



**POLITECNICO
DI TORINO**

PROGETTO GLUME

Ricerca sperimentale per la valorizzazione degli scarti di molitura.

Caso studio: Mulino Marino

Politecnico di Torino
Corso di Laurea Magistrale in Ecodesign
A.A. 2018/19

candidato
Danilo Perozzi

relatrice
Prof.ssa Elena Comino

Non chiediamo alla Terra di produrre di più. Facciamo di più con quanto la Terra già produce.

Gunter Pauli

In Italia il frumento occupa circa 1,8 milioni di ettari e rappresenta il cereale maggiormente coltivato e consumato. Durante il processo di produzione delle farine, il comparto di prima trasformazione risulta essere la fase fondamentale nella generazione e gestione di sottoprodotti e scarti. Circa il 30% del chicco non finisce nella farina ed è riconosciuto come ricco di proteine, fibre, minerali e fitonutrienti. A seguito di questa indagine si è avviata la collaborazione con il Mulino Marino. L'analisi dei flussi di materia individua le bucce di grano (BG) e la sabbia organica come residui non classificati nei sottoprodotti. La loro produzione annua ammonta a 80 t/anno. Prendendo spunto dalla bio-economia circolare e dalle strategie di sviluppo sostenibile, vengono esaminati tre casi studio di aziende connesse al settore agricolo. Le imprese si focalizzano nell'impiego di matrici organiche come risorse per uno sviluppo strategico connesso al territorio. Le criticità emerse dalla loro analisi sono state utili per l'elaborazione di un protocollo di sperimentazione utilizzando gli scarti del Mulino Marino.

Il Progetto Glume rappresenta l'insieme di prove sperimentali eseguite sulle BG. La caratterizzazione chimico-fisica è stata svolta per comprenderne le qualità. Il report di analisi attesta atossicità, presenza di amido pari al 18%, componenti di fosforo, magnesio e zinco.

Attraverso strumenti artigianali per l'esecuzione e il monitoraggio dei test, sono state esplorate le potenzialità dello scarto. Essendo un residuo ricco di amido e di ottime proprietà nutritive, sono state testate le performance come biopolimero (a) e come composto per la formazione di materiale bio-based (b). Le prove sono state eseguite partendo da ricette validate, dove sono state integrate le BG per valutarne le capacità materiche.

Nel primo caso, la trasformazione degli amidi tramite gelatinizzazione (a) avviene a temperature comprese tra 60° e 70°C dopo che la materia viene idratata e resa plasmabile. Processi di compressione, laminazione ed estrusione sono idonei alla lavorazione dell'impasto. Una volta stabilizzato può essere saldato utilizzando calore di superfici a contatto (160°C). Le proprietà fisiche del materiale ottenuto sono comparabili a quelle delle termoplastiche.

Nel secondo caso, la formazione della cellulosa microbica (b) attraverso processi fermentativi non richiede calore. La temperatura di lavoro è compresa tra 20° - 25°C. Il test viene svolto in vasca, la quale limita le dimensioni del materiale in lunghezza e larghezza. La durata del processo fermentativo ne condiziona l'altezza e le proprietà fisico-chimiche. La natura auto-rigenerativa dei batteri acetici permette di avere stabilmente la risorsa per creare la materia.

La principale criticità riguarda la deformazione della materia durante la fase di asciugatura. In entrambi i casi (a, b) è necessario eseguire asciugatura controllata per determinare la stabilità del materiale finale. La seconda criticità riguarda l'aspetto igienico sanitario essendo la materia organica soggetta all'azione dell'ambiente circostante. I risultati evidenziano le potenzialità e le criticità delle bucce di grano come matrice per materiali alternativi alla plastica monouso. Le prime prove di biodegradabilità ne attestano l'idoneità al compostaggio. Il lavoro di ricerca è stato svolto al fine di offrire una strategia di valorizzazione degli scarti molitori, trasformandole da scarto a risorsa.

In Italy, wheat occupies about 1.8 million hectares and it is the cereal most widely cultivated and consumed. During the production process of flour, first processing sector is the fundamental phase in generating and managing both of by-products and waste. About 30% of kernel does not end up in flour and it is recognized as rich in protein, fiber, minerals, phytonutrients and micronutrients.

Following this observation, a collaboration with mill company Mulino Marino was started. Analysis of material flows identifies wheat husks (BG) and organic sand as residues not classified as by-products. Their annual production amounts to 80 t/year.

Based on circular bio-economy and sustainable development strategies, three case studies of companies related to agricultural sector are examined. Companies focus on the use of organic matrices as resources for strategic development related to the territory. Emerged critical points from their analysis were useful to shape an experimental protocol using the waste from the Mulino Marino.

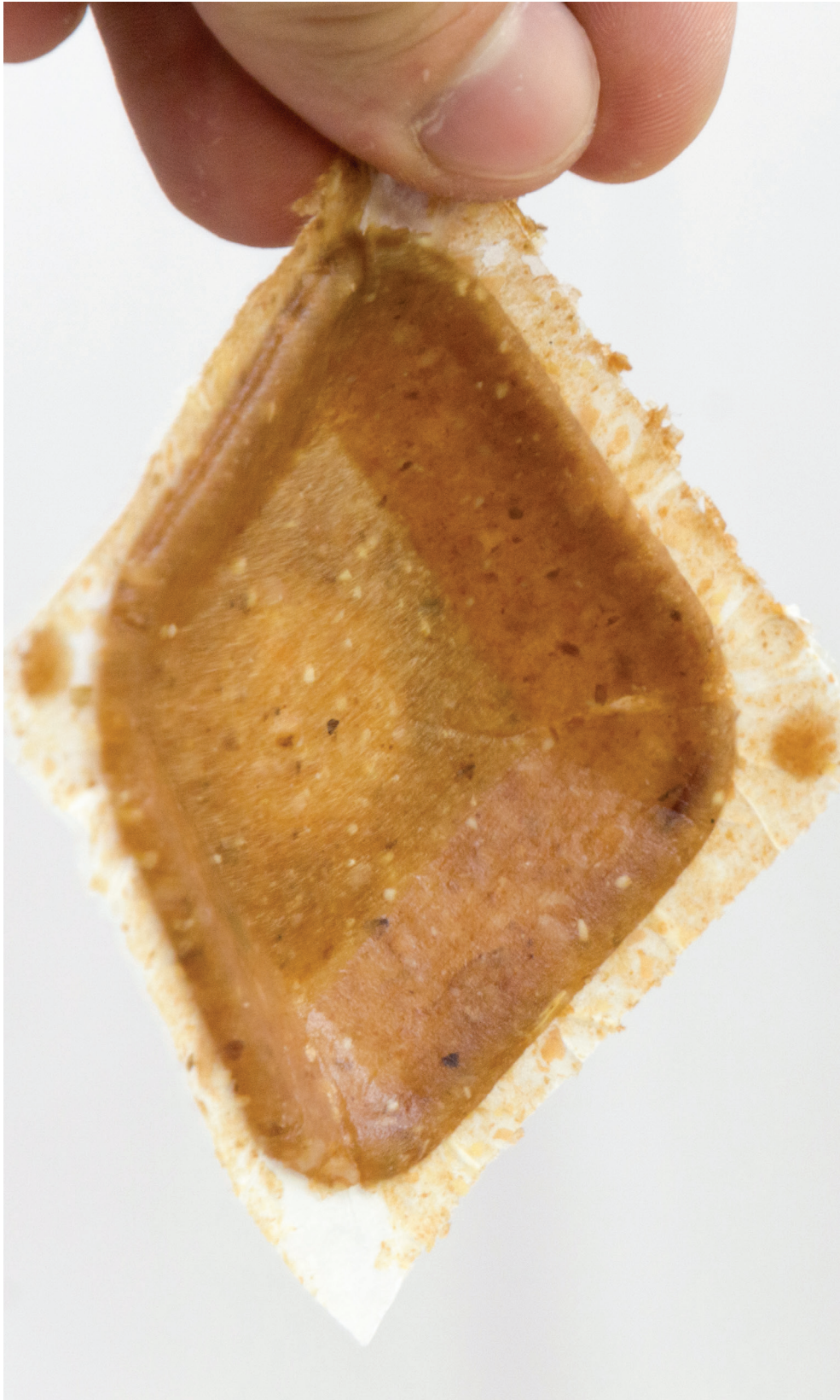
Progetto Glume represents a set of experimental tests carried out on the BG. Chemical-physical characterization was carried out to understand the qualities. The analysis report certifies non-toxicity, presence of starch equal to 18%, components of phosphorus, magnesium and zinc. Qualities that are not optimized in the management of organic waste.

The potential of waste was explored through craft tools for the execution and monitoring of the tests. Being a residue rich in starch and with excellent nutritional properties, performances were tested as a biopolymer (a) and as a compound to form a bio-based material (b). Tests were performed starting from validated recipes, where BG were integrated to evaluate their material capabilities.

In the first case, transformation of the starches by gelatinisation (a) takes place at temperatures between 60° and 70°C after the matter is hydrated and made malleable. Compression, lamination and extrusion processes are suitable to the processing of the mixture. Once stabilized, it can be welded using heat from contact surfaces (160°C). The physical properties of material obtained are comparable to those of thermoplastics.

In the second case, the formation of microbial cellulose (b) through fermentation processes does not require energy supply. The working temperature is between 20° - 25°C. The test is carried out in tank which limits the dimensions of the material in length and width. Fermentation process timing affects to the height and the physical-chemical properties. Self-regenerative nature of the acetic bacteria allows to have permanently the resource to recreate material.

The main criticality found concerns the deformation of the material during drying phase. In both cases (a, b) controlled drying is necessary to determine the stability of final material. A second matter concerns the hygienic-sanitary aspect, since organic matter is subject to the action of the surrounding environment. Results highlight the potential and criticality of wheat husks as a matrix for alternative materials to disposable plastics. The first tests of biodegradability attest to their suitability for composting. The research work was carried out in order to offer a strategy for the valorisation of milling waste, transforming it from waste to resource.



***Nota**

Le fotografie che non presentano la fonte o senza riferimento d'autore sono state realizzate nell'ambito del progetto di tesi e ne costituiscono parte integrante.

INDICE

9. introduzione

13. capitolo 1 FILIERA CEREALICOLA

Cambiamenti radicali
Organizzazione
Cereali
Scenario globale
Cerealicoltura in Italia

27. capitolo 2 SOTTOPRODOTTI DELLA FILIERA

Scarto o sottoprodotto?
Comparto agricolo
Residui della macinazione
Ruolo dei mulini
Applicazioni non convenzionali

43. capitolo 3 MULINO MARINO

Territorio
Barbarità
Famiglia Marino
Mulino Marino
Analisi del residuo

75. capitolo 4 PROGETTO GLUME

Scenario
Materiali circolari
Imprese virtuose
Criticità ed opportunità
Concept
Sviluppo sperimentale
Polimero vegetale
Cellulosa microbica
Biodegradabilità

131. capitolo 5 VALUTAZIONI

Criticità
Aspetti positivi
Sfide future

147. conclusione

149. Bibliografia
151. Sitografia
153. Allegati

Paglia e fieno
sono la stessa
cosa?

