292 b	19,61 d
Verna	17,28 a	4,296 b	21,57 a
Gentil Rosso	16,1 bcd	4,531 ab	20,63 bc
Andriolo	16,88 ab	4,366 b	21,25 ab
Frassineto	15,71 cd	4,521 ab	20,23 cd
Bioadapt originale	16,47 bc	4,658 a	21,13 ab
Bioadapt evolutivo	16,83 ab	4,34 b	21,17 ab
Azienda per anno	***	***	***
Anno per varietà	ns	***	ns
Azienda per varietà	ns	*	ns
Azienda per varietà per anno	ns	***	ns

Tabella 15 - Fibra insolubile (IDF), solubile (SDF), totale (g/100g). N.B.-I valori indicati dalla stessa lettera non sono significativamente differenti. N.B. - ns = Non significativo, * = P<0.05, ** = P < 0.01, *** = P< 0.001

Si può quindi osservare come il contenuto medio di lipidi sia risultato allineato all'andamento del contenuto proteico. Infine, le varietà con il contenuto lipidico più alto, in modo simile rispetto a quanto osservato per le proteine, sono risultate Frassineto (4,31 g/100g), Verna (4,2 g/100g) e Inalettabile (4,15 g/100g).

Analizzando la tabella 15 si osserva come il contenuto in fibra insolubile (IDF), il contenuto in fibra solubile (SDF) e il contenuto in fibra totale (TDF) siano influenzati significativamente dall'annata agraria.

Si può infatti notare che, sia per IDF che per TDF, il contenuto medio più elevato si sia registrato nell'annata 2018-2019 (rispettivamente 17,26 g/100g e 21,44 g/100g); viceversa, il comportamento di SDF è risultato opposto, mostrando i valori medi più bassi nell'annata agraria 2018-2019 (4,18 g/100g).

Per l'areale di coltivazione si sono osservate differenze statistiche significative per le componenti IDF e

TDF: il contenuto in fibra insolubile ha raggiunto il valore medio più elevato presso l'azienda agricola La collina (16,77 g/100g), mentre i valori di fibra totale più elevati si sono registrati presso l'azienda agricola Arvaia (21,19 g/100g). Infine, presso l'azienda Ca' dei Fiori, si sono osservati i valori più bassi sia per IDF che per TDF (rispettivamente 15,96 g/100g e 20,34 g/100g). E' pertanto ipotizzabile che l'altitudine a cui si colloca tale azienda abbia influenzato in modo negativo il contenuto di fibra totale e il contenuto in fibra insolubile. Il fattore genotipo infine, presenta una forte significatività statistica per il contenuto di IDF e TDF, ma non per SDF. Verna ha ottenuto i valori più alti sia per IDF (17,28 g/100g) che per TDF (21,57 g/100g), mentre la varietà Inalettabile i valori più bassi di IDF (15,32 g/100g) e TDF (19,61 g/100g).

L'interazione tra i fattori località di coltivazione e annata agraria risultano essere statisticamente significativi per tutte e tre le componenti della frazione proteica (IDF, SDF, TDF); le altre interazioni non presentano differenze significative nel caso di IDF e TDF, mentre presentano forte significatività statistica nel caso di SDF.

La percentuale di fibra contenuta nelle farine di frumento dipende innanzitutto dal loro grado di abburattamento: alcuni studi hanno infatti dimostrato che farine integrali presentano una percentuale di fibre superiori del 9% rispetto alle altre farine, pertanto, per ottenere i massimi benefici dalle proprietà salutistiche della fibra, se ne consiglia il loro consumo (Scalfi e Montagnese, 2010).

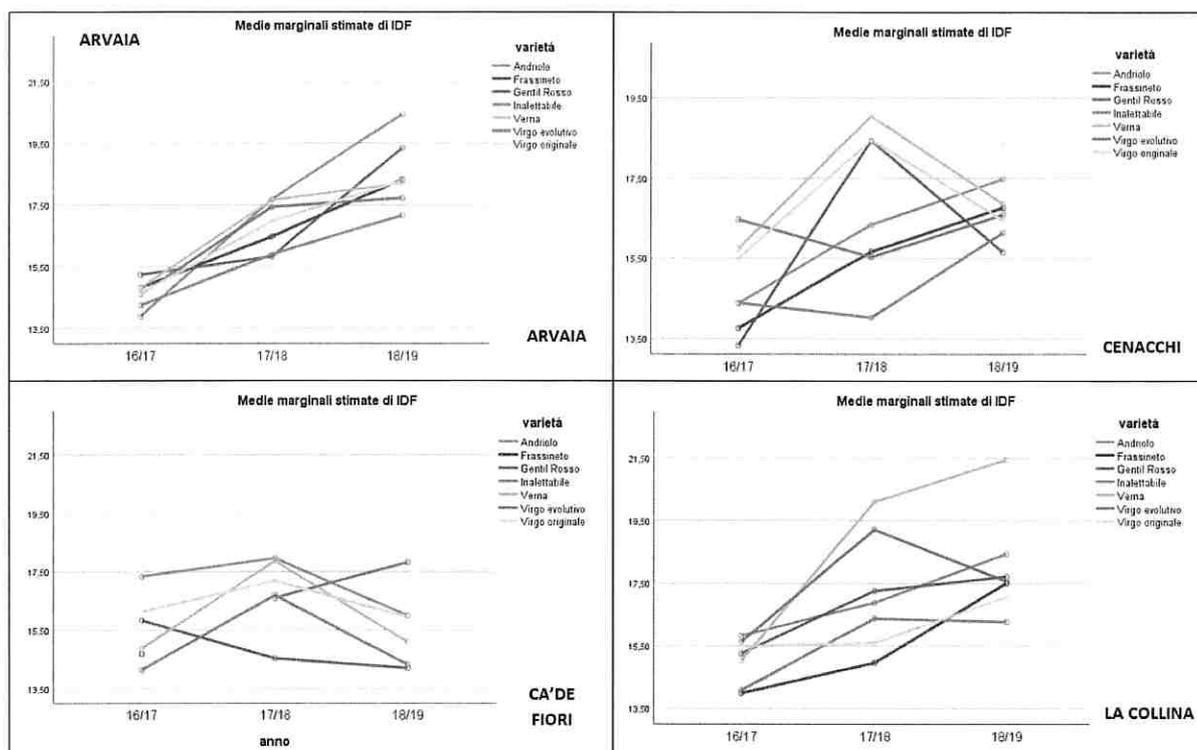


Figura 18 – Confronto medie marginali del contenuto in fibre insolubili (IDF) di ogni varietà e popolazione coltivata, in ogni singola azienda nelle tre annate oggetto di studio

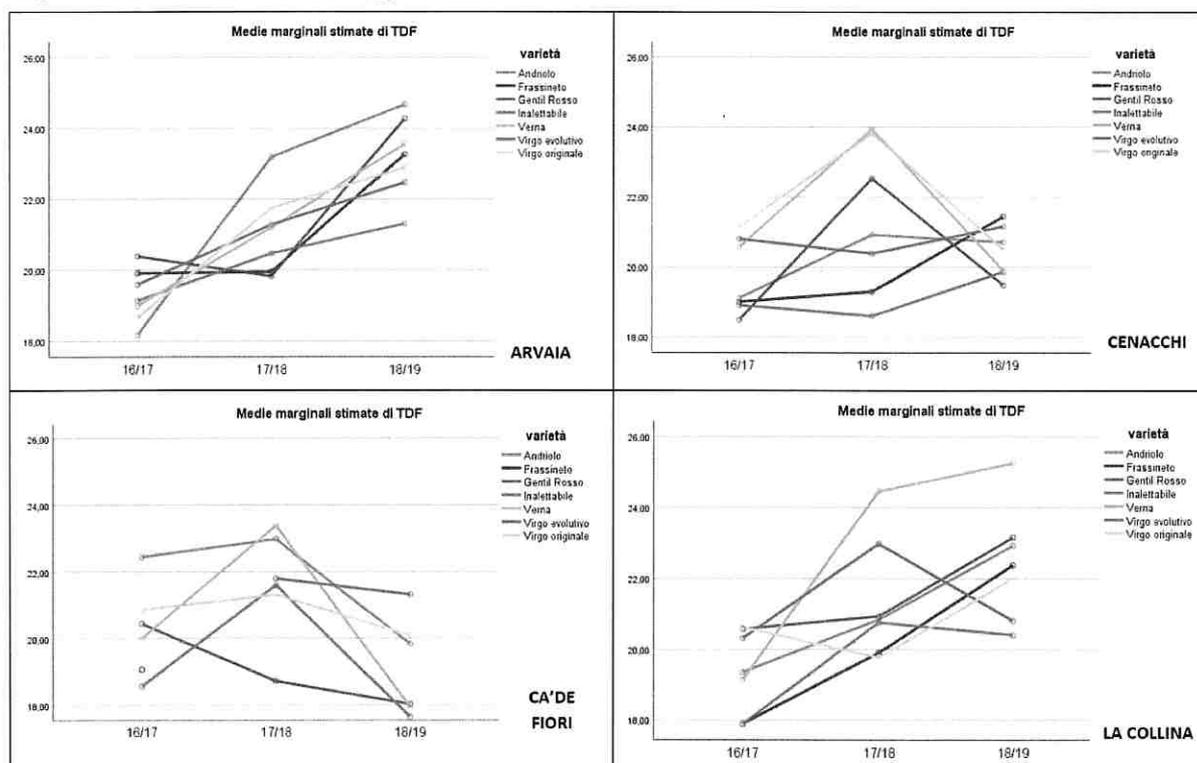


Figura 19 – Confronto medie marginali del contenuto in fibre totali (TDF) di ogni varietà e popolazione coltivata, in ogni singola azienda nelle tre annate oggetto di studio

Le componenti IDF e TDF hanno registrato valori più alti nelle annate di sperimentazione 2017-2018 e 2018-2019, ovvero quelle in cui le piogge cumulate sono risultate nettamente superiori rispetto alla prima annata oggetto di studio. A tal proposito, attualmente sono disponibili scarse informazioni in letteratura riguardo a quali effetti ambientali incidano sull'accumulo di fibra nella cariosside (Shewry et al., 2010). Il contenuto di fibra insolubile IDF, rispetto al contenuto in fibra solubile (SDF), è la frazione che maggiormente influisce sul contenuto finale in fibra (TDF). Osservando il singolo genotipo, si può vedere come le varietà in purezza e le popolazioni Biodapt originale

e Bioadapt evolutivo mostrino contenuti in IDF e TDF superiori rispetto a quelli riportati in letteratura (Arzani et al., 2017). Anche per la fibra, le popolazioni evolutive sono risultate molto stabili, ovvero con valori medi nelle tre annate oggetto di studio omogenei tra loro (Figura 18-19).

In uno studio condotto da Scalfi e Montagnese (2010) si è osservato come farine integrali derivanti da frumenti antiche presentino una concentrazione in fibre maggiore rispetto a quelle derivanti da frumenti moderni: tale dato può essere correlabile alla diversa dimensione delle cariossidi, le quali, essendo inferiori nei frumenti antichi, possono determinare una maggior concentrazione in elementi fibrosi nelle farine.

I polifenoli sono composti del metabolismo secondario fondamentali per il corpo umano in quanto contrastano l'azione dei radicali liberi, svolgono l'azione di antinfiammatori-antivirali e regolano il livello del colesterolo nel sangue (Dinelli et al., 2011). Il contenuto in polifenoli free (FP) è risultato altamente significativo per l'annata agraria, per il genotipo e per l'areale di coltivazione (Tabella 16).

Nell'annata 2016-2017 si è registrato un valore medio in polifenoli free pari a 175,6 g/100g, in quella successiva 176,3 g/100g (2017-2018) e 105,2 g/100g nell'ultima annata agraria (2018-2019). L'azienda agraria che ha registrato il valore più alto in contenuto medio di polifenoli free è risultata essere Cenacchi (164,6 g/100g), mentre quella con il valore più basso l'azienda Ca' dei Fiori (138,7 g/100g).

Dall'analisi delle singole varietà si è osservato che l'accessione con il maggior contenuto in polifenoli free è il Verna (161,9 g/100g), mentre la varietà con i contenuti medi più bassi è risultata l'Andriolo (143,2 g/100g).

Anno	FP	BP	TP	FF	BF	TF	FRAP
	***	***	***	***	***	***	***
2017	175,6 a	125,4 b	301,1 b	117,33 a	21,33 b	138,7 b	10,139 a
2018	176,3 a	139,7 a	316 a	109,52 b	54,74 a	164,3 a	0,8793 b
2019	105,2 b	89,4 c	194,5 c	56,81 c	22,78 b	79,6 c	0,8544 c
Azienda	***						
Ca' de Fiori	138,7 d	128,6 b	267,3 c	91,82 b	32,35 a	124,2 c	0,9206 b
La collina	156,4 b	80,7 c	237,1 d	91,84 b	24,1 b	115,9 d	0,8211 c
Arvaia	146,2 c	127,1 b	273,3 b	95,53 a	41,3 a	136,8 a	0,9814 a
Cenacchi	164,6 a	138,9 a	303,5 a	98,25 a	33,95 a	132,2 b	0,9412 b
Varietà	***						
Inalettabile	159,7 a	122 a	281,7 a	96,15 b	32,58 b	128,7 bc	0,923 abc
Verna	161,9 a	121,6 a	283,5 a	108,05 a	34,87 ab	142,9 a	0,9289 abc
Gentil Rosso	150,2 b	119,7 ab	269,8 b	88,22 cd	32,24 b	120,5 d	0,9385 ab
Andriolo	143,2 c	119,8 ab	263 bc	89,69 cd	31,76 b	121,5 d	0,9531 a
Frassineto	156,9 a	103,8 c	260,7 c	104,85 a	28,35 c	133,2 b	0,8147 d
Bioadapt originale	147,2 bc	119,6 ab	266,8 bc	90,37 c	35,79 a	126,2 c	0,9158 bc
Bioadapt evolutivo	148 bc	116,2 b	264,2 bc	86,08 d	33,97 ab	120 d	0,9055 c
Azienda per anno	***						
Anno per varietà	***	***	***	***	***	***	*
Azienda per varietà	***	**	***	***	***	***	***
Azienda per varietà per anno	***						

Tabella 16 - Polifenoli liberi (FP), legati (BP), totali (TP); Flavonoidi liberi (FP), legati (BP), totali (TF) (g/100g) e Frap (mmol Fe₂₊/100 g. N.B.-I valori indicati dalla stessa lettera non sono significativamente differenti. N.B. 2- ns = Non significativo, * = P<0,05, ** = P < 0,01, *** = P< 0,001

Per quanto riguarda i polifenoli bound (BP), essi sono risultati statisticamente significativi per tutti e tre i fattori indipendenti (anno, azienda, genotipo), come indicato dalla tabella 16.