Qual'è
la differenza tra
grano duro e
grano tenero?

Quante varietà
di grani ce

Quale parte
del chicco
viene
trasformata in
farina?

INTRODUZIONE

La ricerca sperimentale redatta nelle pagine che seguono indaga le possibilità del design di valorizzare i residui dell'industria molitoria. Questo lavoro nasce in seguito ad alcune riflessioni relative alle attività didattiche e lavorative intraprese, connesse al mondo della panificazione e conseguentemente ai cereali. Durante l'esperienza di start-up del progetto Mylbread, nato durante le attività promosse da Expo 2015, insieme al team di lavoro sono state analizzate dinamiche inerenti all'aumento delle intolleranze alimentari nei consumatori di prodotti da forno. Con il supporto Future Food Institute si è sviluppato un progetto per dare luogo ad idee e spunti per conoscere, valorizzare e promuovere le realtà produttive artigianali. Da questi primi passi si è cercato di creare una community che mettesse in relazione i piccoli forni artigianali e i consumatori. Forno Brisa, La Bottega dei Grani Antichi e Molino Urbano. Queste sono le prime imprese di panificazione con le quali si è instaurato un rapporto di discussione e di scambio di punti di vista. L'approfondimento delle dinamiche legate all'intera filiera cerealicola è stato possibile grazie alla loro disponibilità di condividere le esperienze. Durante il periodo di attività della start-up, le trasformazioni cerealicole, le materie prime e i processi sono diventati il focus di ricerca personale e lavorativa. Dopo la chiusura del progetto Mylbread, tale ricerca è continuata seguendo da lontano il lavoro dei panificatori agricoli urbani Pasquale Polito e Gregorio Di Agostini, ex-studenti dell'Università di Scienze Gastronomiche di Pollenzo. L'analisi che ne risulta evidenzia come le maggiori problematiche del settore cerealicolo siano legate alla scarsa valorizzazione degli attori che sono alla base del sistema produttivo. L'incontro con Gilberto Croceri dell'azienda agrobiologica La Viola e Gianfranco Rosati, agricoltore di grani locali abruzzesi, entrambi fornitori del Forno Brisa, permette di ampliare la consapevolezza dei bisogni di questo settore. Dal dialogo instaurato con loro scaturisce l'interrogativo di come e se il design possa creare nuove strategie di sviluppo sostenibili per il settore cerealicolo. Le suggestioni per la realizzazione di questo progetto sono state molteplici. La partecipazione alla summer school "Camp di Grano", promossa dal Rural Hub e dalla Proloco di Caselle in Pittari (Salerno) permette di comprendere come sia indispensabile intervenire con strategie sistemiche in contesti rurali. Queste devono essere indirizzate alla valorizzazione delle produzioni territoriali per agire sul comparto di produzione cerealicolo. Cereali antichi, biblioteche del grano a cielo aperto e discussioni sul significato di design sono

un bagaglio importante per capire meglio cosa accade durante la coltivazione dei cereali e quali sono le relative ricadute sociali ed economiche. La conseguenza delle esperienze descritte è sfociata in attività di sensibilizzazione e comunicazione dei prodotti primari della molitura, le farine. Sono stati organizzati una serie di workshop pratici e teorici sulla panificazione, sui processi di lievitazione e sulle specificità delle varietà di frumento. Lo scopo è quello di coinvolgere i partecipanti nella riflessione sull'uso e consumo dei prodotti da forno. Grazie a Rete ONG e all'azienda Cascina Escuelita di Montalto Dora, uno dei laboratori è stato svolto a Torino presso la sede di Agrobarrera. Nella ricerca di tesi sono state indagate le modalità attraverso le quali il design possa relazionarsi con gli attori della filiera cerealicola proponendo delle alternative alle normali pratiche non in linea con lo sviluppo sostenibile.

L'elaborato presenta tre tematiche differenti che sono state discusse. La prima è costituita dall'analisi sui dati del settore cerealicolo e sul controverso panorama italiano delle sostanze definibili *rifiuto* rispetto a quelle che sono identificate come *sottoprodotto*. La seconda parte riguarda il caso studio Mulino Marino, storica impresa molitrice, scoperta durante il periodo di attività della start-up e conosciuta in seguito alle ricerche svolte sul territorio cuneese. Nell'elaborato sono state analizzate le caratteristiche dell'azienda, studiandone i flussi di materia e i processi di trasformazione. Nella terza fase, la ricerca propone le sperimentazioni che possono generare scenari futuri per trasformare in valore tangibile le qualità di una sostanza ad oggi considerata scarto. Gli esperimenti intrapresi vogliono validare se il residuo di molitura può essere trasformato in risorsa dalla quale creare nuova materia. Lo spunto principale dal quale è stata sviluppata la sperimentazione è maturato a seguito dell'incontro avuto con Davide Longoni, in occasione di "Materiale Pane" tenutosi a Milano. Durante questo evento è stato chiesto agli studenti dell'Università di design di San Marino di esperire l'impasto del pane come un materia da modellare e progettare. L'obiettivo era quello di ideare un oggetto utilizzando farina e acqua, ottimi componenti base per creare una materia bio-based. L'opportunità offerta da questo cambio di prospettiva ha ispirato l'esecuzione degli esperimenti descritti in questa ricerca, nei quali sono state applicate modalità di lavorazione artigianali, spesso vicine al mondo della panificazione e pastificazione. Il Progetto Glume si propone di esplorare se sia possibile da un lato testare con metodo scientifico le materie realizzate a partire dal residuo molitorio e se queste ultime possano divenire materia circolare. Dall'altro lato, l'obiettivo è quello di esplicitare quali siano i passaggi per creare un progetto di ricerca con obiettivi di validazione sulla disponibilità del residuo, studiando le migliori strategie per uno sviluppo di imprese che ottimizzino i residui molitori e agricoli territoriali.



Fig.0.2
Gianfranco Rosati, referente
Cereali Antichi di Civiltà contadina.
Nocciano, Pescara.

Fig.0.3
Davide Longoni, fornaio e proprietario
dell'omonimo Panificio Davide
Longoni. Milano.



FILIERA CEREALICOLA

Cambiamenti radicali

13

Durante un intervento tenutosi nel luglio 2008 in occasione del Taste 3 organizzato da TED Talk, Peter Reinhart, panificatore e autore di diversi libri di cucina e scienza, è alla ricerca della risposta alla domanda: “Cosa c’è di così speciale nel pane?” (Reinhart, 2008). Il risultato al quale Reinhart arriva, dopo una narrazione dettagliata delle azioni necessarie per la realizzazione di un pane, offre un punto di vista simbolico che aiuta a comprendere meglio cos’è la filiera cerealicola, prima di analizzarla attraverso chiavi di lettura maggiormente concrete. La sintesi da lui proposta vede la filiera cerealicola come un insieme di trasformazioni radicali guidate dal volere umano con l’obiettivo della creazione di cibo, dunque di nutrire. Gli alimenti chiamati comunemente farinacei sono i risultati della filiera cerealicola. Essi sono frutto di molteplici trasformazioni radicali, o per meglio dire, cambiamenti irreversibili. La *prima trasformazione* avviene durante la raccolta e macinazione del cereale, al termine della quale si ottiene la farina. L’uomo attraverso la frantumazione del seme raccolto, nega la potenziale creazione di una nuova pianta. La *seconda trasformazione* radicale si verifica nel laboratorio di panificazione, tutto sta nelle mani del fornaio. L’aggiunta di lievito ed acqua creano nuove relazioni tra le componenti della farina, ridonandole la vita. Durante questo cambiamento la polvere solitamente biancastra composta da sostanze nutritive diventa impasto. Tramite azione

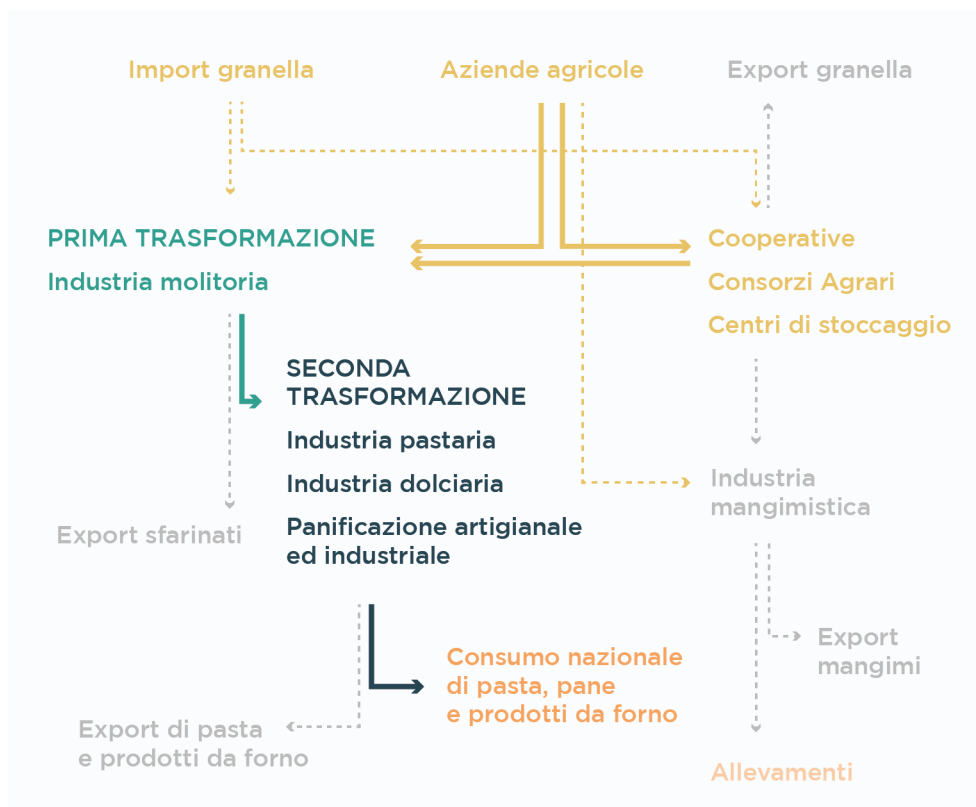
enzimatica inizia a svilupparsi e quindi a crescere, lieviti e batteri aiutano ad ossigenare l'impasto facendolo respirare. La *terza trasformazione* radicale infine avviene durante la cottura. Le reazioni e relazioni accennate in precedenza, sintetizzabili in fermentazione, e la maggior parte dei propri componenti raggiungono il TDP (thermal death point), oltre il quale cessano la loro esistenza (Gardiner et al., 1998). L'insieme di questi processi dà origine a ciò che viene chiamato alimento base: il pane.

Questa lettura delle trasformazioni indotte dall'uomo aspira a mettere in evidenza come tutti gli alimenti generati della filiera cerealicola, pane e simili, siano carichi di una valenza simbolica ormai insita nella psiche umana. L'importanza della filiera cerealicola per l'evoluzione del genere umano è testimoniata anche e soprattutto dalle credenze dei popoli antichi, Brahma in India, Iside in Egitto, Demetra in Grecia, Cerere in Sicilia (dalla quale il nome "cereale"). Perseguendo con l'obiettivo di comprendere cosa sia la filiera cerealicola, si rimandano al capitolo 2 delle considerazioni sulla relazione uomo, grano e territorio prendendo spunto dal libro *Cooked* di M. Pollan (2013).

Organizzazione

14

Passando ad una lettura concreta del significato di filiera e tralasciando solo momentaneamente il termine cerealicola, come riportato sul dizionario Treccani, per *Filiera produttiva* s'intende una "catena di passaggi produttivi che precedono l'arrivo della merce sullo scaffale del negozio ad esempio, nel settore della pasta secca, la filiera produttiva comprende la produzione di grano, la molitura, la produzione di pasta, il settore del confezionamento con film, inchiostri, adesivi, ecc., il magazzinaggio del prodotto finito, il trasporto fino alla vendita nei punti di distribuzione". Nel settore agroalimentare la legge a tutela della salute del consumatore finale (Regolamento CE 178/2002 - D.Lgs. n. 190 del 5 aprile 2006), impone alle aziende che appongono il marchio sul prodotto la capacità di rintracciare, in ogni momento, la filiera produttiva partendo dal codice di lotto stampato sulla confezione: con tracciabilità di filiera si intende appunto la possibilità di ricostruire tutti i passaggi della produzione e il processo informativo che segue il prodotto da monte a valle e con rintracciabilità di filiera si intende la possibilità di ricostruire il processo inverso. La definizione di filiera in ambito agricolo viene coniata dall'agronomo francese Louis Malassis nel 1973, il quale definisce la filiera come l'insieme di attori, operazioni e flussi di materia ed energia in relazione tra essi che contribuiscono alla formazione e al trasferimento del prodotto fino allo stadio finale di utilizzazione (Giarè et al., 2012). La filiera cerealicola rientra nella macro categoria delle filiera agro-alimentari,



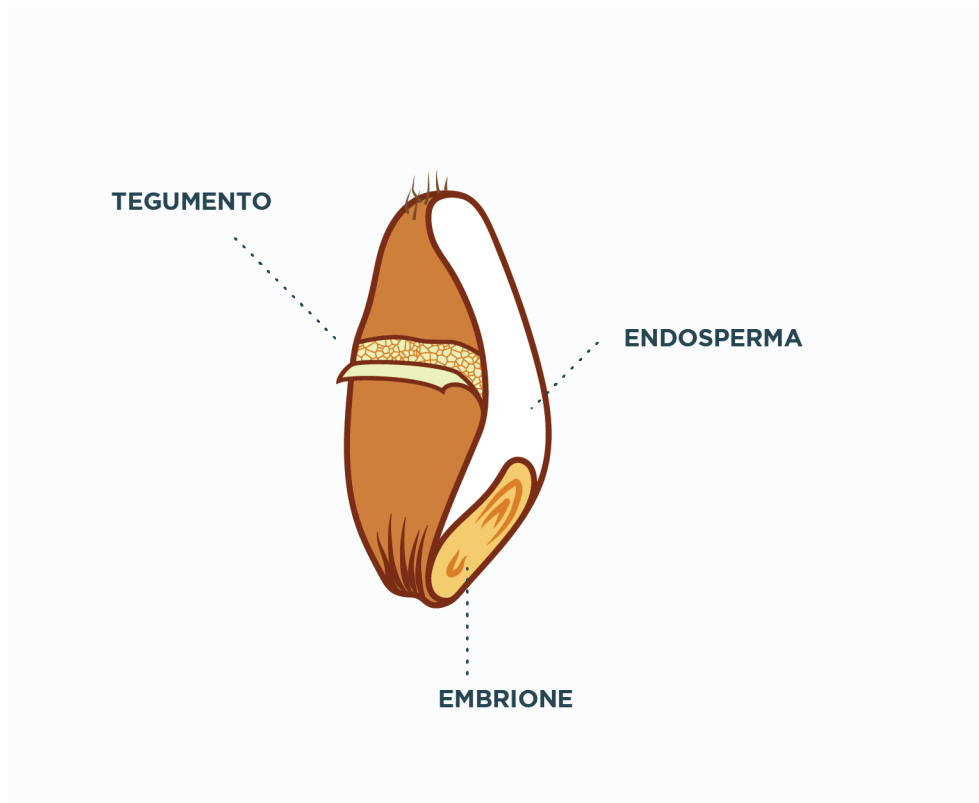
15

per tanto coinvolge tutti e tre i settori delle attività economiche: l'agricoltura attraverso la produzione delle materie prime, l'industria con la loro trasformazione e la fornitura di macchine, il terziario principalmente con la distribuzione e la commercializzazione. In alcuni casi può essere aggettivata come *F. corta*, quando il consumatore accede direttamente dal prodotto agricolo, oppure essere preceduta da *Progetto Integrato di F.* per descrivere, in ambito di sviluppo rurale, strategie di intervento su problematiche settoriali e territoriali (Zecca, 2016). Riassumendo, con filiera cerealicola s'intende un sistema agro-alimentare costituito da un insieme di agenti e rispettive attività che concorrono alla produzione, trasformazione, distribuzione e commercializzazione di prodotti a base di cereali, semilavorati o finiti. Gli attori che operano in questa catena di relazioni sono differenti.

Nella fase di produzione si possono classificare in imprese sementiere, imprese agricole, imprese di stoccaggio, servizi di assistenza tecnica e centri di ricerca, come ad esempio il CREA (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria).

La fase di trasformazione necessita di essere suddivisa in primaria, dove si trovano mulini, mangimifici, semolifici e malterie. Mentre nell'insieme della trasformazione seconda-

Fig.1.2
Segmentazione della filiera cerealicola.



16

ria si trovano pastifici, panifici industriali, industria dolciaria e tutte le realtà artigianali che trasformano a loro volta la farina.

Infine nelle fasi di distribuzione e commercializzazione si trovano consorzi agrari, cooperative agricole, sacchettifici, centri agroalimentari ed aziende zootecniche. All'interno di questa fase entrano anche in gioco nuove relazioni con filiere ed altri attori. Nella commercializzazione le relazioni con GDO, settore ristorativo, vendita al dettaglio e consumatore sono da considerate fondamentali per la sostenibilità economica dell'intera filiera.

La filiera cerealicola è dunque un sistema complesso che prevede la connessione tra diverse attività al fine di produrre gli alimenti base sia della vita umana che di quella animale. Compreso il sistema ed inquadrati i tasselli che ne prendono parte, si è consapevoli di quali siano i cereali che vengono coltivati, trasformati, distribuiti e commercializzati?

Cereale

Prima di prendere visione dei dati sulle produzioni dei cereali, è necessario esplicitarne la loro natura. Cosa e quali sono le materie prime di questo settore agroalimentare? Dunque,

Fig.1.3
Componenti della cariosside del cereale.

il termine cereale si riferisce ai membri della famiglia delle graminacee e ne determina nove specie: frumento (*triticum*), segale (*secale*), orzo (*hordeum*), avena (*avena*), riso (*oryza*), miglio (*pennisetum*), mais (*zea*), sorgo (*sorghum*) e tritcale, quest'ultimo un ibrido costituito da frumento e segale. Andando a ritroso, le graminacee fanno parte delle coltivazioni erbacee alimentari, ovvero l'insieme di piante con frutto ad elevata digeribilità. Cereali, legumi, tuberi e piante orticole rappresentano questa tipologia di cultivar (Cozzolino et al., n.d.). La coltura dei cereali fornisce quotidianamente sostanze nutritive ed energia essenziali nell'alimentazione umana. Questo fenomeno può avvenire attraverso un consumo diretto dei cosiddetti farinacei oppure in maniera indiretta tramite la produzione di carne, poiché i cereali costituiscono il principale alimento per il bestiame da allevamento. Ognuna di queste famiglie di graminacee possiede qualità differenti che spaziano dall'utilizzo alla provenienza geografica. La caratteristica dei cereali rispetto alle altre piante erbacee alimentari è nella struttura della pianta e dei propri semi. Possono cambiare forme, colori, qualità degli elementi costitutivi, sapore e gusto, ma sono in ogni caso costituite da un fusto, chiamato culmo, dei fiori, raccolti in infiorescenze denominate spighe, pannocchie o racemi, e dei frutti, chiamati cariossidi. La cariosside, o chicco, delle graminacee è composta da tre elementi:

- * Endosperma, la polpa del chicco;
- * Embrione, l'agglomerato di elementi per una nuova potenziale pianta;
- * Tegumento, la membrana protettiva del chicco.

17

Le cariossidi (semi, chicchi, granaglie, granella) di cereale contengono un'ingente quantità di endosperma, che rappresenta la frazione del seme favorita per la prima trasformazione in sfarinati e successivamente in prodotti farinacei. Se questa condizione è vera per l'alimentazione umana, il settore mangimistico è interessato alle frazioni tegumentose, ricche di fibre e adatte come mangime per bestiame poligastrico. Compresa la natura della materia prima, che si trova alla base della filiera cerealicola che permette di movimentare questo sistema, quali sono i quantitativi a livello mondiale?