Osservando l'influenza dell'annata agraria, si può notare come l'annata 2017-2018, così come per FP, è risultata quella con il contenuto in BP medi più alta (139,7 g/100g), rispetto ai 125,4 g/100g dell'annata 2016-2017 e agli 89,4 g/100g del 2018-2019. Per quanto riguarda le località invece, l'azienda agraria Cenacchi ha fatto osservare i valori più alti (138,9 g/100g), mentre l'azienda La Collina i valori più bassi (80,7 g/100g). Il genotipo, infine, che si

è caratterizzato per il contenuto di polifenoli bound più elevato è stato Inalettabile (122 g/100g), mentre quello con il contenuto inferiore è risultato il Frassineto (103,8 g/100).

Analizzando l'andamento nelle tre annate agrarie si può osservare come il contenuto totale in polifenoli abbia raggiunto i valori più elevati nelle annate 2016-2017 e 2017-2018, per poi diminuire in maniera evidente nell'ultima annata (2018-2019). Tale dato non risulta direttamente correlabile solo con le condizioni meteo, ma è ipotizzabile che ulteriori fattori (anche di natura biotica) possano avere determinato una contrazione significativa nel corso della terza annualità di progetto. Va evidenziato, infatti, che nella terza annata, tutte le accessioni in studio hanno registrato un calo sia nel contenuto proteico che nel peso ettolitrico, mettendo in luce condizioni di crescita non ottimali per il corretto riempimento della cariosside. È quindi ipotizzabile che sia il metabolismo primario che il secondario abbiano risentito di tali condizioni. A livello genotipico, le popolazioni Bioadapt originale e Bioadapt evolutivo presentano un contenuto in polifenoli molto simile a quello delle varietà coltivate in purezza (Figura 20).

Infine, va evidenziato come i dati medi registrati nel corso del Progetto BIOADAPT risultino più bassi rispetto a quelli riscontrati nelle precedenti ricerche svolte da Dinelli et al., (2011). È chiaro pertanto che i meccanismi di attivazione della sintesi di composti del metabolismo secondario dipendano solo in parte dal genotipo, mentre, per quanto riguarda gli effetti abiotici, non sono ancora del tutto noti.

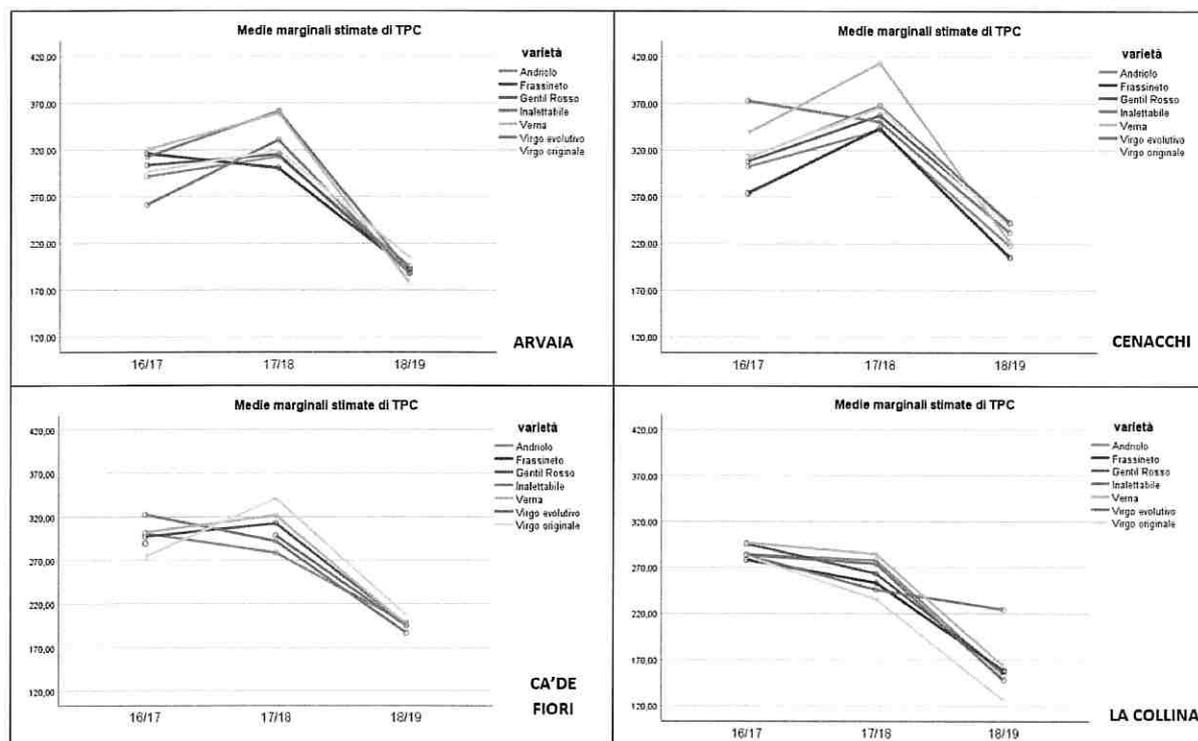


Figura 20 – Confronto medie marginali del contenuto in Polifenoli totali (TP) di ogni varietà e popolazione coltivata, in ogni singola azienda nelle tre annate oggetto di studio

I flavonoidi sono una classe di composti appartenenti alla famiglia dei polifenoli, conferiscono l'aroma caratteristico al frumento e svolgono funzioni antiossidanti e antinfiammatorie per il corpo umano (Di Gioia et al., 2014).

Per quanto riguarda i flavonoidi liberi (FF), come si evince dalla tabella 16, essi presentano significatività statistica per tutti e tre i fattori indipendenti (annata agraria, genotipo, località di coltivazione). In modo del tutto simile a quanto osservato per i polifenoli, anche per i flavonoidi si è osservata una progressiva riduzione nel contenuto medio: 117,33 g/100g nella prima annata agraria (2016-2017), 109,52 g/100g nell'annata 2017-2018, 56,81 g/100g nella terza annata (2018-2019). La località di coltivazione che registra il valore medio massimo di flavonoidi liberi è l'azienda Cenacchi (98,25 g/100g), mentre quella con il valore più basso è l'azienda Ca' dei Fiori (91,82 g/100g). Da un punto di vista varietale, i genotipi che si sono distinti per il contenuto di flavonoidi liberi sono stati il Verna (108,05 g/100g) e il Frassineto (104,85 g/100g), i quali si sono discostati in maniera significativa da tutte le restanti varietà/popolazioni. Osservando i flavonoidi bound (BF), i quali presentano allo stesso modo significatività statistica per tutti e tre i fattori, si può notare un aumento rilevante nell'annata agraria 2017-2018 (54,74 g/100g)

rispetto all'annata 2016-2017 (21,33 g/100g) e l'annata 2018-2019 (22,78 g/100g).

In questo caso, in riferimento all'areale di coltivazione, solo l'azienda La collina ha fatto registrare valori statisticamente più bassi rispetto alle altre località (24,1 g/100g). Infine, le popolazioni Bioadapt (originale e evolutivo) e il Verna hanno fatto registrare i valori più elevati di flavonoidi bound (Tabella 16).

Complessivamente, l'andamento dei flavonoidi è risultato del tutto simile a quanto osservato per i polifenoli: anche in questo caso infatti, i valori più elevati si sono osservati nella seconda e nella prima annata agraria (rispettivamente pari a 164,3 g/100g e 138,7 g/100g), mentre valori decisamente più bassi si sono osservati nella terza annata (79,6 g/100g). Anche in merito alla località di coltivazione, si può affermare che le aziende Arvaia e Cenacchi abbiano ottenuto i valori più elevati sia di polifenoli totali che di flavonoidi totali. Viceversa, l'azienda La collina e Ca'de Fiori, hanno fatto registrare, in entrambi i casi i valori più bassi. Da un punto di vista genotipico, le varietà in purezza presentano generalmente un contenuto in flavonoidi maggiore rispetto al contenuto delle popolazioni Bioadapt originale e Bioadapt evolutivo. In particolare, la varietà Gentil Rosso è risultata essere la più stabile e probabilmente la più idonea a crescere in ambienti caratterizzati da intense precipitazioni in riferimento al contenuto totale di flavonoidi (Figura 21).

I valori medi della sperimentazione sono in linea con quelli riportati in letteratura (Dinelli et al., 2011), anch'essa condotta in regime di agricoltura biologica.

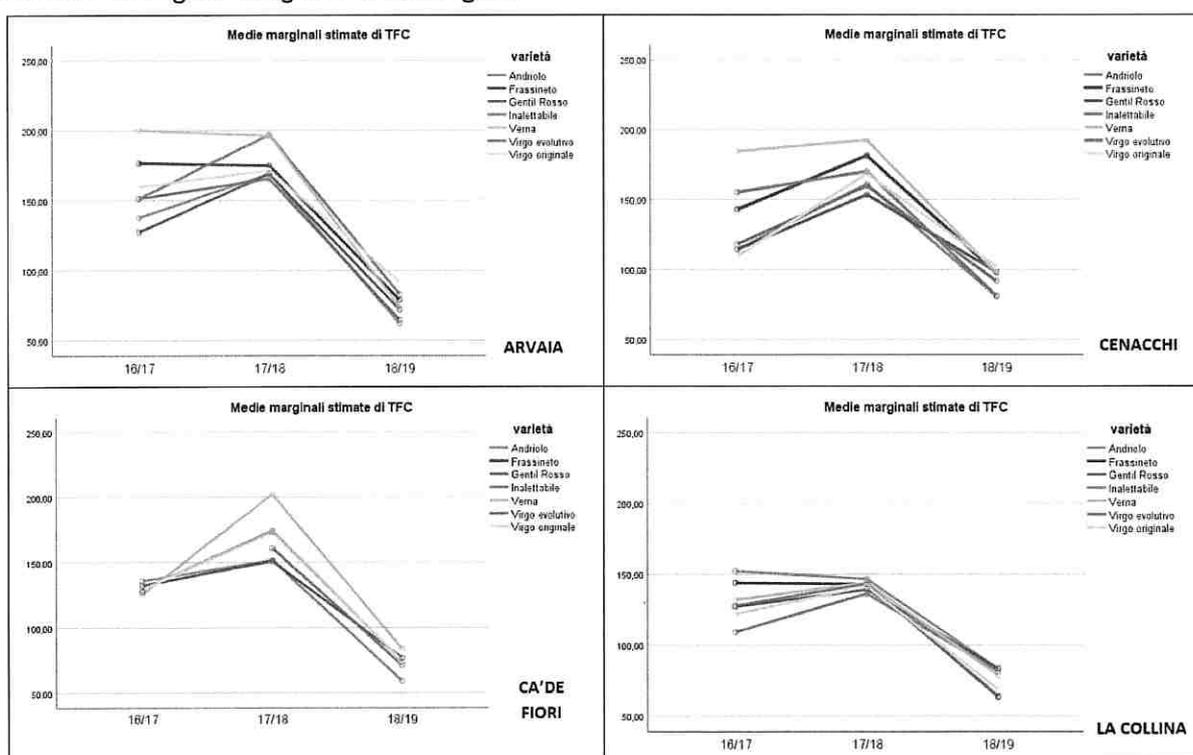


Figura 21 – Confronto medie marginali del contenuto in flavonoidi totali (TF) di ogni varietà e popolazione coltivata, in ogni singola azienda nelle tre annate oggetto di studio

L'analisi statistica ha rilevato differenze significative tra i valori dell'annata agraria, dell'areale di coltivazione e del genotipo. Si può osservare dalla tabella 16 una forte diminuzione dell'attività antiossidante (FRAP) nel corso del periodo oggetto di studio: nella prima annata agraria il FRAP è risultato pari a 1,01 Fe²⁺/100 g, per diminuire drasticamente nelle due annate successive, raggiungendo valori pari a 0,89 Fe²⁺/100 g (2017-2018) e 0,85 Fe²⁺/100 g (2018-2019). I diversi ambienti di coltivazione vedono differenze significative che permettono di constatare che presso l'azienda agraria Arvaia si è raggiunto il valore medio più elevato del FRAP (0,98 Fe²⁺/100 g). In termini varietali, il genotipo che presenta livelli medi di attività antiossidante più alti è l'Andriolo (0,95 Fe²⁺/100 g). L'attività antiossidante (FRAP), a differenza del contenuto totale di polifenoli e flavonoidi, è risultata massima per la stagione 2016-2017: si può ipotizzare che l'andamento stagionale, povero di precipitazioni rispetto alle altre due annate oggetto di studio, probabilmente abbia influenzato l'attività antiossidante. Analizzando le medie dei singoli genotipi delle varietà coltivate in purezza e delle popolazioni Bioadapt evolutivo e Bioadapt originale si può affermare che siano leggermente inferiori rispetto alle medie riportate in letteratura (Di Loreto et al., 2018). Per questo parametro, le popolazioni evolutive sono risultate mediamente stabili.