Scenario globale

Per avere idea della grandezza di questo settore sono stati riportati i dati della Food and Agriculture Organization (FAO) inerenti al terreno occupato dalle coltivazioni cerealicole. Nell'anno 2017 si sono registrati 721 milioni di ettari (ha) dedicati alla coltivazione di cereali. La tabella in *fig.1.4* a pagina successiva mostra i terreni occupati dalle singole coltivazioni e le

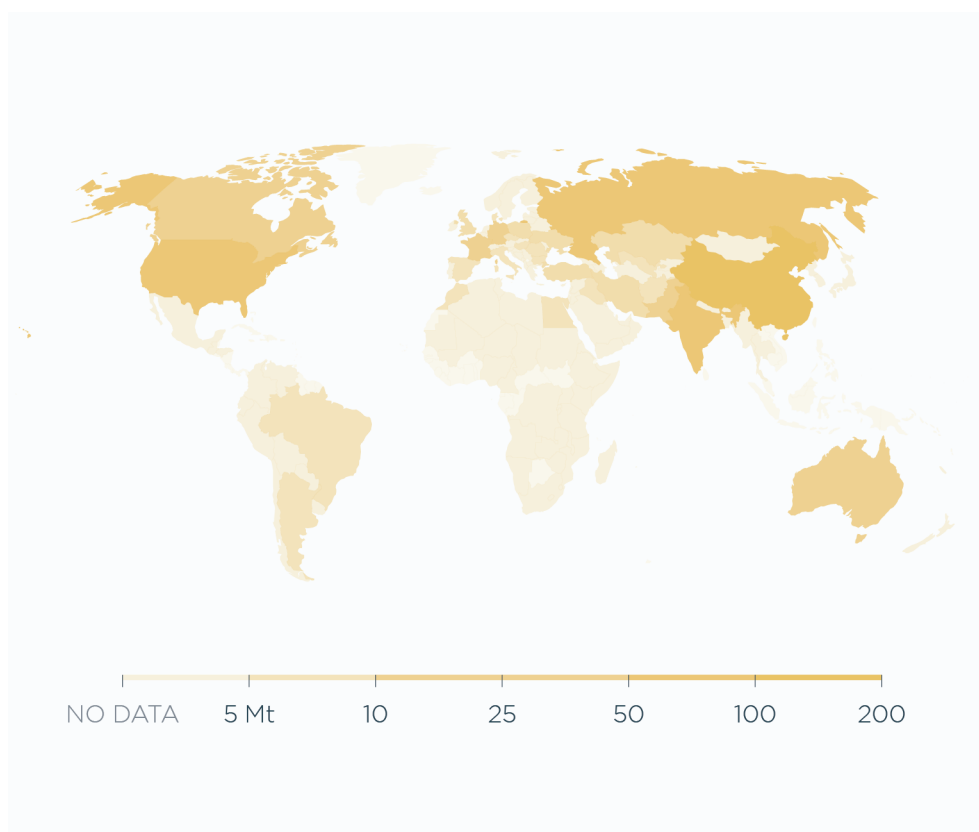
medie delle rispettive rese. Come si può osservare, frumento, mais e riso sono le graminacee maggiormente coltivate sul pianeta poiché, fatta eccezione del Triticale, risultano anche le coltivar con la migliore resa produttiva.

La resa dei cereali viene calcolata sommando il peso delle granaglie raccolte, diviso l'area interessata alla coltivazione. Il valore della resa viene espresso dunque in ettogrammo per ettaro (hg/ha). Le coltivazioni di mais, riso e frumento raggiungono in totale una produzione annua di circa 2676 Mt (2017). Gli areali coinvolti in queste produzioni sono Stati Uniti, Cina e Brasile per quel che riguarda il mais, che chiude con 1134 Mt di granella raccolta. Cina, India ed Indonesia detengono la maggior concentrazione della produzione del riso, che si avvicina intorno alle 800 Mt. Mentre il frumento ammonta a circa 780 Mt e viene coltivato principalmente in Cina, Russia, America del Nord ed India, come suggerisce la mappa in *fig.1.5*. Inoltre, per avere idea dei flussi economici generati dalla produzione del frumento, la borsa francese di Rouen indica quota 179 euro/t per il grano tenero, mentre il valore del grano duro ha raggiunto quota 220 euro/t (Matif, 2019). Osservati i valori economici e l'imponenza in ettari occupati di questo settore agricolo dal quale dipendono alimentazione umana e animale, nella *fig.1.6* (a pagina 20) si suggerisce uno spunto di riflessione che deve essere interpretato in

18

Cereale	Area coltivata (ha)	Resa (hg/ha)
FRUMENTO	218543071	35312
MAIS	197185936	57547
RISO	167249103	46019
ORZO	47009175	31356
SORGO	40674113	14162
MIGLIO	31244432	9109
AVENA	10194793	25453
SEGALE	4482291	30640
TRITICALE	4165783	37360

Fig.1.4
Areali occupati e rese dei cereali.
Fonte: FAO



19

termini di sostenibilità ambientale, ovvero sottolineare ed affrontare i limiti del sistema terra.

Si stima che la produzione annua di cibo nel 2052 possa raddoppiare rispetto a quella odierna, condizionando il consumo medio pro capite di grano del +27% (Randers, 2012). Associando i dati degli scenari futuri di Jorgen Rander, le proiezioni delle Nazioni Unite sulla crescita della popolazione mondiale dove si vede raggiungere quota 9,7 miliardi di individui nel 2050 (Department of Economic and Social Affairs, 2015), ed essendo la coltivazione di cereali la più estensiva del pianeta, si vuole mostrare con chiarezza la necessità di investire in azioni sostenibili. Lo sfruttamento del suolo tramite modelli agronomici che prevedono monoculture e utilizzo intensivo di agenti inquinanti, il cambiamento delle abitudini alimentari che mirano al raggiungimento dell'erroneo, in termini ecologici, stile di vita occidentale e le avversità nella gestione agricola causate dai cambiamenti climatici sono fattori che devono essere affrontati per ristabilire un equilibrio nell'ecosistema terrestre. Essendo la filiera cerealicola alla base dell'alimentazione, è bene tenerne conto nello sviluppo di servizi o sistemi futuri, al fine di proteggere e sostenere l'ambiente. Nel documento ufficiale edito dalla Inter Academy Partnership (IAP), sull'immediato bisogno di cambiamento delle abitudini e della cultura alimentare,

Fig.1.5
Produzione del frumento, 2017.
Misurata in milioni di tonnellate per anno.
Elaborazione grafica su dati FAO.

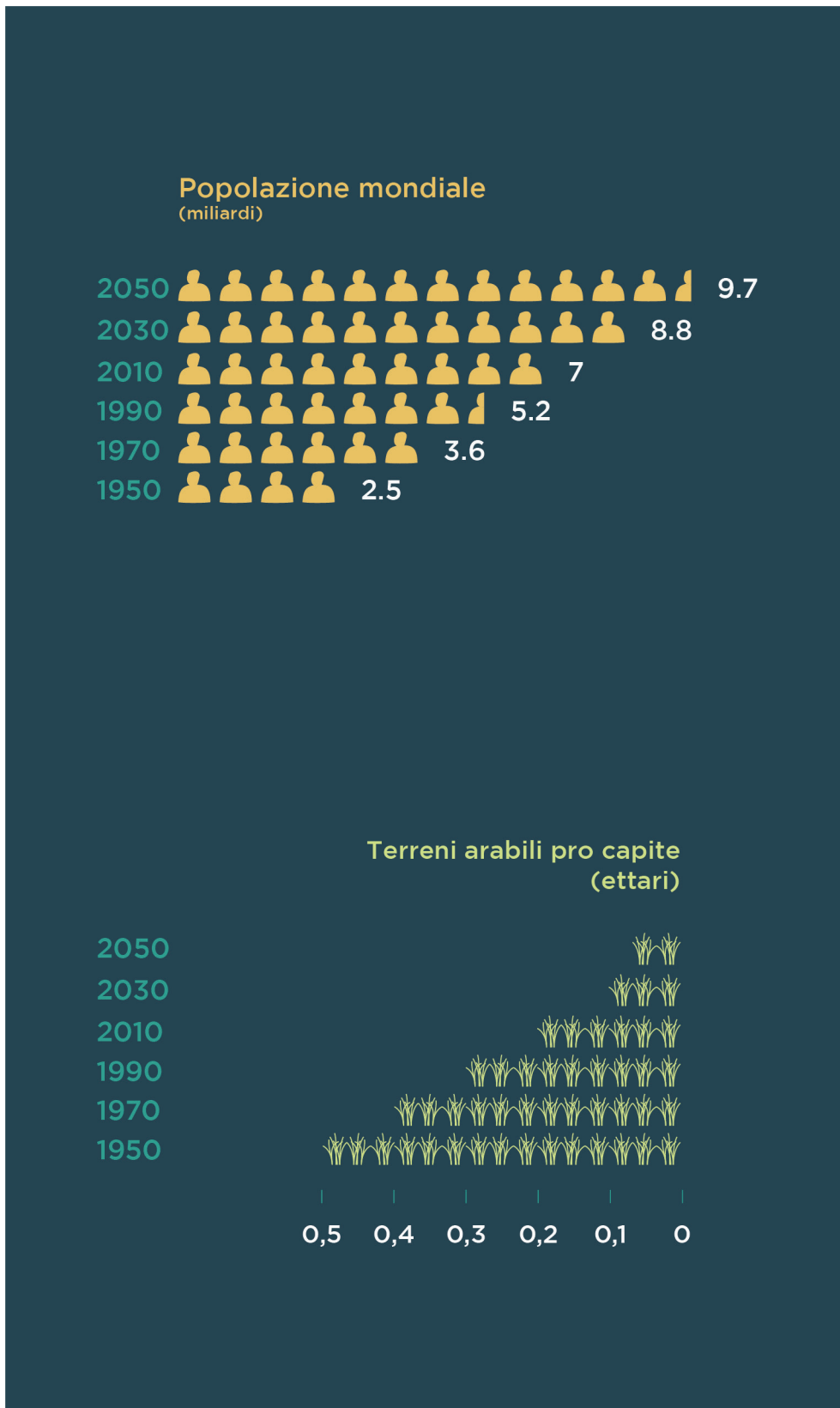


Fig.1.6
Comparazione dati della crescita mondiale
rispetto al suolo arabile pro capite, 2019.
Elaborazione grafica su dati FAO.

firmato da 130 istituzioni accademiche, dal titolo “*Opportunities for future research and innovation on food and nutrition security and agriculture: The InterAcademy Partnership’s global perspective*” si elencano alcune direttive da attuare per far fronte all’innalzamento di 2°C della temperatura del pianeta. Che si possono riassumere in:

- * Sviluppare sistemi alimentari e nutrizionali sostenibili, in una prospettiva di sistemi che garantiscano salute e benessere, legati alla trasformazione verso l’economia circolare e la bioeconomia;
- * Porre l’accento sulla trasformazione verso una dieta sana e una buona alimentazione;
- * Comprendere le questioni relative alla produzione e all’utilizzo degli alimenti, tenendo conto dell’efficienza, della sostenibilità, dei rischi climatici e della diversità delle risorse;
- * Sfruttare le opportunità offerte dalle bioscienze e da altre scienze in rapida evoluzione;
- * Affrontare il nesso cibo-energia-nutrienti-acqua-salute;
- * Promuovere l’attività nelle interfacce scienza-politica e conciliare le interruzioni politiche;
- * Consolidamento e coordinamento dei meccanismi internazionali di consulenza scientifica (IAP, 2018).