4.5.2 Conclusioni Analisi nutrizionali

Dal punto di vista nutrizionale, si può osservare come l'incidenza dei patogeni e il livello di infestanti registrati presso l'azienda agraria Cenacchi abbia portato le piante a rispondere agli stress biotici con l'accumulo di metaboliti secondari (polifenoli, flavonoidi).

Dal punto di vista genotipico invece si è potuto osservare come le popolazioni Bioadapt evolutivo e Bioadapt originale siano riuscite ad adattarsi ai diversi areali di coltivazione e alle diverse condizioni metereologiche con cui si sono imbattute: entrambe le popolazioni infatti mantengono valori di resa molto stabili nel corso delle tre annate oggetto di studio, così come per i valori nutrizionali analizzati; per questo motivo entrambe potrebbero rappresentare una valida alternativa per gli agricoltori che possono quindi scegliere quale varietà o popolazione utilizzare, a seconda della propria programmazione aziendale.

Le varietà in purezza, contrariamente, sono in grado di ottenere rese molto più elevate se si trovano nelle condizioni ideali di crescita come nel caso dell'Andriolo, che ha toccato le 7,5 t/ha presso l'azienda agraria Arvaia. Si è però visto come queste varietà non siano stabili nel tempo, ovvero presentano una forte eterogeneità nei dati analizzati; questo dimostra come le varietà di frumento utilizzate siano in grado di adattarsi in maniera accettabile ai diversi areali di coltivazione e alle diverse condizioni ambientali, seppur in maniera ridotta rispetto alle popolazioni evolutive. Si segnala infine il risultato ottenuto dalla varietà Verna che presenta i valori più alti in termini nutrizionali, nello specifico il contenuto proteico, il contenuto in fibre alimentari, il contenuto di polifenoli e flavonoidi.

4.5.3 Saggi in vitro

L'infiammazione gioca un ruolo determinante nello sviluppo e nell'esito di numerose patologie (cardiovascolari, neuro-degenerative, autoimmuni, tumorali). Tali infiammazioni sono associabili a marcatori dell'infiammazione che svolgono prevalentemente un'azione di attivazione e regolazione delle cellule infiammatorie. Per gli studi in vitro è stato scelto di utilizzare la linea di cellule epiteliali derivanti dal colon Caco2 (ATCC, clone HTB37), invece della linea NCM460 (come precedentemente invece indicato), perché le cellule Caco2 sono quelle che meglio riflettono il fenotipo del tessuto epiteliale intestinale in vitro (Natoli M et al., 2012; Ceriotti and Meloni 2014). Le cellule Caco2 sono state coltivate in terreno di base DMEM arricchito con il 10% di siero fetale bovino (FBS) e 1% di penicillina-streptomomicina.

Saggio di tossicità (MTT assay)

Prima di studiare il potenziale anti-infiammatorio dei polifenoli estratti presi in esame, è stato necessario verificare che il modello cellulare utilizzato fosse quello corretto, mediante il test di tossicità sulle cellule intestinali Caco2. In particolare, le cellule sono state seminate nel loro terreno di coltura in una piastra multiwell da 96 pozzetti alla concentrazione di 10.000 cellule/pozzetto. Per ogni trattamento sono stati seminati 6 pozzetti e ogni esperimento è stato ripetuto 3 volte. 24 ore dopo la semina, alle cellule è stato cambiato il terreno e sono stati aggiunti i polifenoli alla concentrazione di 2.5ug GAE/ml estratti da 10 varietà di frumento coltivate. 4 ore dopo il trattamento è stato aggiunto l'LPS alla concentrazione di 1mg/ml. L'acido ferulico (FA) è stato utilizzato come controllo della attività dei polifenoli estratti, mentre come controllo negativo è stato utilizzato l'LPS da solo. 24 ore dopo il trattamento, è stato eseguito il saggio MTT. Brevemente: alle cellule è stato tolto il terreno e aggiunta la soluzione MTT (1mg/ml in DMEM, Life Technologies) a 37°C per 2 ore. Il colorante al formazano è poi stato solubilizzato mediante l'utilizzo di isopropanolo ed analizzato mediante uno spettrofotometro alla lunghezza d'onda di 570 nm. I risultati ottenuti come O.D. sono stati espressi come percentuale rispetto al controllo non trattato.

Dal test di tossicità in Figura 22 si è potuto osservare come l'LPS da solo riduca in modo significativo la proliferazione delle cellule Caco2 rispetto al controllo non trattato. Il pre-trattamento con i polifenoli estratti dalle varietà Virgo_Evo_Cà dei Fiori e Andriolo e l'acido ferulico risultano proteggere le cellule dall'effetto tossico indotto dall'LPS da solo. La proliferazione delle cellule intestinali Caco2 con il pre-trattamento dei polifenoli estratti dalle altre varietà di frumento selezionate risulta essere maggiore di quella osservata con l'LPS da solo, anche se il valore non è risultato significativo.

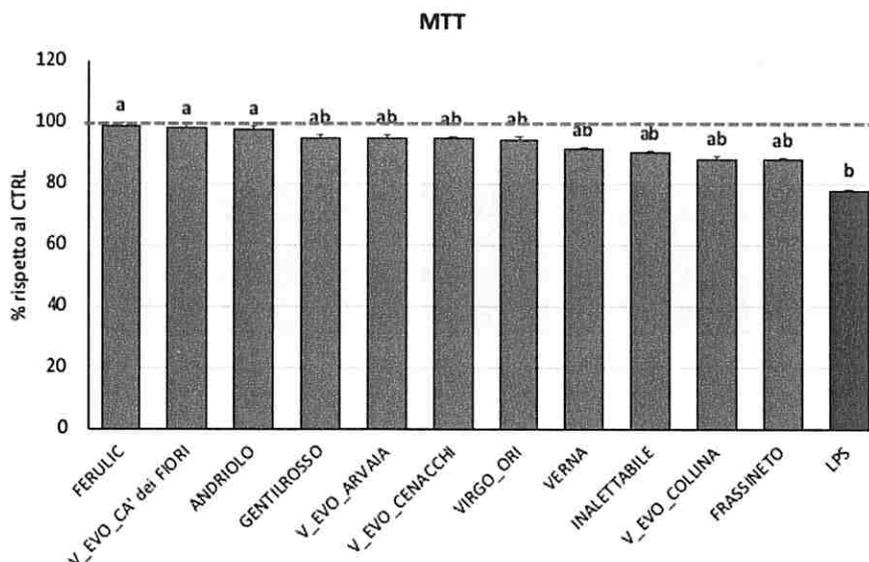


Figura 22: Test di tossicità dei polifenoli estratti dalle 10 varietà di frumento. I risultati sono stati espressi come percentuale rispetto al controllo non trattato (CTRL). Come controllo negativo è stato utilizzato LPS da solo.

Quantificazione delle molecole infiammatorie IL8 e PGE2

Sulla base di prove preliminari effettuate in laboratorio, è stato possibile verificare come l'espressione o meno di molecole infiammatorie in un modello cellulare fosse più facilmente identificabile quando si combinano in una cocoltura le cellule epiteliali intestinali Caco2 insieme ad una linea di cellule appartenenti al sistema immunitario. Per questo motivo è stato scelto di coltivare insieme le cellule Caco2 e la linea cellulare di monociti umana U937 (ATCC CRL-1593.2). Le cellule Caco2 sono state seminate nel loro terreno di coltura in una piastra multiwell da 24 pozzetti insieme alle cellule U937 alla concentrazione di 100.000 cellule/pozzetto rispettivamente. 24 ore dopo la semina, alle cellule sono stati aggiunti i polifenoli alla concentrazione di 2.5ug GAE/ml estratti da 10 varietà di frumento coltivate e, 4 ore dopo il pre-trattamento, è stato aggiunto l'LPS alla concentrazione di 1mg/ml. 24 ore dopo il trattamento, è stato raccolto il surnatante, centrifugato a 1200 rpm per 20 minuti ed è stato eseguito il saggio ELISA per la quantificazione dell'IL8, mediante l'utilizzo del kit Human IL-8 (4A Biotech Co.®) e della prostaglandina PGE2, mediante l'utilizzo del kit Human PGE2 ELISA Kit (FineTest®). Ogni esperimento è stato ripetuto 3 volte e i risultati ottenuti come O.D. sono stati espressi come pg/ml.

La Figura 23 mostra come il trattamento con l'LPS da solo induca il rilascio della interleuchina IL8 da parte delle cellule analizzate in quantità significativamente maggiore rispetto a quanto avviene nel controllo non trattato. Il pretrattamento con i polifenoli estratti dalle varietà prese in esame riducono in modo significativo la quantità di IL8 rilasciata dalle cellule rispetto al trattamento con l'LPS da solo. In particolare, i polifenoli estratti dalla varietà Virgo_Evo_Collina sono quelli che mostrano l'effetto significativo maggiore, seguito poi dalle varietà Andriolo, Inallettabile, Verna, Virgo_Evo_Fiori, Virgo_Evo_Arvaia, Virgo_Ori e Gentil Rosso. Le varietà Frassineto e Virgo_Evo_Cenacchi hanno mostrato un effetto preventivo minore rispetto alle altre varietà prese in esame. L'acido Ferulico, utilizzato come controllo, inibisce completamente il rilascio della IL8, non mostrando differenze significative rispetto al controllo non trattato. Per quanto riguarda il rilascio della PGE2 (Figura 24), non si sono osservate differenze significative tra i diversi trattamenti.

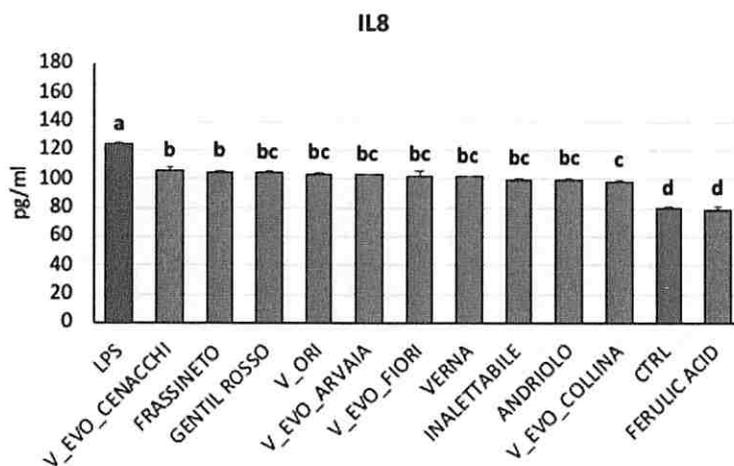


Figura 23: **Quantificazione del rilascio dell'IL8.** I risultati stati espressi come pg/ml di IL8. Come controlli sono stati utilizzati il controllo non trattato (CTRL) e il campione trattato con solo LPS.

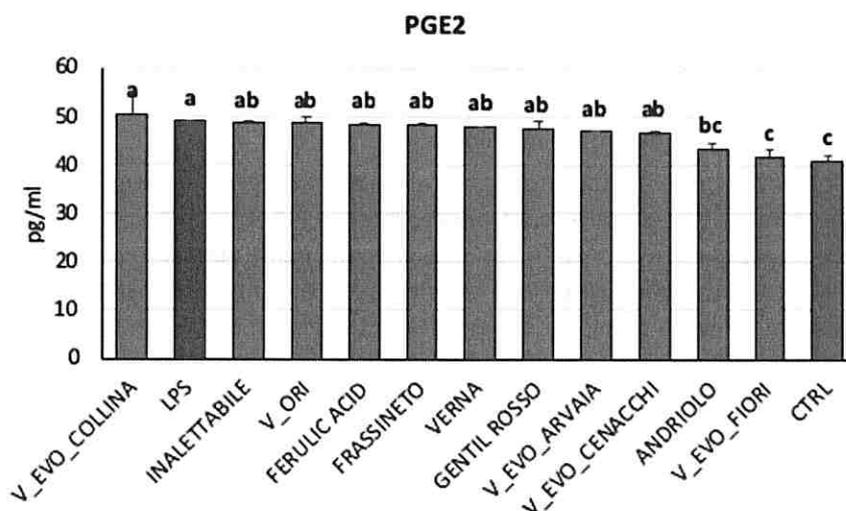


Figura 24: **Quantificazione del rilascio della citochina PGE2.** I risultati stati espressi come pg/ml di PGE2. Come controlli sono stati utilizzati il controllo non trattato (CTRL) e il campione trattato con solo LPS.

Il pre-trattamento con i polifenoli ottenuti dalle varietà Virgo_Evo_Fiori e Andriolo risultano ridurre il rilascio della citochina rispetto al trattamento con l'LPS da solo in modo maggiore rispetto ai polifenoli estratti dalle altre varietà prese in esame. Non si osservano, invece, grandi differenze tra gli altri trattamenti, che risultano comportarsi in modo analogo a quanto osservato dal solo trattamento con l'LPS. Il trattamento con l'LPS da solo induce un significativo aumento della PGE2 rispetto al controllo non trattato.