21

Cerealicoltura italiana

Riportando ora l’attenzione sui numeri della filiera cerealicola italiana, secondo dati Istat, l’Italia conta 600 mila imprese agricole dedite alla produzione di cereale, la cui capacità produttiva di granella si avvicina nel complesso a 18 Mt annue. Si deve però sottolineare come sul territorio italiano il frumento sia la principale famiglia di cereali coltivati, contando nell’anno 2017 una superficie coltivata di 1,8 milioni di ha con una produzione di circa 7 Mt (Faostat, 2017). Si nota come la resa media del frumento in Italia, pari a 38,5 q/ha, sia maggiore rispetto a quella mondiale. Per comprendere questa inflessione della produzione, del commercio e del consumo di frumento in Italia si sono cercate le motivazioni anche in luoghi non comuni alle statistiche e ai dati. Prendendo ad esempio l’esclamazione stereotipata “pasta, pizza e mandolino” che capita di sentirsi dire se si è italiani all’estero, si può dedurre quanto siano protagonisti i cereali, in particolar modo il frumento nel territorio italiano. Tranne il mandolino infatti, i soggetti usati per descrivere l’Italia sono prodotti composti da sfarinati, ossia frutto delle trasformazioni della filiera cerealicola. Prendendo spunto da questo stereotipo, si

focalizzi l'attenzione sulle materie prime impiegate nella produzione di pasta e pizza. Pur essendo entrambi prodotti da frumento, si devono distinguere due macro categorie all'interno di questa famiglia di graminacee. Infatti il frumento, o grano, maggiormente coltivato può essere classificato in:

* tenero (*triticum aestivum* spp. *Vulgare*), dal quale vengono prodotte le farine, generalmente adoperate nella panificazione;

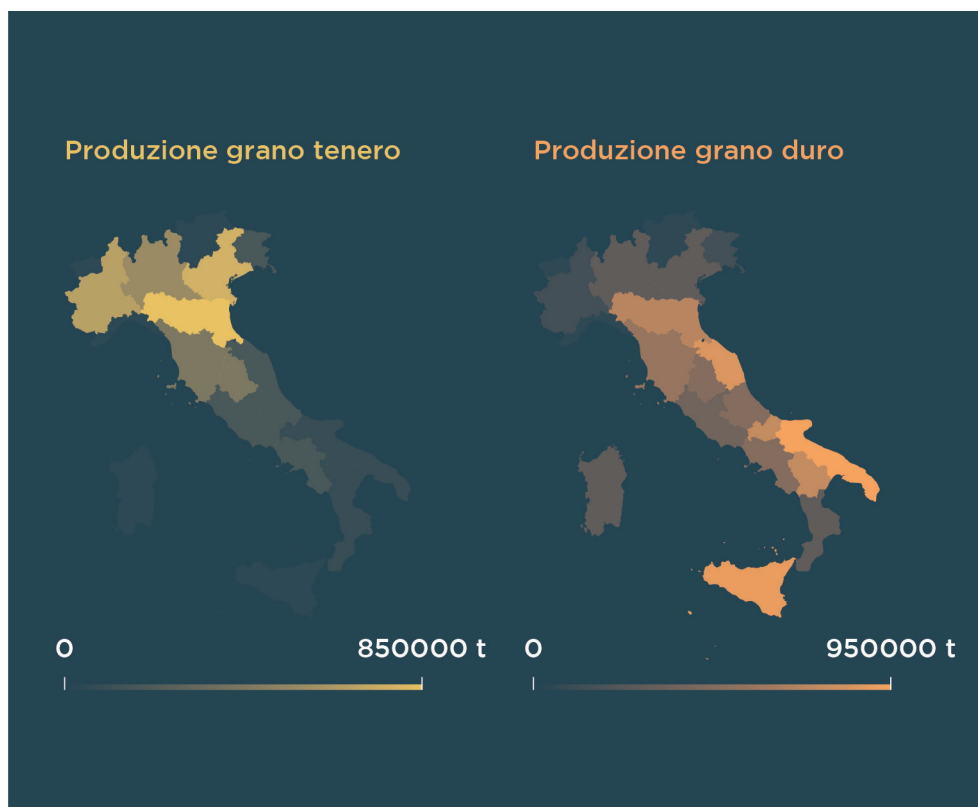
* duro (*triticum turgidum* spp. *Durum*), dal quale si ottengono le semole, impiegate nella pastificazione.

Da considerare anche la presenza del farro (*triticum monococcum*, *triticum dicoccum*, *triticum spelta*), primo cereale addomesticato dall'uomo e dal quale prende nome la Farina, sostituito nel corso dei secoli dal grano tenero a causa della bassa resa. Ad oggi tornato in luce associato all'agricoltura biologica, ma poco influente nei bilanci nazionali.

Venendo ai numeri del frumento, dal report annuale di Italmopa, associazione di categoria che rappresenta in Italia l'industria molitoria, il complesso industriale di prima trasformazione è composto da 358 (Italmopa, 2017) imprese molitorie, alle quali vanno aggiunte piccole realtà artigianali del territorio difficili da censire. Gli sfarinati prodotti ammontano a circa 7,8 Mt a seguito della lavorazione di 5,4 Mt di grano tenero e 5,68 Mt di grano duro.

Riguardo all'aspetto economico il costo del grano tenero panificabile vale in media 230euro/t, prendendo come riferimento le quote della borsa di Milano e di Bologna. Mentre per quanto riguarda il grano duro si arriva a toccare quota 245 euro/t (N.d., 2019a).

In *fig.1.7* sono rappresentati i dati Istat della raccolta del frumento 2018, ripartiti per regione. Si nota come Emilia Romagna, Veneto e Piemonte facciano da capofila nella coltivazione del frumento tenero, mentre Puglia, Sicilia e a seguire le Marche risultino le prime in coltivazione di grano duro. Questa diversificazione è dovuta alla natura delle tipologie di frumento. Il tenero necessita di clima mite, mentre il grano duro esige ambienti aridi e caldi, dove riesce a sviluppare migliori qualità. A questi dati vanno inoltre aggiunti, per avere una visione integrale dello stato attuale della filiera cerealicola, quelli inerenti all'import ed export italiano. Il valore d'importazione della granella di frumento, senza distinzione tra tenero e duro, è pari a 7,6 Mt, di gran lunga superiore a quello di esportazione che arriva a circa 450 mt. Si osservi come al contrario in Italia sono state importate 40 mt di farina ed esportate 273 mt. L'industria



della seconda trasformazione, il sistema di imprese che acquistano semilavorati e realizzano i prodotti alimentari finali, è composta da circa 130 pastifici, 185 industrie di panificazione ed oltre 24 mila forni artigianali, quest'ultimi si occupano di panificazione, biscotteria e pasticceria.

23

Il grafico di *fig.1.8* testimonia quanto descritto in precedenza. La farina (grano tenero) viene impiegata al 66,8% nella produzione di pane, in Italia si contano 304 tipologie differenti sfornate quotidianamente (Montanari, 2016), mentre il 90,9% delle semole (grano duro) viene trasformato in pasta. La quasi totalità di utilizzo della semola nella fabbricazione di pasta è altresì influenzato dalle legge italiana che, come riportato nel *DPR 5 marzo 2013, n.41*, vieta l'utilizzo di sfarinati di grano tenero nella trasformazione di pasta commercializzabile nel territorio italiano. Notare come in questa occasione la cultura del territorio influisca sull'economia nazionale, a valle dell'esperienza maturata da secoli nelle lavorazioni di trasformazione delle semole. Fattore che permette alle imprese italiane di seconda trasformazione il primato mondiale nell'export di pasta. Inoltre, essendo l'Italia la culla dei prodotti farinacei, la media del consumo pro capite di frumento è di 24 kg annui di pasta e di 60 kg di pane, focacce e pizze (Ranieri, 2018). Sommando i consumi pro capite e moltiplicandoli per la popolazione italia-

Fig.1.7
Produzione del frumento tenero
e frumento duro, dettaglio per
ripartizione geografica, 2018.
Elaborazione grafica su dati ISTAT.

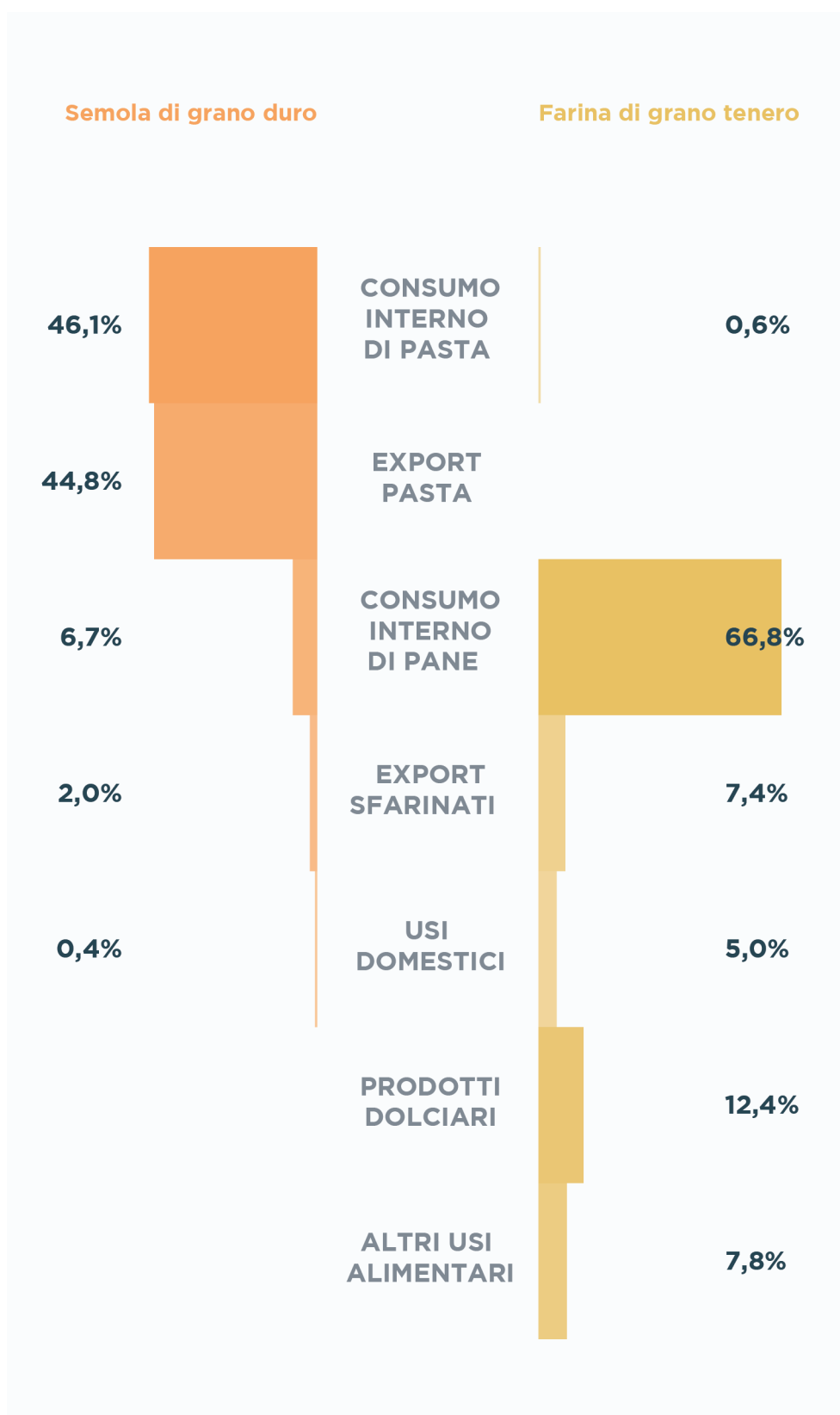


Fig.1.8
 Utilizzo degli sfarinati, 2017.
 Elaborazione grafica su dati
 Italmopa.