Quantificazione della percentuale di Macrofagi CD11 positivi

Le cellule Caco2 sono state seminate nel loro terreno di coltura in chamberslide da 4 pozzetti insieme alle cellule U937 alla concentrazione di 100.000 cellule/pozzetto rispettivamente. 24 ore dopo la semina, alle cellule sono stati aggiunti i polifenoli alla concentrazione di 2.5ug GAE/ml estratti da 10 varietà di frumento coltivate e, 4 ore dopo il pre-trattamento, è stato aggiunto l'LPS alla concentrazione di 1mg/ml. 24 ore dopo il trattamento è stato tolto il terreno, i campioni sono stati fissati con Etanolo 70% per 10 minuti @ RT e si è proceduto mediante la colorazione di immunocitochimica utilizzando l'anticorpo primario CD11b (GeneTex) e il Fast Red come cromogeno (ScyTek Laboratories). Le cellule positive al marker CD11b sono state contate in 10 campi per ogni trattamento e sono state espresse come % di cellule positive alla colorazione. Dalla quantificazione delle cellule CD11b positive (Fig 25), si è potuto osservare come l'LPS da solo induca un significativo aumento del numero dei macrofagi, rispetto a quanto quantificato nel controllo non trattato. I polifenoli estratti dalle varietà Virgo_Evo_Fiori, Frassineto, Virgo_Evo_Cenacchi, Gentil Rosso, Virgo_Evo_Collina, Virgo_Ori, Inalettabile e Andriolo riducono la

formazione del numero dei macrofagi rispetto al solo trattamento con l'LPS, mentre non si è osservato alcun effetto significativo in seguito al pre-trattamento con i polifenoli estratti dalle varietà Virgo_Evo_Arvaia e Verna.

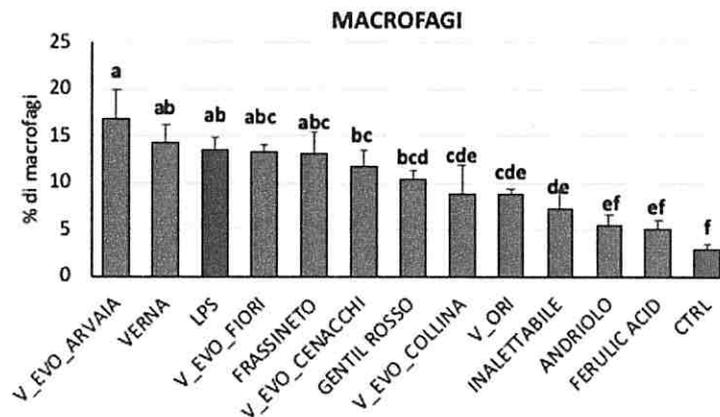


Figura 25: **Quantificazione dei macrofagi (CD11b).** Le cellule positive al marker CD11b sono state quantificate in 10 campi per ogni trattamento e sono state espresse come % di cellule positive alla colorazione.

Attività pro-infiammatoria:

E' noto che le proteine del glutine possono indurre l'insorgenza di intolleranze alimentari a livello intestinale. L'attività pro-infiammatoria del materiale oggetto è stata valutata *in vitro* mediante lo studio degli effetti tossici sulle cellule intestinali, il dosaggio dei marcatori dell'infiammazione, interleuchina 8 (IL8) e delle prostaglandine 2 (PGE-2) e mediante la quantificazione dei macrofagi (CD11b). Anche per lo studio dell'attività pro-infiammatoria delle proteine, come per quella anti-infiammatoria, è stato scelto di utilizzare la linea di cellule epiteliali derivanti dal colon Caco2 (ATCC, clone HTB37), invece della linea NCM460 (come precedentemente indicato).

Saggio di tossicità (MTT assay)

Prima di studiare il potenziale pro-infiammatorio delle proteine estratte dalle varietà prese in esame, è stato necessario verificare che il modello cellulare utilizzato fosse quello corretto, mediante il test di tossicità sulle cellule intestinali Caco2. In particolare, le cellule sono state seminate nel loro terreno di coltura in una piastra multiwell da 96 pozzetti alla concentrazione di 10.000 cellule/pozzetto. Per ogni trattamento sono stati seminati 6 pozzetti e ogni esperimento è stato ripetuto 3 volte. 24 ore dopo la semina, alle cellule è stato cambiato il terreno e sono state aggiunte le proteine estratte alla concentrazione di 40ug/ml estratte dalle 10 varietà di frumento coltivate e LPS è stato utilizzato alla concentrazione di 1mg/ml come controllo positivo dell'effetto infiammatorio. 24 ore dopo il trattamento, è stato eseguito il saggio MTT. Brevemente: alle cellule è stato tolto il terreno e aggiunta la soluzione MTT (1mg/ml in DMEM, Life Technologies) a 37°C per 2 ore. Il colorante al formazano è poi stato solubilizzato mediante l'utilizzo di isopropanolo ed analizzato mediante uno spettrofotometro a scansione alla lunghezza d'onda di 570 nm. I risultati ottenuti come O.D. (valore di assorbanza) sono stati espressi come percentuale rispetto al controllo non trattato. Dal test di tossicità in Figura 26, si è potuto osservare come l'LPS da solo riduca in modo significativo la proliferazione delle cellule Caco2 rispetto al controllo non trattato. Le proteine estratte dalle varietà di frumento analizzate hanno effetti diversi tra di loro sulla proliferazione delle cellule Caco2. In particolare, le proteine estratte dalla varietà Virgo_Evo_Arvaia risulta avere un effetto tossico significativamente inferiore a quello indotto dall'LPS da solo. Le varietà Verna, Gentil Rosso, Andriolo, Inallettabile, Frassineto e Virgo_Evo_Cà dei Fiori risultano avere un effetto tossico significativamente paragonabile a quello indotto dall'LPS. Infine, le proteine estratte dalle varietà Virgo_Evo_Collina, Virgo_Ori e Virgo_Evo_Cenacchi risultano ridurre la proliferazione delle cellule in modo significativo anche rispetto all'LPS.

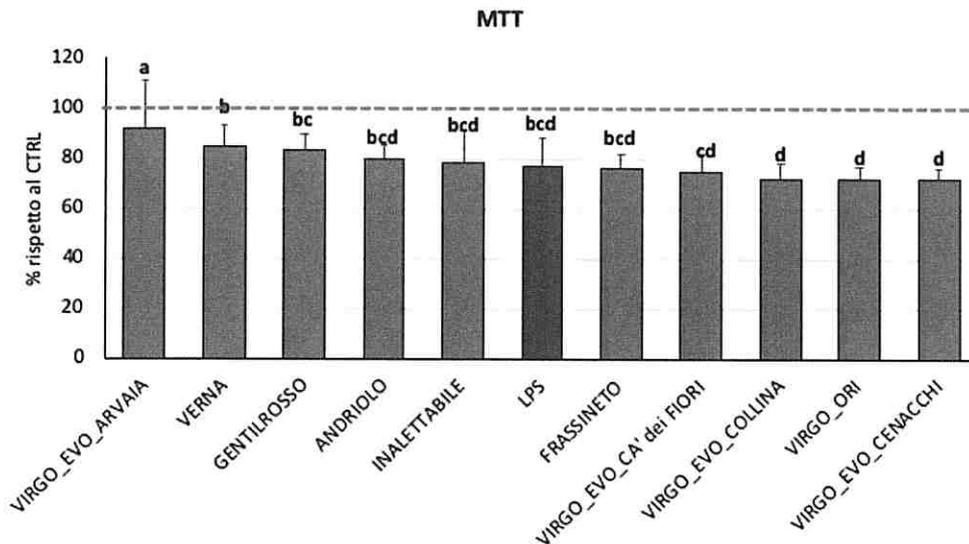


Figura 26: **Test di tossicità delle proteine estratte dalle 10 varietà di frumento:** le cellule Caco2 sono state trattate con 40ug/ml delle proteine e 24 ore dopo il trattamento è stato eseguito il saggio MTT. L'LPS, alla concentrazione di 1mg/ml, è stato utilizzato come controllo positivo. I risultati sono stati espressi come percentuale rispetto al controllo non trattato (CTRL).

Quantificazione delle molecole infiammatorie IL8 e PGE2

Le cellule Caco2 sono state seminate nel loro terreno di coltura in una piastra multiwell da 24 pozzetti insieme alle cellule U937 alla concentrazione di 100.000 cellule/pozzetto rispettivamente. 24 ore dopo la semina, alle cellule sono state aggiunte le proteine alla concentrazione di 40ug/ml estratte dalle 10 varietà di frumento coltivate e l'LPS è stato utilizzato alla concentrazione di 1mg/ml come controllo positivo dell'effetto infiammatorio. 24 ore dopo il trattamento, è stato raccolto il surnatante, centrifugato a 1200 rpm per 20 minuti ed è stato eseguito il saggio ELISA per la quantificazione dell'IL8, mediante l'utilizzo del kit Human IL-8 (4A Biotech Co.®) e della prostaglandina PGE2, mediante l'utilizzo del kit Human PGE2 ELISA Kit (FineTest®). Ogni esperimento è stato ripetuto 3 volte e i risultati ottenuti come O.D. (valore di assorbanza) sono stati espressi come pg/ml della citochina analizzata. La Figura 27 mostra come il trattamento con l'LPS da solo induca il rilascio della interleuchina IL8 da parte delle cellule analizzate significativamente maggiore rispetto a quanto avviene nel controllo non trattato. Il trattamento con le proteine estratte dalle varietà di frumento analizzate inducono sempre un significativo aumento dell'IL8 rispetto a quanto osservato nel controllo non trattato. Si distinguono le proteine estratte dalle varietà Virgo_Evo_Arvaia, Virgo_Evo_Cà dei Fiori e Andriolo che risultano indurre il rilascio di IL8 in maggiore quantità rispetto alle varietà prese in esame. Le proteine estratte dalla varietà Verna inducono il rilascio dell'IL8 in quantità leggermente inferiore a quella indotta dall'LPS da solo.

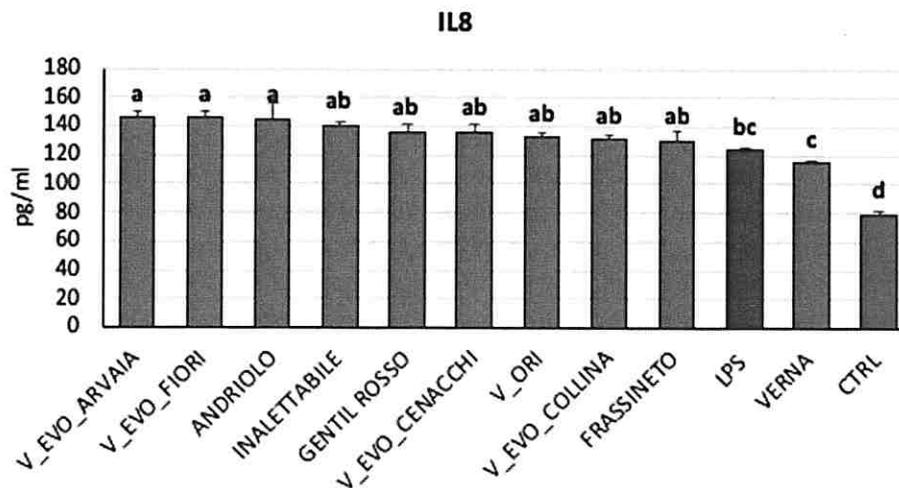


Figura 27: **Quantificazione del rilascio dell'IL8.** I risultati stati espressi come pg/ml di IL8. Come controllo è stato utilizzato il campione non trattato (CTRL)

Per quanto riguarda il rilascio della PGE2 (Figura 28), non si sono osservate differenze significative tra i diversi trattamenti. Il trattamento con l'LPS da solo induce un significativo aumento della PGE2 rispetto al controllo non trattato, che risulta essere significativamente uguale alla quantità di PGE2 indotta dal trattamento che le proteine estratte da tutte le varietà di frumento oggetto di studio.

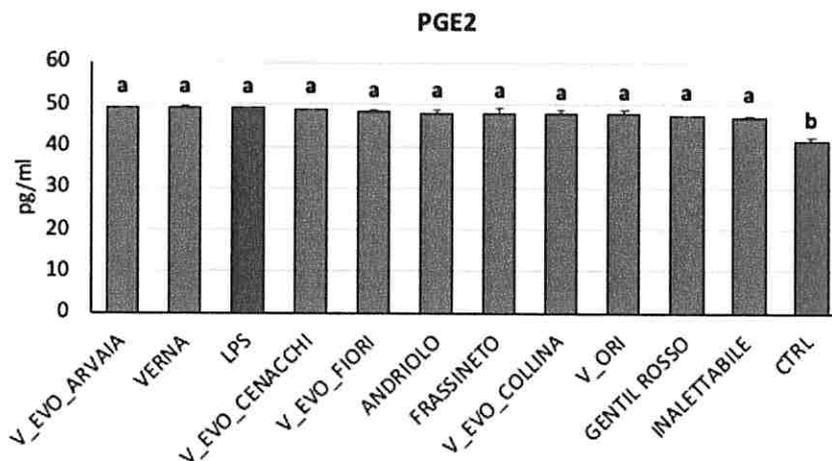


Figura 28: **Quantificazione del rilascio della citochina PGE2.** I risultati stati espressi come pg/ml di PGE2. Come controllo è stato utilizzato il campione non trattato (CTRL)

Quantificazione della percentuale di Macrofagi CD11 positivi

Le cellule Caco2 sono state seminate nel loro terreno di coltura in chamberslide da 4 pozzetti insieme alle cellule U937 alla concentrazione di 100.000 cellule/pozzetto rispettivamente. 24 ore dopo la semina, alle cellule sono state aggiunte le proteine estratte dalle varietà di frumento analizzate alla concentrazione di 40ug/ml e l'LPS è stato utilizzato alla concentrazione di 1mg/ml come controllo positivo dell'effetto infiammatorio. 24 ore dopo il trattamento, è stato tolto il terreno, i campioni sono stati fissati con etanolo 70% per 10 minuti @ RT e si è proceduto con la colorazione di immunocitochimica utilizzando l'anticorpo primario CD11b (GeneTex) e il Fast Red come cromogeno (ScyTek Laboratories). Le cellule positive al marker CD11b sono state contate in 10 campi per ogni trattamento e sono state espresse come % di cellule positive alla colorazione. Dalla quantificazione delle cellule CD11b positive (Figura 29), si è potuto osservare come l'LPS da solo induca un significativo aumento del numero dei macrofagi, rispetto a quanto osservato nel controllo non trattato. Le proteine estratte dalle varietà Inallettabile, Virgo_Evo_Cenacchi, Andriolo, Frassineto, Virgo_Ori e Virgo_Evo_Arvaia inducono l'espressione di un maggiore numero di macrofagi rispetto alle varietà Virgo_Evo_Collina, Virgo_Evo_Cà dei Fiori, Verna e Gentil Rosso.

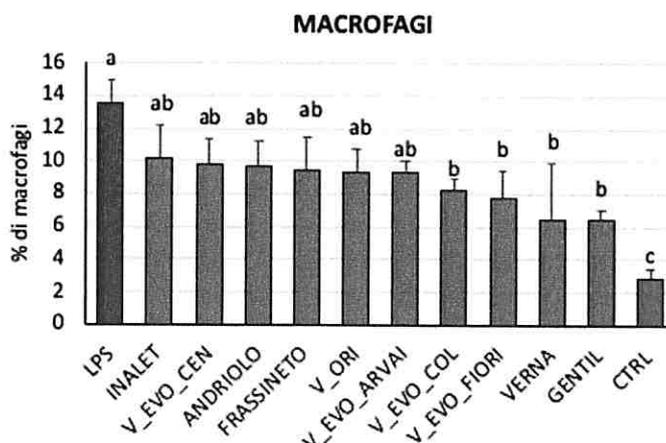


Figura 29: **Quantificazione dei macrofagi (CD11b).** Le cellule positive al marker CD11b sono state quantificate in 10 campi per ogni trattamento e sono state espresse come % di cellule positive alla colorazione.

4.5.4 Conclusioni Saggi in vitro

La valutazione del potenziale infiammatorio del materiale oggetto di studio è stata ottenuta operando la sommatoria tra il potere anti-infiammatorio e quello pro-infiammatorio rispettivamente degli estratti fenolici e proteici sulle cellule Caco2.

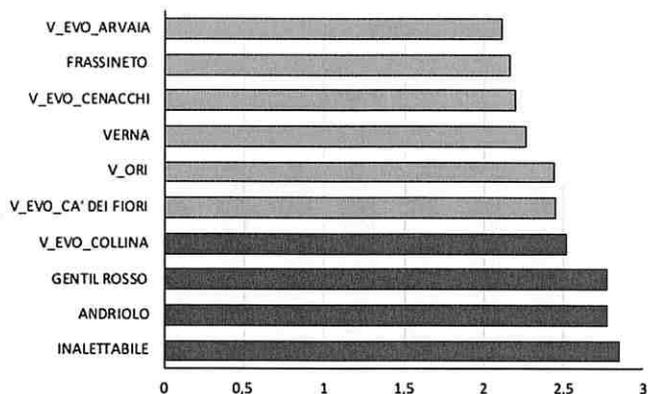


Figura 30: **Potenziale infiammatorio:** il potenziale anti-infiammatorio è stato calcolato dalla sommatoria del potere anti-infiammatorio e del potere pro-infiammatorio rispettivamente degli estratti fenolici e proteici sulle cellule Caco2 e sulla cocoltura delle cellule intestinali Caco2 e quelle immunitarie U937. Il valore del potenziale anti-infiammatorio tanto più è elevato, tanto più indica un minore effetto pro-infiammatorio della componente proteica e un maggiore effetto anti-infiammatorio degli estratti polifenolici.

In particolare, i potenziali anti e pro infiammatori sono stati calcolati facendo la somma dei valori ottenuti dall'analisi del potenziale infiammatorio sulla proliferazione cellulare delle cellule (MTT), del dosaggio della IL8 e della prostaglandina 2 (PGE-2) e dalla quantificazione del numero dei macrofagi (CD11b) ottenuti dalla cocoltura delle cellule Caco2 con le cellule immunitarie U937. Il valore del potenziale infiammatorio tanto più è elevato, tanto minore risulta l'effetto pro-infiammatorio della frazione proteica e maggiore l'effetto anti-infiammatorio dei polifenoli. Nel complesso, tutte le 10 varietà di frumento analizzate hanno mostrato come il potenziale anti-infiammatorio dei polifenoli prevalga sul potenziale pro-infiammatorio della componente proteica. Tuttavia, è stato possibile dividere le varietà studiate in due gruppi. Il primo gruppo, comprendente Inallettabile, Andriolo, Gentil Rosso e Virgo_Evo_Collina, caratterizzato dal potenziale anti-infiammatorio più alto (maggiore di 2.5) e il secondo gruppo, comprendente Virgo_Evo_Cà dei Fiori, Virgo_Ori, Verna, Virgo_Evo_Cenacchi, Frassineto e Virgo_Evo_Arvaia, con potenziale anti-infiammatorio compreso tra 2 e 2.5.

4.5.5 Analisi chimico-fisica e funzionale degli sfarinati, degli impasti e dei pani

Le farine analizzate hanno fatto registrare valori di glutine secco che variavano da 8,3 al 10,7%, proteine dal 13,4 al 14,8% e indice di Zeleny da 26 a 39%; i valori più elevati di questi parametri sono stati riscontrati nei campioni di farina Virgo Originale dell'azienda Cenacchi e Mix Originale dell'azienda Arvaia. Inoltre, i campioni di farine hanno mostrato valori di W compresi nel range 82 – 107 10-4J. Tale parametro viene utilizzato come riferimento per valutare le prestazioni tecnologiche e quindi la panificabilità delle farine (Pomeranz, 1971 e 1987; Parenti et al, 2013), e generalmente sfarinati utilizzati in panificazione hanno valori di "W" alveografico maggiori rispetto a quelli riscontrati negli sfarinati analizzati.

I valori di capacità di ritenzione idrica (WHC) e dei solventi (SRC) e di assorbimento dei lipidi (FAC) sono risultati simili tra le differenti farine analizzate. La capacità di ritenzione idrica (WHC) rappresenta l'abilità della matrice proteica di assorbire e trattenere l'acqua opponendosi alla forza di gravità attraverso la formazione di un reticolo proteico per azione di interazioni deboli, per capillarità e per effetto matrice (Collar e Angioloni, 2014). I campioni di sfarinati che hanno mostrato la minore ritenzione idrica erano l'originale e l'evoluto, ottenuti da granelle coltivate nell'azienda Agricola Collina; mentre gli sfarinati Mix Evolutivo Arvaia e Originale Cà dei Fiori presentavano la maggiore capacità di ritenzione idrica.

La capacità di assorbimento dei lipidi indica l'abilità delle proteine di legare i lipidi, che dipende dalla formazione di interazioni idrofobiche tra le catene laterali degli amminoacidi idrofobici e la catena idrocarburica degli acidi

grassi (Collar e Angioloni, 2014). In termini di assorbimento dei lipidi non sono state riscontrate sostanziali differenze tra i campioni analizzati.

Il test della capacità di ritenzione dei solventi (SRC) è utilizzato per stabilire il profilo funzionale delle farine secondo quanto descritto da Gaines (2000). In accordo con il metodo AACC 56-11, farine con WRC \leq 51 g/100 g, SCSRC \leq 64 g/100 g, SuSRC \leq 89 g/100 g e LASRC \geq 87 g/100 g sono adatte per la produzione di prodotti biscottieri, mentre farine con WRC \leq 57 g/100 g, SCSRC \leq 72 g/100 g, SuSRC \leq 96 g/100 g e LASRC \geq 100 g/100 g sono adatte per la produzione di impasti per pane. Gli sfarinati Virgo analizzati presentavano valori di WRC, SuSRC, SCSRC maggiori dei valori ottimali per la produzione di pane, e di LASRC inferiori.

Nel complesso, da tali risultati si può affermare che gli sfarinati in analisi possedevano valori elevati di arabinoxilani ed amido danneggiato ed una qualità del glutine non ottimale per la panificazione.

In generale valori elevati di SCSRC sono relazionati ad alti valori di tenacità alveografica (P) o resistenza alla deformazione e ad una capacità delle farine di assorbire quantitativi maggiori di acqua (elevati WRC) indicando che il fattore che determina maggiormente il grado di assorbimento di acqua di un impasto è la quantità di amido danneggiato (Ram et al., 2005; Duyvejonck et al., 2012).

Le caratteristiche chimico-fisiche e funzionali delle farine ottenute dalle varietà di frumento tenero raccolto nelle tre differenti aziende agricole sono riportate in tabella 17.

Le farine analizzate hanno fatto registrare valori di glutine secco che variavano dall'8,0 al 14,3%, proteine dall'8,96 al 14,4% e indice di Zeleny dal 27,7 al 35,7%; i valori più elevati di questi parametri sono stati riscontrati nei campioni di farina Virgo Evolutivo delle diverse aziende agricole rispetto ai campioni di Virgo Originale.

Tabella 17. Caratteristiche chimico-fisiche e funzionali di farine di grano tenero Virgo derivanti da differenti aziende agricole.

Caratteristiche	Originale Cenacchi	Evolutivo Cenacchi	Originale Arvaia	Evolutivo Arvaia	Evolutivo Collina
Umidità (%)	14,32	14,29	13,89	14,13	13,56
Glutine secco (%)	9,4	12,1	8	10,8	14,3
Proteine (%)	10,56	14,4	8,96	11,9	13,37
Indice di sedimentazione di Zeleny (%)	27,7	33,5	28	35,7	32,5
Parametri alveografici					
Tenacità (P) (mm)	25	32	25	34	24
Estensibilità (L) (mm)	194	94	131	104	178
Rapporto tenacità/estensibilità (P/L)	0,13	0,34	0,19	0,33	0,13
Indice di rigonfiamento (G)	31	21,6	25,5	22,7	29,7
Energia di deformazione (W) (10^{-4} J)	93	50	67	71	70
Indice di elasticità (Ie)* (%)	40,8	19,8	35,7	31,2	33,6
Capacità assorbimento lipidi (g olio/g farina)	1 \pm 0,1	1,2 \pm 0,1	1,3 \pm 0,1	1,2 \pm 0,1	1,3 \pm 0,1
Capacità di ritenzione dei solventi (SRC) (%)					
- Acqua (WRC)	44 \pm 1	51 \pm 2	46 \pm 1	46 \pm 1	46 \pm 1
- Saccarosio (SuSRC)	84 \pm 0	97 \pm 0	83 \pm 0	92 \pm 0	93 \pm 0
- Carbonato di sodio (SCSRC)	59 \pm 1	68 \pm 2	64 \pm 0	69 \pm 1	61 \pm 1
- Acido lattico (LASRC)	84 \pm 0	87 \pm 0	77 \pm 0	84 \pm 0	90 \pm 0
Gluten Performance Index (GPI)	0,59	0,53	0,53	0,52	0,58

*P200/P moltiplicato per 100, dove P200 è la pressione misurata sul grafico a 40mm dall'inizio della curva.

Le farine analizzate hanno fatto registrare valori di glutine secco che variavano dall'8,0 al 14,3%, proteine dall'8,96 al 14,4% e indice di Zeleny dal 27,7 al 35,7%; i valori più elevati di questi parametri sono stati riscontrati nei campioni di farina Virgo Evolutivo delle diverse aziende agricole rispetto ai campioni di Virgo Originale.

Inoltre, i campioni di farine hanno mostrato valori di "W" compresi nel range 50 – 93 10^{-4} J. Tale parametro viene utilizzato come riferimento per valutare le prestazioni tecnologiche e quindi la panificabilità delle farine (Pomeranz, 1971 e 1987; Parenti et al, 2013), e generalmente gli sfarinati utilizzati in panificazione hanno valori di "W" alveografico maggiori rispetto a quelli riscontrati negli sfarinati analizzati. La capacità di assorbimento dei

lipidi indica l'abilità delle proteine di legare i lipidi, che dipende dalla formazione di interazioni idrofobiche tra le catene laterali degli amminoacidi idrofobici e la catena idrocarburica degli acidi grassi (Collar e Angioloni, 2014). In termini di assorbimento dei lipidi non sono state riscontrate sostanziali differenze tra i campioni analizzati.

Anche i valori di capacità di ritenzione solventi (SRC) sono risultati simili tra le differenti farine analizzate. Il test della capacità di ritenzione dei solventi (SRC) è utilizzato per stabilire il profilo funzionale delle farine secondo quanto descritto da Gaines (2000). In accordo con il metodo AACC 56-11, farine con WRC ≤ 51 g/100 g, SCSRC ≤ 64 g/100 g, SuSRC ≤ 89 g/100 g e LASRC ≥ 87 g/100 g sono adatte per la produzione di prodotti biscottieri, mentre farine con WRC ≤ 57 g/100 g, SCSRC ≤ 72 g/100 g, SuSRC ≤ 96 g/100 g e LASRC ≥ 100 g/100 g sono adatte per la produzione di impasti per pane.

Gli sfarinati Virgo analizzati presentavano valori di SCSRC maggiori dei valori ottimali per la produzione di pane, e di LASRC inferiori, mentre gli altri parametri (WRC e SuSRC) rientravano nei ranges ottimali.

Nel complesso, da tali risultati si può affermare che gli sfarinati in analisi possedevano valori elevati di arabinoxilani ed una qualità del glutine non ottimale per la panificazione.