na, si ottengono 5,1 Mt di sfarinati che rappresentano il fabbisogno italiano. Riassumendo, la filiera cerealicola gioca un ruolo di valenza strategica contaminando l'intero settore dell'alimentazione, l'industria e l'artigianato a valle del sistema produttivo primario, la totalità del comparto mangimistico matrice delle specialità gastronomiche come formaggi e salumi, ed infine il paesaggio legato al carattere estensivo delle coltivazioni.



SOTTOPRODOTTO DI FILIERA

Scarto o sottoprodotto?

27

I cereali sono piante coltivate per raccogliere ed utilizzare il loro frutto che è alla base dell'alimentazione umana e del bestiame. Le forme di impiego sono principalmente due. Nella prima il cereale viene consumato direttamente come chicco o leggermente lavorato, ad esempio riso e fiocchi d'avena. Nel secondo impiego il cereale va lavorato per ottenere farina, amido, olio, sciroppi e altri derivati.

Lungo i processi di raccolta e lavorazione delle cariossidi sono molteplici gli scarti organici che vengono separati in base alla destinazione d'uso. In Italia la gestione degli scarti originati dai processi agricoli ed industriali della filiera cerealicola è soggetta al *Decreto legislativo 3 Aprile 2006, n.152* dove ne vengono descritte le norme in materia ambientale (Maglia, 2016). Nello specifico l'*Articolo 184-bis* indica le condizioni per mezzo di cui gli scarti possano essere considerati sottoprodotto oppure debbano considerarsi rifiuto. I sottoprodotti a differenza dei rifiuti (residui, scarti) possono essere amministrati ed impiegati dalle imprese come beni. Le condizioni che devono essere osservate dalle imprese per definire una sostanza sottoprodotto sono riportate nelle pagine seguenti.

Fig.2.1
Chicchi di frumento duro separati
da glume, reste e rachide.

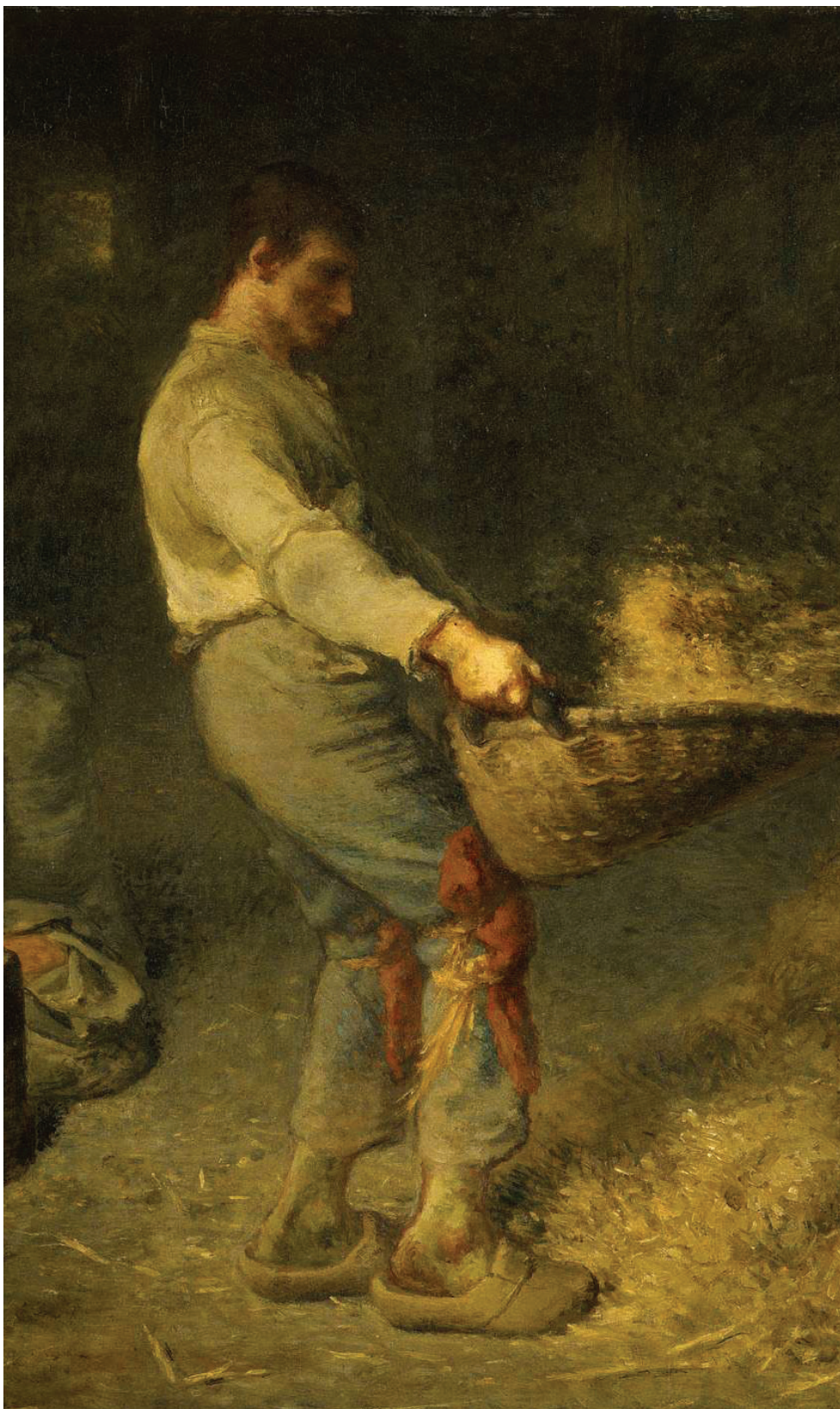


Fig.2.2
Un vanneur, Jean-François Millet, 1848,
National Gallery, Londra.

A - La sostanza o l'oggetto è originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante, e il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto.

B - È certo che la sostanza o l'oggetto sarà utilizzato, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi.

C - La sostanza o l'oggetto può essere utilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale.

D - L'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana (MATTM, 2017).

Al mancare di una sola condizione sopra elencate il residuo di produzione o trasformazione deve essere disciplinato come rifiuto. Questa opportunità di normare e considerare lo scarto una risorsa al pari di una materia prima risulta un pilastro dell'Economia Circolare. In Italia a seguito di numerose sentenze in materia e alla scarsa chiarezza dell'intero decreto legge, dal 2 Marzo 2017 è entrato in vigore il *Decreto Ministeriale n.264/2016* che contiene il "Regolamento recante criteri indicativi per agevolare la dimostrazione della sussistenza dei requisiti per la qualifica dei residui di produzione come sottoprodotti e non come rifiuti" (Albertazzi, 2018).

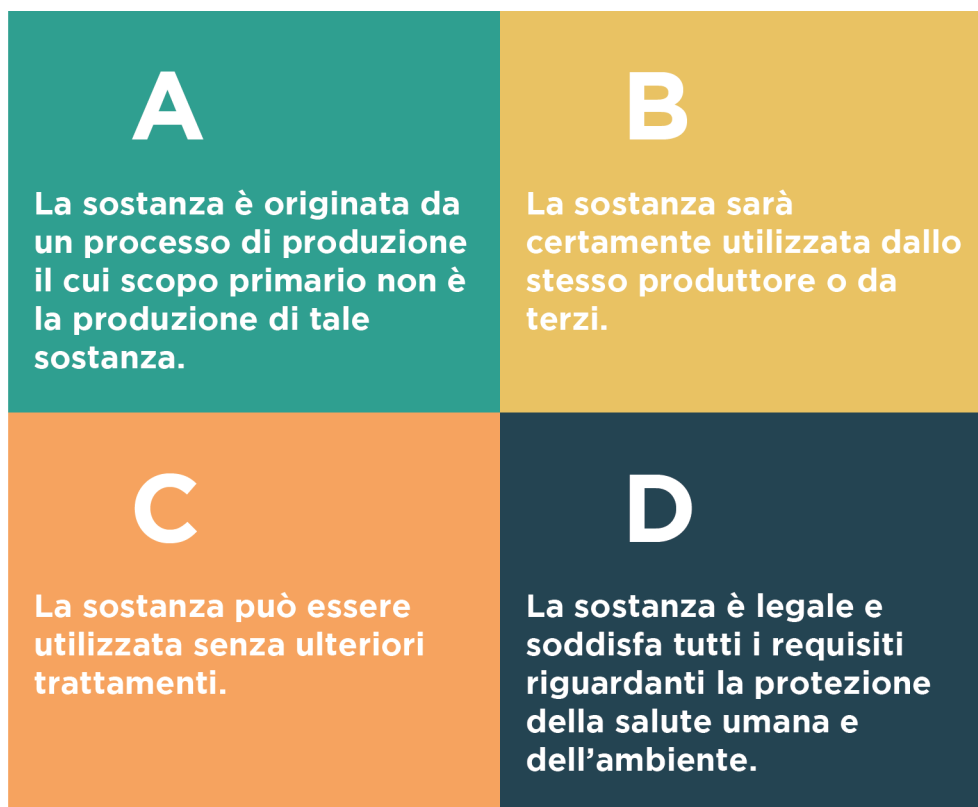


Fig.2.3
Condizioni per la classificazione di una sostanza residuale come sottoprodotto.