In generale valori elevati di SCSRC sono relazionati ad alti valori di tenacità alveografica (P) o resistenza alla deformazione e ad una capacità delle farine di assorbire quantitativi maggiori di acqua (elevati WRC), indicando che il fattore che determina maggiormente il grado di assorbimento di acqua di un impasto è la quantità di amido danneggiato (Ram *et al.*, 2005; Duyvejonck *et al.*, 2012). Osservando i dati riportati nella tabella 2 si può affermare quanto sopra riportato, infatti i campioni Virgo Evolutivo Cenacchi e Virgo Evolutivo Arvaia presentavano i valori più elevati di SCSRC, in accordo con i più alti valori di P alveografico e di WRC. Come evidenziato da Pike e MacRitchie (2004), farine aventi LASRC di 100 g/100 g sono generalmente caratterizzate da una buona forza e da un'ottima capacità di formare gli impasti. I campioni di sfarinati analizzati mostravano valori di LASRC inferiori al 100%. E' stata inoltre osservata una correlazione positiva tra il contenuto proteico degli sfarinati e il valore di LASRC, in accordo con lo studio di Guttieri *et al.* (2002).

Caratteristiche chimico-fisiche e funzionali degli impasti

Gli impasti e quindi il prodotto finito (pane) sono stati realizzati utilizzando uno sfarinato integrale.

- Sviluppo in volume degli impasti

In figura 31 è riportato l'andamento dello sviluppo in volume degli impasti in funzione del tempo di fermentazione.

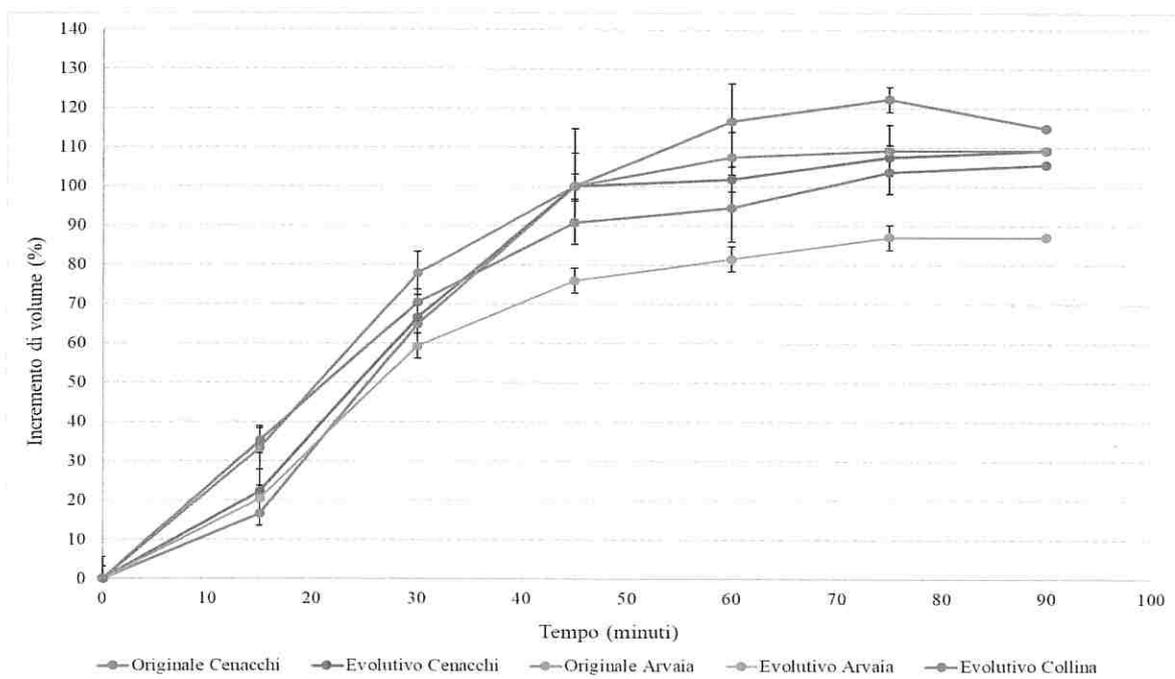


Figura 31: Incremento di volume (%) degli impasti ottenuti con le diverse farine oggetto della sperimentazione.

Come mostrato in figura 2 tra gli impasti prodotti i campioni realizzati con la farina derivante dall'azienda agricola Cenacchi (Virgo originale ed evolutivo) e con la farina Originale Arvaia mostrano il miglior sviluppo in volume al termine del tempo di osservazione rispetto agli altri impasti, mentre la farina ottenuta da Virgo evolutivo dell'azienda agricola Arvaia mostra il minor sviluppo in volume

- **pH e contenuto in acqua**

In tabella 18 sono riportati i valori di pH e di contenuto in acqua degli impasti analizzati.

Tabella 18. Valori di pH pre- e post-fermentazione e di contenuto in acqua dei diversi impasti realizzati.

Campione	pH		Contenuto in acqua (%)
	pre-fermentazione	post-fermentazione	
Virgo Originale Cenacchi	5,90 ± 0,01 c	5,86 ± 0,01 c	46,46 ± 0,52 ad
Virgo Evolutivo Cenacchi	5,96 ± 0,01 b	5,87 ± 0,01 b	46,99 ± 0,20 abcd
Virgo Originale Arvaia	5,97 ± 0,01 b	5,90 ± 0,01 a	46,89 ± 0,11 ab
Virgo Evolutivo Arvaia	5,89 ± 0,01 c	5,65 ± 0,01 e	47,74 ± 0,55 ac
Virgo Evolutivo Collina	6,02 ± 0,01 a	5,81 ± 0,01 d	45,09 ± 0,53 e

All'interno della stessa colonna campioni con lettere differenti sono risultati significativamente diversi ($p < 0.05$)

Osservando i valori di pH riportati in tabella 3 è possibile osservare, come prevedibile, una diminuzione del valore di pH a fine fermentazione. La diminuzione di pH durante la fase di fermentazione è dovuta sia alla produzione di anidride carbonica, che dissolvendosi in acqua porta alla produzione di acido carbonico, sia alla lenta produzione di acidi organici da parte dei microrganismi presenti nell'impasto (Balestra et al., 2015). Il campione VEA presenta i valori più bassi di pH sia in fase di pre-fermentazione sia in post-fermentazione. In termini di contenuto in acqua i differenti impasti mostravano un contenuto abbastanza simile, dovuto al medesimo quantitativo di acqua utilizzato in formulazione.

- **Misure reologiche empirico-imitative: test di kieffer**

Le caratteristiche reologiche dei diversi impasti in termini di resistenza all'estensione ed estensibilità sono state determinate con il test di Kieffer. I risultati ottenuti sono riportati in tabella 19.

Tabella 19. Caratteristiche reologiche degli impasti ottenuti utilizzando farine di grano tenero Virgo proveniente da diverse aziende agricole.

Campione	Resistenza all'estensione	Estensibilità	Area
	(g)	(mm)	(g*s)
Virgo Originale Cenacchi	6,43±0,96 c	30,08±5,30 b	45,50±12,12 b
Virgo Evolutivo Cenacchi	5,06±0,21 d	39,27±8,14 a	47,75±9,40 b
Virgo Originale Arvaia	6,61±0,82 c	33,22±4,46 b	49,55±6,51 b
Virgo Evolutivo Arvaia	8,81±0,88 b	25,3±3,01 c	46,77±5,82 b
Virgo Evolutivo Collina	10,55±0,69 a	29,92±3,37 bc	65,7±7,39 a

All'interno della stessa colonna campioni con lettere differenti sono risultati significativamente diversi ($p < 0.05$)

L'estensibilità è determinata dalla relativa capacità di allungamento e slittamento delle proteine del glutine, in modo particolare delle glutenine ad alto peso molecolare (Singh e MacRitchie, 2001), mentre i ponti disolfuro aiutano a mantenere la maglia glutinica e a fornire resistenza all'estensione (Belton et al., 1999). Il rapporto della resistenza all'estensione e la lunghezza della curva estensografica è importante per valutare l'equilibrio tra elasticità ed estensibilità dell'impasto. Un buon rapporto tra resistenza all'estensione ed estensibilità conferisce agli impasti proprietà reologiche desiderabili (Burešová e Hřivna, 2011). Generalmente una farina non integrale di buona qualità produce impasti che mostrano una resistenza all'estensione di circa 60 g e un'estensibilità di 14-15 cm (Stable Micro Systems 1995). Numerosi studi sostengono che impasti derivanti da farine scarsamente

panificabili sono caratterizzati da una bassa resistenza all'estensione, bassa estensibilità e un'area di estensione ridotta (Belitz *et al.*, 2009). In questa sperimentazione, la presenza di particelle cruscali all'interno delle farine utilizzate per la preparazione degli impasti ha influito negativamente sulle caratteristiche reologiche degli impasti. Come si può osservare in tabella 19 infatti, gli impasti mostrano bassi valori di forza, indice di resistenza all'estensione, e di estensibilità alla rottura rispetto ai valori considerati ottimali per una farina non integrale e idonea ad una buona panificazione. I risultati ottenuti sono da imputare alle modifiche della maglia glutinica dovute alla presenza di particelle cruscali negli sfarinati. Un livello elevato di crusca all'interno di una farina causa infatti una maggior diluizione della matrice, con conseguente indebolimento delle caratteristiche di estensibilità che avranno poi un impatto sulle caratteristiche del prodotto finito, come ad esempio una minor capacità di trattenere i gas prodotti in fase di fermentazione e quindi un minor sviluppo in volume del pane. Valori simili in termini di estensibilità sono stati ritrovati in letteratura su impasti ottenuti con differenti percentuali di crusca (Boita *et al.*, 2016). I dati riscontrati nel test di Kieffer sono in accordo con quanto osservato in termini di sviluppo in volume. Infatti, il campione di impasto ottenuto con la farina di virgo evolutivo coltivato nell'azienda agricola Arvaia, con uno dei valori più elevati di resistenza all'estensione (forza) e il minore in termini di estensibilità, risulta l'impasto con il minore sviluppo in volume. Andamento opposto si verifica nel caso dell'impasto ottenuto con la farina Virgo Evolutivo dell'azienda agricola Cenacchi che, presentando i valori minori di resistenza all'estensione e i maggiori in termini di estensibilità e statisticamente differenti dagli altri impasti, mostra il migliore sviluppo in volume.

- Determinazioni reologiche fondamentali

Una corretta interpretazione dei cambiamenti nel comportamento dell'impasto è necessaria al fine di mantenerne la lavorabilità a livello di processo di panificazione industriale. Tutti i campioni di impasto mostrano un valore del modulo elastico (G') sempre maggiore rispetto al modulo viscoso (G'' - dati non riportati) indicando che negli impasti predomina la componente elastica su quella viscosa.

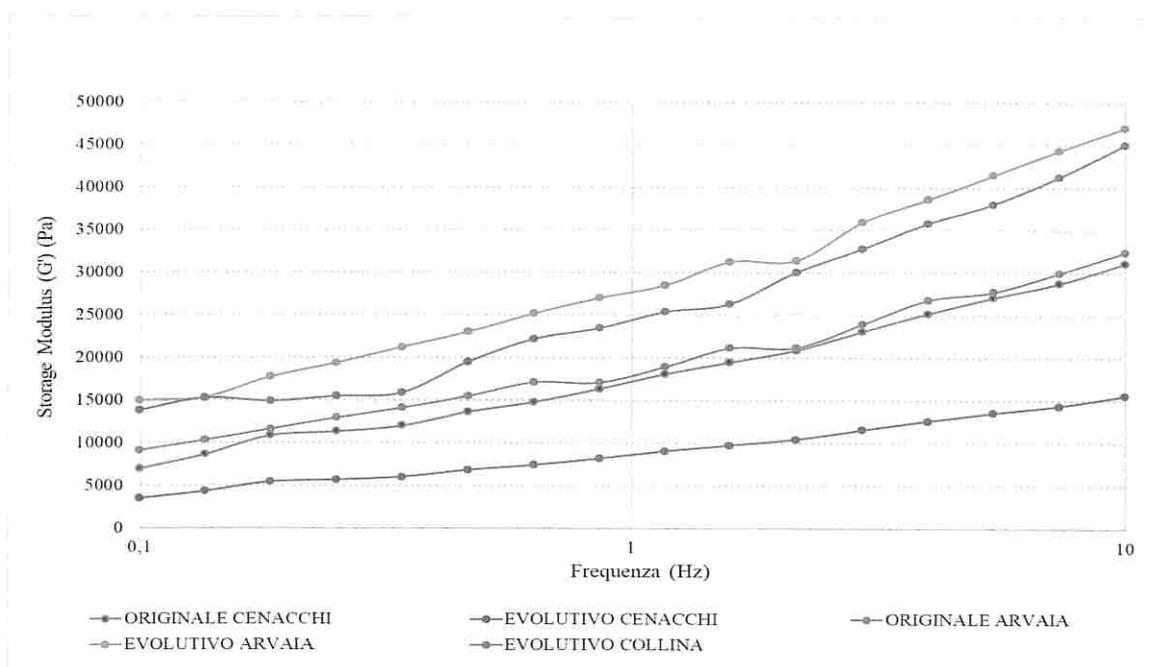


Figura 32. Valori di G' misurati sui diversi campioni di impasto.

L'impasto realizzato utilizzando farina Virgo evolutivo prodotto nell'azienda agricola Avaia ha mostrato i valori maggiori in termini di G' , mentre i valori più bassi sono stati osservati negli impasti preparati con la farina di virgo evolutivo prodotto nell'azienda agricola Cenacchi. Generalmente valori più elevati del modulo elastico G' indicano un materiale più elastico e *solid-like* (Peressini e Sensidoni, 2009) che nell'ottica di un processo di lavorazione industriale risulterà più difficile da formare e lavorare.

I dati osservati sono in accordo con quelli relativi allo sviluppo in volume. Infatti, il campione VEA con i valori più elevati di componente elastica (G'), mostravano anche il minor sviluppo in volume in fase di fermentazione. Comportamento opposto lo si osserva nell'impasto VEC.

Inoltre, i valori di G' sono in accordo con quelli determinati attraverso il test di *Kieffer*. Infatti, il campione VEA e VECol, con elevati valori di G' mostrano anche i valori più elevati di resistenza all'estensione e i minori in termini di estensibilità. Al contrario l'impasto VEC, con i minori valori di modulo elastico, è anche il meno resistente all'estensione ed il più estensibile.

Caratteristiche chimico-fisiche e funzionali dei pani

- Contenuto in acqua e caratteristiche colorimetriche

In tabella 5 sono riportati i risultati del contenuto in acqua (%) e i parametri colorimetri di crosta e mollica dei campioni di pane analizzati, ottenuti con i diversi campioni di sfarinati integrali.

Il campione di pane preparato utilizzando la farina Virgo evolutivo dell'azienda Arvaia mostra un valore di contenuto di acqua leggermente superiore rispetto agli altri campioni. Tali valori sono in accordo con i valori più elevati di questi campioni ottenuti dal test SRC relativi all'assorbimento di acqua e al carbonato di sodio collegato quest'ultimo all'amido danneggiato che quindi può causare un maggior assorbimento di acqua da parte delle farine.

Per quanto riguarda i risultati derivanti dall'analisi colorimetrica della crosta e mollica dei campioni di pane, i campioni hanno mostrato solo lievi differenze tra loro (tabella 20).

Campione	COLORE CROSTA			COLORE MOLLICA			Contenuto in acqua (%)
	L	a*	b*	L	a*	b*	
VOC	50,04±1,93 (a)	10,77±0,55 (ab)	26,16±0,89 (a)	45,93±1,00 (a)	6,98±0,22 (a)	19,10±0,44 (ab)	46,39±0,36 (ab)
VEC	45,79±1,98 (bc)	11,04±0,47 (ab)	24,91±0,79 (a)	42,95 ±0,98 (c)	7,00±0,33 (a)	18,27±0,44 (d)	46,69±0,38 (ab)
VOA	49,52±1,11 (a)	11,36±0,45 (a)	25,93±0,65 (a)	44,74±1,38(b)	6,98±0,21 (a)	18,77±0,25 (ac)	46,58±0,97 (ab)
VEA	47,55±1,18 (ab)	11,28±0,80 (a)	25,87±1,44 (a)	46,34±0,64 (a)	6,47±0,33 (b)	18,69±0,52 (bc)	46,80±0,48 (a)
VECol	44,37±3,77 (c)	10,50±0,65 (bc)	23,79±1,62 (b)	43,74±1,41 (bc)	6,9±0,21a (b)	19,11±0,50 (a)	45,99±0,53 (b)

Tabella 20. Valori del colore (L^* , a^* , b^*) di crosta e mollica dei campioni di pane e contenuto in acqua (%).

All'interno della stessa colonna campioni con lettere differenti sono risultati significativamente diversi ($p < 0.05$).

- Caratteristiche strutturali dei campioni di pane (Tpa test)

Le misure reologiche imitative (nel caso specifico quelle dinamometriche) possono essere utili al fine di studiare le proprietà fisiche e strutturali dei prodotti da forno allo scopo di caratterizzarli in relazione alla diversa formulazione o processo subito dopo cottura, sia per seguirne i cambiamenti dovuti al rafforzamento nel corso della conservazione. In tabella 6 sono riportati i risultati relativi al TPA test effettuato sui differenti campioni di pane in analisi. La durezza (*hardness*), in particolare, è una caratteristica importante ed è comunemente utilizzata come indice di qualità del pane (Wang *et al.*, 2007), anche perché è un parametro generalmente molto correlato alla durezza percepita sensorialmente dal consumatore e alla freschezza del prodotto (Baker *et al.*, 1987). I campioni di pane ottenuti con la farina Virgo originale sono risultati i più morbidi e statisticamente differenti dagli altri campioni, con i più elevati valori di capacità di recupero e di elasticità e i minori in termini di masticabilità. Anche la coesività della mollica è una caratteristica che dipende dall'effetto combinato delle forze di adesività e coesività ma anche dalla viscosità e dall'elasticità (Tian *et al.*, 2009) ed è considerata indicatore di qualità del prodotto fresco, e tende a diminuire durante la conservazione. Anche in termini di coesività i campioni di pane ottenuti con la farina Virgo originale mostrano i valori più elevati. Inoltre, i minori valori di durezza dei campioni di pane VOC e VOA possono essere posti in relazione al miglior sviluppo in volume dei rispettivi impasti in fase di fermentazione.

Tabella 21. Caratteristiche strutturali dei diversi campioni di pane valutate con il test TPA.

Campioni	Coesività		Elasticità		
	Durezza (N)	Capacità di recupero	Masticabilità (N)		
Originale Cenacchi	32,94±2,62b	0,67±0,02a	0,43±0,02a	0,91±0,01a	20,08±1,67b
Evolutivo Cenacchi	48,14±3,46a	0,64±0,01bc	0,39±0,01c	0,90±0,03ab	27,70±1,82a
Originale Arvaia	34,51±2,83b	0,66±0,01ab	0,42±0,01ab	0,90±0,02ab	20,47±1,33b
Evolutivo Arvaia	47,44±4,24a	0,65±0,01ac	0,41±0,01b	0,87±0,01c	26,91±2,34a
Evolutivo Collina	49,01±4,64a	0,65±0,04ac	0,39±0,02c	0,87±0,03bc	27,60 ±2,32a

All'interno della stessa colonna campioni con lettere differenti sono risultati significativamente diversi ($p < 0.05$)

- Analisi d'immagine

In tabella 22 sono riportati i dati relativi alle caratteristiche dell'alveolatura della mollica dei diversi campioni.

Lo sviluppo di una struttura della mollica finemente alveolata garantisce sofficità ed omogeneità nel prodotto dopo cottura. Questa organizzazione strutturale si realizza al meglio in impasti molto estensibili ed elastici ed è quindi in relazione con la quantità e soprattutto con la qualità del glutine. Impasti derivati da farine povere di glutine (o con glutine di scarsa qualità) tendono a formare grossi alveoli a causa della coalescenza delle bolle adiacenti che risultano collassabili nella fase finale del processo di panificazione (Colucci e D'Egidio, 2004). Osservando i dati relativi alla percentuale di area alveolata dei differenti campioni di pane analizzati (tabella 7) sono stati registrati valori piuttosto simili, che variavano dal 26% del campione VOA al 35% nel campione VEC, cui corrispondeva proporzionalmente il 73 % e 65% di zone non alveolate (area mollica).

La percentuale di area alveolata è stata poi suddivisa in cinque classi dimensionali al fine di raggruppare gli alveoli in classi caratterizzate da dimensioni via via maggiori passando dalla classe 1 alla classe 5.

Come si può notare dai dati riportati in tabella 22, in tutti i campioni di pane la maggior percentuale degli alveoli appartiene alla classe 1, ovvero alla classe che raggruppa alveoli di più piccole dimensioni, compresi tra 0,0050 e 0.0250 cm². In generale, così come anche nei campioni di pane qui analizzati, la percentuale maggiore dell'area alveolata è occupata dagli alveoli appartenenti alle prime due classi dimensionali. Il campione VOC è stato quello che presentava la maggiore percentuale di alveoli (19,8 %) appartenente alle prime due classi dimensionali.

Elaborando le immagini acquisite, valutando il rapporto tra la larghezza delle fette e la loro altezza ed il rapporto di forma (*aspect ratio*), si è potuta ricavare un'informazione riguardo allo sviluppo in volume dei campioni.

In generale più il valore del rapporto di forma è basso, migliore sarà stato lo sviluppo in volume in cottura del campione di pane. Possiamo quindi notare, osservando i dati riportati in tabella 7, come i campioni Virgo originale dell'azienda Cenacchi e Virgo evolutivo dell'azienda agricola Collina presentino i valori più bassi e simili di *Aspect ratio*, e statisticamente differente dagli altri campioni; tali campioni di pane quindi sono quelli che hanno raggiunto un maggiore sviluppo in volume dopo cottura rispetto agli altri. Questo risultato può essere posto in relazione anche con l'elevata percentuale di area alveolata riscontrata in questi due campioni. I valori di *aspect ratio*, e quindi di sviluppo in volume post-cottura, possono essere correlati allo sviluppo in volume degli impasti in fase di fermentazione. Infatti, il campione VOC, con il valore di *Aspect ratio* di 1,58 era quello che aveva mostrato il migliore sviluppo in volume in fase di fermentazione, al contrario invece di quanto osservato nel campione VEA con il valore di *Aspect ratio* di 1,78 correlato al minor sviluppo in volume dell'impasto.

Tabella 22. Parametri geometrici valutati sulle fette di pane utilizzando l'analisi d'immagine computerizzata.

Campione	Area alveolata (%)	Area mollica (%)	Classe	Alveoli (%)	<i>Aspect ratio</i>
Virgo Originale Cenacchi	30,59±1,97	69,41±1,97	1	12,90± 0,88	1,58±0,05c
			2	6,89 ±0,54	
			3	0,68 ±0,11	
			4	0,16±0,10	

			5	0,07±0,09	
Virgo Evolutivo Cenacchi	31,36±2,19	68,64±2,19	1	11,93±1,06	1,75±0,06ab
			2	6,12±0,49	
			3	0,61±0,13	
			4	0,18±0,07	
			5	0,06±0,08	
Virgo Originale Arvaia	26,35±2,96	73,65±2,96	1	12,25±0,39	1,73±0,07b
			2	6,66±0,48	
			3	0,39±0,17	
			4	0,09±0,08	
			5	0,00±0,01	
Virgo Evolutivo Arvaia	29,19±1,78	70,81±1,78	1	12,11±0,60	1,78±0,05a
			2	6,12±0,46	
			3	0,50±0,15	
			4	0,15±0,07	
			5	0,01±0,02	
Virgo Evolutivo Collina	35±1,02	65±1,02	1	11,1±0,99	1,62±0,03c
			2	5,77±0,62	
			3	0,56±0,13	
			4	0,25±0,11	
			5	0,12±0,05	

All'interno della colonna campioni con lettere differenti sono risultati significativamente diversi ($p < 0.05$)

- Analisi sensoriale: test di accettabilità

I descrittori valutati durante l'analisi sensoriale possono essere raggruppati in caratteristiche visive (alveolatura, colore), strutturali (texture), organolettiche (odore, sapore) e gradevolezza complessiva. Graficamente, i risultati dell'analisi sensoriale vengono normalmente espressi mediante grafici a radar (*spider plot*) allo scopo di poter avere una visione immediata del profilo organolettico dei campioni di pane analizzati. In figura 4 viene riportato il grafico relativo ai profili sensoriali dei diversi campioni di pane ottenuti. I campioni di pane presentano profili sensoriali piuttosto simili tra di loro. Il campione ottenuto con farina Virgo evolutivo prodotta nell'azienda agricola Arvaia, presenta un profilo leggermente differente rispetto agli altri campioni di pane. Tutti i campioni presentano comunque valori degli attributi considerati superiori al limite di accettabilità (5). Per quanto riguarda il parametro che indica il gradimento della consistenza della mollica, il campione prodotto con farina Virgo evolutivo Arvaia risulta il meno gradito, tale campione è quello risultato il più duro (47,44 N) dal test TPA.

I campioni VOC, VEC e VOA sono risultati quelli nel complesso più graditi.

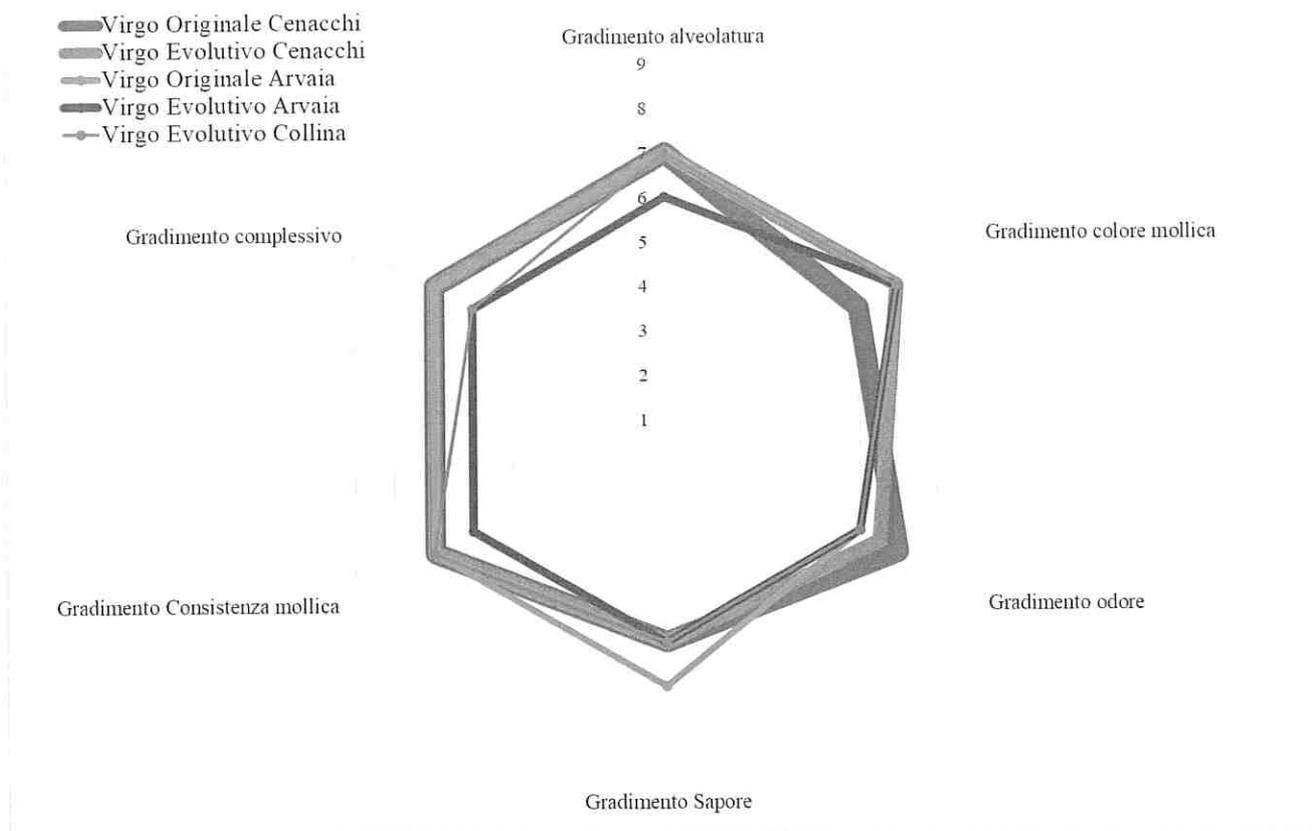


Figura 33. Confronto tra i profili sensoriali dei cinque campioni di pane realizzati con le diverse tipologie di farine.