Importante in merito agli scarti agricoli poiché possono essere qualificati sottoprodotto in base all'utilizzo successivo. Ad esempio, l'impiego della sostanza di scarto come biomassa per la produzione di energia fa sì che essa possa essere definita sottoprodotto. La prerogativa nella classificazione di queste sostanze è che non derivino da processi in cui vengono rilasciate sostanze chimiche.

Le lavorazioni cerealicole possono essere suddivise in agricole ed industriali. I processi di raccolta delle coltivazioni generano sottoprodotti e scarti agricoli. Le trasformazioni della granella del cereale producono sottoprodotti e scarti industriali. La gestione di queste sostanze porta alle imprese dei vantaggi dal punto di vista economico e può avere effetti positivi sull'impatto ambientale.

Comparto agricolo

Procedendo con ordine, la prima operazione che genera residui considerevoli viene svolta in campo dalle imprese agricole. Essa consiste nella mietitura e trebbiatura delle piantagioni di cereale. Tramite la mietitrebbiatrice, macchina agricola capace di tagliare e vagliare (Fig.2.4), la pianta viene raccolta dal campo e ne vengono collezionate le cariossidi destinate al

30



Fig.2.4
Mietitrebbia durante la raccolta del mais.
Foto di Edoardo Busti. Unsplash.

comparto di prima trasformazione. Una parte del raccolto viene conservato dalle stesse aziende o dai consorzi per le semine delle annate successive. I residui co-prodotti durante questa lavorazione sono costituiti da:

- * stoppie (lasciate nel terreno);
- * steli;
- * foglie;
- * glume e glumette;
- * reste;
- * rachide.

L'insieme di questi elementi è comunemente chiamato *paglia* (stocchi nel caso del mais). Le colture di frumento e mais rappresentano le famiglie di graminacee con la maggior produzione a livello mondiale. L'Italia conta una produzione che oscilla tra 10 e 11 milioni di tonnellate (Istat, 2017). Le paglie sono composte principalmente da *cellulosa* (28 – 39%), *emicellulosa* (23 – 24%) e *lignina* (16 – 25%) (Mullen et al. 2015). Nonostante rappresentino un'abbondante fonte di biomasse lignocellulosiche, l'uso di questo sottoprodotto come materia per produrre energia è ancora poco praticato (Palmieri et al., 2016). Le piccole dimensioni di rachide, reste, glume e glumelle fanno sì che questi residui vegetali vengano dispersi nel terreno a seguito della mietitrebbiatura. Al contrario la gestione di steli e foglie comprende convenzionalmente una delle seguenti pratiche:

- * interrimento;
- * bruciatura;
- * imballaggio.

L'*interrimento* o *sovescio* è praticato allo scopo di fertilizzare il terreno attraverso l'arricchimento di materia organica. Eseguita la mietitrebbiatura gli scarti sono lasciati in campo e per mezzo dell'aratro vengono mescolati nella terra. Insieme allo stelo e alle foglie anche le stoppie (radici) fanno parte dei materiali organici che vanno ad arricchire il terreno.

La *bruciatura* consiste nell'incendiare la totalità di paglie, foglie e stoppie su tutta l'area della piantagione per preparare il campo alla nuova messa a dimora della coltivazione successiva. Inoltre, la combustione blocca le possibili germinazioni di semi delle piante infestanti.

L'imballaggio avviene tramite le apposite presse imballatrici, macchine capaci di recuperare i residui lasciati in campo e realizzarne delle balle o rotoballe. I prodotti realizzati dall'imballaggio sono destinati all'utilizzo interno delle aziende agricole o alla commercializzazione. Le balle sono realizzate con densità di compressione pari a 90 kg/m² e vendute a circa 0,14 €/kg (Camera di Commercio Cuneo, 2019). La pratica comunemente usata dalle imprese è l'impiego della paglia come lettiera negli allevamenti. Le deiezioni animali tramite la fermentazione combinata con la paglia producono il letame, un insieme di batteri, funghi e microrganismi costituenti dell'humus (Micheloni, 2006).

Malgrado la bruciatura (combustione) in campo della paglia risulti avere un impatto negativo sull'ambiente e sulla salute umana, causi l'ossidazione fotochimica e l'acidificazione del suolo, rimane un metodo usato soprattutto dalle piccole e medie imprese. Fattore negativo in aggiunta ai sopra citati concerne anche l'elevato rischio di incendi (Convertini et al., 1998), specialmente nelle zone limitrofe ad aree boschive. Le motivazioni a ragione della bruciatura sono comunque molteplici e prettamente legate all'aspetto economico. In tal senso l'acclività dei terreni, la necessità di sgomberare il suolo nel minor tempo possibile, la scarsa richiesta di paglia dovuta alla riduzione degli allevamenti e l'abbattimento degli inoculi di eventuali patogeni fanno in modo che attraverso la bruciatura non si debbano sostenere spese aggiuntive per la gestione di un sottoprodotto con scarso valore monetario. Viceversa, l'imballaggio e conseguente vendita delle balle di paglia necessita di un investimento iniziale maggiore, in quanto le macchine che operano sono in aggiunta alla sola mietitrebbiatura. Questa pratica consente alle aziende agricole di diversificare le fonti di reddito e allo stesso tempo valorizzare il sottoprodotto.

La paglia può essere utilizzata per la produzione di energia, costituzione del compost o come materiale da costruzione. Sebbene quest'ultimo scenario sia riconducibile ad un panorama prettamente rurale ed artigianale, decine sono le aziende ed iniziative del settore bioedilizio che valorizzano le caratteristiche della paglia integrandola con altri composti. Ad esempio, il progetto *La Termitière* nato dall'idea dei giovani ingegneri edili Angelo Iurlaro, Arthur Bohn e Gaia Conti, coordinato dal prof. Andrea Bocco ed in collaborazione con Bioecoservizi, mette in luce la possibilità di integrare la paglia anche in un contesto cittadino. Il cantiere *La Termitière* è stato realizzato a Torino con lo scopo di recuperare la Sala Rossa dello stabile del Cecchi Point. La paglia è stata combinata con la terra per la costruzione di pannelli coibentanti e con la calce per la realizzazione delle pareti.



33

Infine, si suggerisce una riflessione sulla coltivazione dei tanto osannati cereali antichi. Questo insieme di varietà cerealicole rappresentano le cultivar territoriali che venivano selezionate direttamente dai contadini. L'obiettivo era quello di ottenere le migliori caratteristiche di adattabilità per la semina successiva, senza ricorrere al miglioramento genetico eseguito in laboratorio. Sarebbe corretto dunque chiamarli "locali" anziché antichi. Senza scendere nelle peculiarità qualitative dei singoli cereali, il motivo della digressione all'interno di questo paragrafo risiede proprio nella caratteristica della paglia che ne viene prodotta. I fusti (culmi) dei cereali "locali" possono raggiungere nel caso si tratti di frumento anche i 2 metri di altezza. Il frumento moderno o *migliorato* raggiunge al massimo i 90 centimetri di altezza. L'abbondanza di paglia nei territori dove si torna a coltivare queste varietà genera attività che la utilizzano come materia. La lungimiranza di queste imprese innovative risiede nell'impiego di una materia disponibile a buon mercato. Ad esempio, la località marchigiana di Montappone è riuscita a svilupparne una produzione industriale di cappelli. Le aziende odierne appartenenti a quel territorio stanno innovando, oltre alle tecnologie di produzione dei cappelli, altri beni consumo come cannucce o altri sostitutivi ai prodotti in plastica da fonti fossili. Questo processo è garantito dalle coltivazioni di *segale* e *jervicella* tipiche delle colline fermane.

Fig.2.5
Gruppo di lavoro durante uno dei
workshop organizzati presso il
cantiere La Termitière.
Fonte: www.cecchipoint.it



34



Fig.2.6 (sopra)
Miscuglio di grano duro.
Altezza media di 1 metro circa
durante il periodo di maturazione.
San Benedetto del Tronto,
Ascoli Piceno.

Fig.2.7 (sotto)
Artigiano durante la realizzazione
della treccia dei cappelli.
Fonte: www.ilcappellodipaglia.it

Residui della macinazione

Lasciato il campo, la granella dei cereali viene collocata in big bag o rimorchi e inviata al comparto di prima trasformazione. Le categorie di imprese che ne fanno parte sono:

- * mulini;
- * maltifici;
- * mangimifici.

Le lavorazioni svolte negli impianti sono destinate alla pulitura e trasformazione della granella. Il mulino produce gli sfarinati, i maltifici si occupano dello sviluppo del malto e i mangimifici si dedicano a pellet o sfarinati per animali. Per quanto riguarda i mulini, esistono due tipologie di macinazione che determinano i relativi sottoprodotti. La molitura a secco rimuove i materiali fibrosi esterni della granella ed è utilizzata per produrre semilavorati come la farina o le semole destinati all'alimentazione umana. La molitura umida viene impiegata nella produzioni di come zucchero, amido, sciroppo ed olio. I sottoprodotti di queste due lavorazioni sono la fonte primaria degli alimenti per animali. Il valore nutrizionale dei sottoprodotti della trasformazione dei cereali varia rispetto alla tipologia di graminacea. Di seguito l'analisi delle convenzionali frazioni dei cereali macinati.

35

Pulitura

La prima frazione della macinazione è generata da vagliatura e pulitura. Il residuo ottenuto è una miscela di polvere, pula, semi di erbe infestanti, chicchi spezzati, chicchi non sani ed altri materiali. Pur essendo praticato lo scambio tra aziende molitorie ed altre imprese del settore, la suddetta negoziazione vede come merce un residuo non facilmente classificabile come sottoprodotto di macinazione. Come riportato nella *Circolare esplicativa per l'applicazione del decreto ministeriale 13 ottobre 2016, n. 264* la qualifica di sottoprodotto alle sostanze che compongono questo residuo andrebbe rimandata alla valutazione dei singoli casi specifici (Grillo, 2016), vista la complessità delle circostanze. In altre parole, non sono chiare le dinamiche attraverso le quali può essere gestito o meno come sottoprodotto.

Macinazione

La seconda frazione della macinazione (a secco e umida) qualificata come sottoprodotto è la crusca. Essa include il tegumento esterno del seme ed una piccola percentuale di endosperma. Durante i processi di macinazione ne vengono separate e collezionate due tipologie:

la crusca, con falde da 5000 a 1000 μm e il cruschetto, con falde da 3000 a 800 μm . Dal punto di vista nutrizionale contiene fibre e proteine. Le crusche maggiormente diffuse sul mercato sono di frumento, mais e riso (AFCO, 2019). Le parti cruscale hanno la funzione di proteggere l'endosperma. Per questo motivo sono soggette a stimoli esterni. Ad esempio, la contaminazione da muffe o il deposito di sostanze chimiche come i pesticidi. Infatti, si possono riscontrare alte concentrazioni di composti tossici, come le micotossine. Le crusche possono essere composte da antinutrienti, ad esempio i fitati. Queste sostanze comportano rischi nell'alimentazione umana poiché sequestrano minerali essenziali rendendone complicata la digestione. Il settore in cui crusca e cruschetto trovano maggior impiego risulta quello zootecnico, dove rappresenta un ottimo alimento per il bestiame. Ad ogni modo, in base alla qualità del prodotto, si registra una crescita dell'utilizzo di crusca come alimento integrante per diverse tipologie di cibo dedicato all'alimentazione umana (alimentazione funzionale, nutraceutica).