4.5.6 Conclusioni Analisi chimico-fisica e funzionale degli sfarinati, degli impasti e dei pani

Dai risultati ottenuti si può concludere che in generale i campioni di farina di grano tenero Virgo prodotti nell'azienda agricola Cenacchi, presentano le migliori caratteristiche complessive. Nello specifico Virgo evolutivo Cenacchi mostra le migliori caratteristiche per quanto riguarda gli impasti ottenuti (buon sviluppo in volume in fase di fermentazione, minor resistenza all'estensione e maggior estensibilità ricavata dal test di Kieffer e minor indice di elasticità - G'). Il campione Virgo originale Cenacchi mostra buone caratteristiche sia per quanto riguarda l'impasto che per quanto riguarda il prodotto finito (minor durezza valutata attraverso il test TPA, miglior sviluppo in volume e il maggior gradimento complessivo dall'analisi sensoriale).

Nonostante che i risultati analitici delle analisi chimico-fisiche effettuate sugli sfarinati tipo 0 non siano risultati ottimali (es. parametri alveografici) ai fini della panificazione, e che il prodotto finale sia stato realizzato con gli stessi sfarinati tipo integrale, nel complesso tutti i pani realizzati sono risultati graditi a livello sensoriale dagli assaggiatori.

Inoltre, è importante sottolineare che, pur essendo stati utilizzati nelle prove sperimentali quantitativi di acqua analoghi per tutti gli impasti (analogo dough yield), al fine di ottenere risultati migliori in termini di caratteristiche qualitative complessive dei prodotti finiti, sarebbe meglio modulare il quantitativo di acqua per l'impasto in relazione alle caratteristiche delle diverse farine utilizzate.

BIBLIOGRAFIA

- AACC, (2005). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th ed. AACC, St. Paul, Minn.
- Baker, A. E., Dibben, R. A., & Ponte, J. G. (1987). Comparison of bread firmness measurements by 4 instruments. *Cereal Foods World*, 32(7), 486-489.
- Balestra, F., Pinnavaia, G. G., & Romani, S. (2015). Evaluation of the effects of different fermentation methods on dough characteristics. *Journal of Texture Studies*, 46(4), 262-271.
- Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). Cereals and cereal products. *Food chemistry*, 670-745.
- Belton, P. S., Colquhoun, I. J., Grant, A., Wellner, N., Field, J. M., Shewry, P. R., & Tatham, A. S. (1995). FTIR and NMR studies on the hydration of a high-Mr subunit of glutenin. *International Journal of Biological Macromolecules*, 17(2), 74-80.

- Boita, E. R., Oro, T., Bressiani, J., Santetti, G. S., Bertolin, T. E., & Gutkoski, L. C. (2016). Rheological properties of wheat flour dough and pan bread with wheat bran. *Journal of Cereal Science*, 71, 177-182.
- Burešová, I., & Hřivna, L. (2011). Effect of wheat gluten proteins on bioethanol yield from grain. *Applied energy*, 88(4), 1205-1210.
- Collar, C., & Angioloni, A. (2014). Pseudocereals and teff in complex breadmaking matrices: Impact on lipid dynamics. *Journal of Cereal Science*, 59(2), 145-154.
- Colucci, F., D'Egidio, M.G., (2004). "Applicazione dell'analisi d'immagine per la valutazione della struttura della mollica del pane". *Tecnica Molitoria*, 10, pp. 967-976.
- Czuchajowska, Z., Pomeranz, Y., & Jeffers, H. C. (1989). Water activity and moisture content of dough and bread. *Cereal chemistry (USA)*.
- Demirkesen, I., Kelkar, S., Campanella, O. H., Sumnu, G., Sahin, S., & Okos, M. (2014). Characterization of structure of gluten-free breads by using X-ray microtomography. *Food Hydrocolloids*, 36, 37-44.
- Dinelli, G., Carretero, A. S., Di Silvestro, R., Marotti, I., Fu, S., Benedettelli, S., Gutiérrez, A.F. (2009). Determination of phenolic compounds in modern and old varieties of durum wheat using liquid chromatography coupled with time-of-flight mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1216(43), 7229-7240.
- Duyvejonck, A. E., Lagrain, B., Dornez, E., Delcour, J. A., & Courtin, C. M. (2012). Suitability of solvent retention capacity tests to assess the cookie and bread making quality of European wheat flours. *LWT-Food Science and Technology*, 47(1), 56-63.
- Gaines, C. S. (2000). Report of the AACCC committee on soft wheat flour. Method 56-11, Solvent Retention Capacity Profile. *Cereal Foods World*, 45, 303-306.
- Ghiselli, L., Benedettelli, S., Neri, L. (2010). Varietà di frumento antiche potenziali fonti di qualità. *L'Informatore Agrario*, 38, 2-3.
- Guttieri, M. J., McLean, R., Lanning, S. P., Talbert, L. E., & Souza, E. J. (2002). Assessing environmental influences on solvent retention capacities of two soft white spring wheat cultivars. *Cereal Chemistry*, 79(6), 880-884.
- <https://simc.arpae.it/dext3r/>
- Kiumarsi, M., Shahbazi, M., Yeganehzad, S., Majchrzak, D., Lieleg, O., & Winkeljann, B. (2019). Relation between structural, mechanical and sensory properties of gluten-free bread as affected by modified dietary fibers. *Food chemistry*, 277, 664-673.
- Kweon, M., Slade, L., & Levine, H. (2011). Solvent retention capacity (SRC) testing of wheat flour: Principles and value in predicting flour functionality in different wheat-based food processes and in wheat breeding—A review. *Cereal Chemistry*, 88(6), 537-552.
- Migliorini, P., Spagnolo, S., Torri, L., Arnoulet, M., Lazzarini, G., Ceccarelli, S. (2016). Agronomic and quality characteristics of old, modern and mixture wheat varieties and landraces for organic bread chain in diverse environments of northern Italy, *European journal of agronomy*, 79, 131-141.
- Parenti, A., Guerrini, L., Granchi, L., Venturi, M., Benedettelli, S., & Nistri, F. (2013). Control of mixing step in the bread production with weak wheat flour and sourdough. *Journal of Agricultural Engineering*, 44(2s).
- Peressini, D., Pin, M., & Sensidoni, A. (2011). Rheology and breadmaking performance of rice-buckwheat batters supplemented with hydrocolloids. *Food hydrocolloids*, 25(3), 340-349.
- Pike, P. R., & MacRitchie, F. (2004). Protein composition and quality of some new hard white winter wheats. *Crop science*, 44(1), 173-176.
- Pomeranz, Y., (1971). "Wheat: Chemistry and Technology". American association of Cereal Chemists, St. Paul, Minn., (2a ed.).
- Pomeranz, Y., (1987). "Modern cereal science and technology". VCH Publishers inc., New York.
- Ram, S., Dawar, V., Singh, R. P., & Shoran, J. (2005). Application of solvent retention capacity tests for the prediction of mixing properties of wheat flour. *Journal of Cereal Science*, 42(2), 261-266.
- Singh, H., & MacRitchie, F. (2001). Application of polymer science to properties of gluten. *Journal of Cereal Science*, 33(3), 231-243.
- STABLE MICRO SYSTEMS. 1995. The Measurement of Dough and Gluten Extensibility Using the SMS/Kieffer Rig and the TA.XT2 Texture Analyser, Stable Micro Systems, Surrey, U.K.).
- Tellarini, S. (2017). *Grani e gente: tutto quello che avreste voluto sapere sui vecchi grani e sui loro uomini*, Editrice Stilgraf, Cesena.
- Wang, J. S., Zhao, M. M., & Zhao, Q. Z. (2007). Correlation of glutenin macropolymer with viscoelastic properties during dough mixing. *Journal of Cereal Science*, 45(2), 128-133.

5 Considerazioni finali

Riportare qui ogni considerazione che si ritiene utile inviare all'Amministrazione, inclusi suggerimenti sulle modalità per migliorare l'efficienza del processo di presentazione, valutazione e gestione di proposte da cofinanziare

6 Relazione tecnica

DA COMPILARE SOLO IN CASO DI RELAZIONE FINALE

Descrivere le attività complessivamente effettuate, nonché i risultati innovativi e i prodotti che caratterizzano il Piano e le potenziali ricadute in ambito produttivo e territoriale

Il presente Progetto è nato dalla necessità delle aziende biologiche di utilizzare varietà coltivate che non solo siano state prodotte in regime biologico (consentendo a tali agricoltori di non dover fare ricorso alla deroga richiesto dagli schemi di produzione biologica nel caso di utilizzo di seme non ottenuto in biologico), ma che siano anche state selezionate in modo specifico per una modalità di produzione a basso input, quale appunto è il regime biologico. Tale fabbisogno risulta spesso disatteso, in quanto le aziende biologiche si trovano ad affrontare il problema generalizzato del numero limitato di semente prodotta in regime biologico, nonché il fatto che sovente tali sementi sono di varietà selezionate e concepite per una agricoltura ad alto input, quale è la agricoltura convenzionale.

L'avvio dell'Esperimento Comunitario avviato con la decisione di esecuzione della commissione 2014/150/UE del 18 marzo 2014, ha consentito di realizzare sperimentazione temporanea, allo scopo di valutare se la produzione e la commercializzazione, a determinate condizioni, delle sementi di popolazioni appartenenti alle specie *Avena spp.*, *Hordeum spp.*, *Triticum spp.* e *Zea mays L.*, possano costituire un'alternativa migliore rispetto all'esclusione della commercializzazione delle sementi non conformi alle prescrizioni dell'articolo 2, paragrafo 1, lettere e), f) e g), della direttiva 66/402/CEE, ma soprattutto valutare che l'utilizzo di questo materiale possa comportare vantaggi nella produzione biologica, o in un'agricoltura a basso impiego di fattori di produzione.

Tale decisione, ha richiesto la valutazione di alcuni aspetti innovativi e necessariamente differenti rispetto alle normali procedure attuate per la valutazione delle varietà in purezza. In particolare, infatti, si è reso necessario derogare al concetto di varietà, cercando comunque criteri concreti per garantire l'identificazione delle popolazioni stesse, la loro tracciabilità e i luoghi di produzione, al fine di evitare la creazione di un mercato parallelo.

In merito a tali tematiche, il Progetto BIOADAPT ha concretamente contribuito nella sperimentazione di tale materiale, permettendo a tutti gli attori coinvolti nella produzione, pulitura, selezione, commercializzazione e certificazione di acquisire informazioni utili nonché un'esperienza concreta e pratica in merito alle popolazioni stesse.

Tali informazioni rappresenteranno una formazione utile ed efficace per l'entrata in vigore del nuovo Regolamento Europeo 848/2018 del Biologico del 30/05/2018, che entrerà in vigore nel 2021, e che prevede la possibilità di utilizzare materiale eterogeneo - come le popolazioni - per l'agricoltura biologica.

Inoltre, lo studio dettagliato delle performance agronomiche, nutrizionali e nutraceutiche delle popolazioni evolutive, confrontate con le varietà in purezza rappresenta uno dei primi studi volti a valutare scientificamente le performance agronomiche e nutrizionali di una popolazione evolutiva di frumento tenero. Complessivamente le varietà antiche e la popolazione Bioadapt hanno confermato la loro bassa suscettibilità ai principali patogeni del frumento tenero e un'elevata competitività nei confronti delle infestanti. I genotipi delle singole varietà coltivate in purezza e delle popolazioni evolutive hanno raggiunto standard produttivi e qualitativi differenti, in funzione sia dell'andamento climatico che delle condizioni ambientali dei differenti areali di coltivazione.

In particolare, va segnalato che i caratteri agronomici analizzati hanno evidenziato un effetto additivo all'interno della popolazione evolutiva, unitamente ad una maggiore stabilità osservata nei tre anni

oggetto di studio. Per i caratteri nutrizionali e nutraceutici, invece, la popolazione evolutiva Bioadapt presenta valori intermedi rispetto alle varietà in purezza che la costituiscono.

Concludendo si può affermare che le le popolazioni evolutive possono rappresentare un materiale genetico valido per una maggiore stabilità produttiva, in particolare in sistemi agricoli biologici e/o a basso input.. Esse inoltre possono soddisfare la continua domanda da parte dei consumatori di prodotti dalla provenienza certificata e dall'elevata qualità nutrizionale, la cui coltivazione avvenga nel rispetto dell'ambiente, soddisfacendo al contempo le esigenze produttive degli agricoltori.

Bologna, 12/03/2020