La terza frazione classificabile come sottoprodotto è il germe. Composto dall'embrione e dallo scutello, il germe presenta un alto livello di enzimi e di vitamine E e B. Contiene principalmente proteine (25%), zuccheri (18%) e olio (16%). Nonostante occupi solamente dal 2,5% al 3,5% dell'intera cariosside, nella macinazione viene convenzionalmente separato dalla farina perché ne velocizza l'irrancimento a causa dell'ossidazione degli oli presenti. Il germe viene commercializzato ed impiegato in altre lavorazioni alimentari, soprattutto nella catena del freddo e nel settore farmaceutico (Grundas, 2003). La parte esterna del germe, chiamata foglia, viene persa durante le fasi di pulitura della cariosside e non viene qualificata come sottoprodotto pur facendone parte.

Si osservi come germe e crusca siano parti della cariosside che diventano sottoprodotti a seguito della macinazione a secco. Essi trovano spazio all'interno del comparto dedicato alla trasformazione di cibi per l'alimentazione umana. Viceversa la macinazione umida, tranne nel primo caso sotto riportato, genera sottoprodotti largamente impiegati nella mangimistica o zootecnica. Di seguito una sintesi degli elementi co-prodotti nel processo di macinatura umida:

* Amido e Glutine costituiscono mediamente il 75% del peso della cariosside. Attraverso la trasformazione all'interno delle amiderie, compiuta con tricanter, vengono prodotti e collezionati 3 sottoprodotti. Amido A (30 - 40 μm), amido B (2 - 6 μm) e glutine. Destinati rispettivamente nel primo caso all'industria alimentare, farmaceutica e cartaria (A), nel secon-



Fig.2.8
Cruschello di frumento tenero.

do alla fermentazione per produrre alcol etilico (B) e nel terzo all'industria alimentare come migliorativo di farine deboli, legante per carne ricostituita o prodotti vegetali in sostituzione alla carne. Riguardo al glutine, essendo una fonte proteica eccezionale viene impiegata anche come migliorativo delle farine per bestiame. Le coltivazioni impiegate maggiormente in quest'ultima produzione sono mais e sorgo.

* La cariosside svestita tramite decorticatura rappresenta un'ottima fonte di amidi e glutine non isolati. Il valore nutrizionale di questo sottoprodotto risulta maggiore rispetto alla granella di partenza perché il contenuto di fibre grezze si abbassa notevolmente dopo la lavorazione. Avena e riso sono i cereali interessati a questo processo e sono destinati al settore mangimistico.

* Le brattee dei cereali (glume, pula) costituiscono la membrana protettiva del seme esterna alla crusca. Queste membrane sono sottoprodotti della lavorazione dell'avena e del riso. I livelli di quantitativo energetico e contenuto proteico sono relativamente bassi. Ricche di fibra grezza vengono a volte mescolate con il cruschello viste le dimensioni equivalenti. Destinate all'alimentazione delle specie animali poligastriche.

38

* Le trebbie di birra, o germogli esausti di malto, provengono dai maltifici e sono composti da radici, germogli e tegumento. Il tenore minimo di proteine grezze è del 24%, vengono quindi classificati come fonte di proteine. Le trebbie sono impiegate genericamente nell'alimentazione del bestiame anche se presentano problematiche connesse alla conservabilità. Se non vengono consumate fresche possono essere terreno fertile per molteplici fermentazioni. Le nuove pratiche prevedono l'insilaggio per mezzo di sostanze in grado di assorbire l'acqua e di conseguenza ridurre la probabilità di fermentazioni butirriche (Spadanuda, 2019). La destinazione d'uso rimane prevalentemente quella mangimistica.

Ruolo dei mulini

La filiera cerealicola non termina con il comparto della prima trasformazione, bensì come descritto nel precedente capitolo comprende anche seconda trasformazione e distribuzione. La generazione dei residui e sottoprodotti organici, tema principale di questa ricerca, è centralizzata lungo i processi di trasformazione della granella in sfarinati, ovvero le attività molitorie o di macinazione. Considerate dunque la produzione del frumento in Italia e il ruolo che il Piemonte ricopre come terza regione nella coltivazione del frumento (tenero), si è scelto

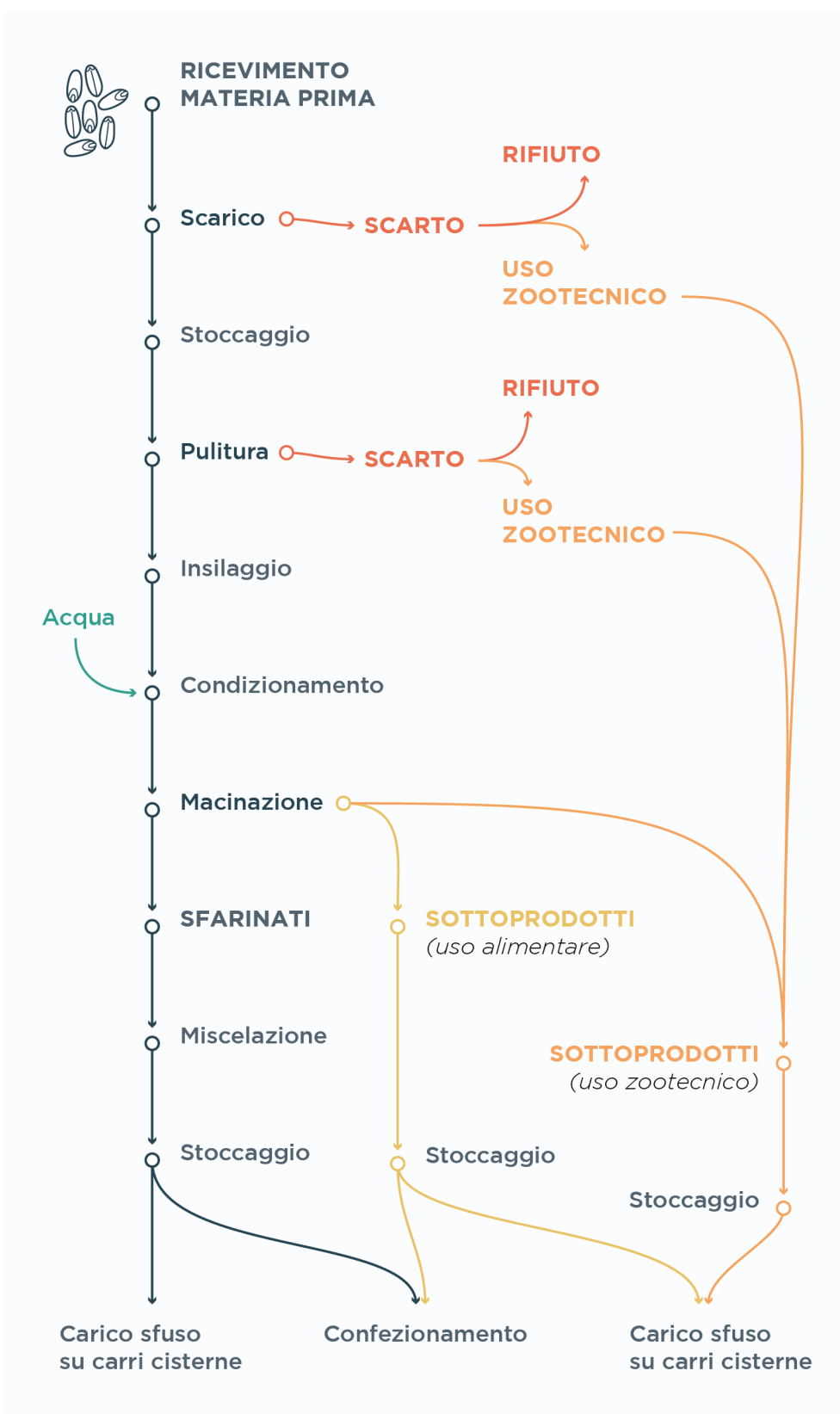


Fig.2.9
 Schema convenzionale dei processi di molitura.
 Grafica elaborata su dati Italmopa.

di approfondire alcuni aspetti legati alle particolarità dei sottoprodotti e al ruolo dei mulini. Negli anni passati i mulini hanno subito un cambiamento radicalmente. Negli anni '50, a seguito della scomparsa dell'agricoltura di sussistenza locale, il ruolo occupato dai mulini nel servire un'economia altrettanto di sussistenza è venuto pian piano a scomparire. Le piccole realtà molicarie sono state chiuse a favore dei grandi impianti che hanno potuto modernizzare gli strumenti di macinazione. Questo grazie all'introduzione dei laminatoi a rulli e all'industrializzazione degli impianti molitori che dovevano rispondere alla richiesta dei centri urbani. Dalla movimentazione ad acqua si è passati all'energia elettrica. Dalla lenta e dispendiosa macinazione a pietra si è passati alla veloce e performante laminazione a rulli. Insieme a questi cambiamenti sono state introdotte norme e leggi sulla sicurezza alimentare che a loro volta hanno generato nuovi residui e nuove tecniche di raffinazione delle farine. In sintesi il mulino rappresenta un ponte tra il mondo agricolo e quello urbano. La macinazione rende disponibili all'alimentazione umana sostanze organolettiche insite nel frumento, difficilmente assimilabili in maniera diretta. Inoltre, attraverso questo processo produce residui e sottoprodotti che danno vita a relazioni con il comparto mangimistico. Di seguito un elenco dei sottoprodotti commercializzabili in Italia:

40

- * Amido di frumento;
- * Crusche;
- * Farinaccio;
- * Farinette;
- * Tritello.

Farinaccio, farinette e tritello differiscono per granulometria ma contengono sostanzialmente differenti frazioni di crusca, amido e proteine. La pratica convenzionale è quella di cedere agli allevamenti o a consorzi questi sottoprodotti come alimento per bestiame. Se ad oggi questo risulta lo schema predominante connesso alle attività molicarie, sono stati condotti parecchi studi sulla valorizzazione e sulle possibilità dei sottoprodotti al fine di creare e diversificare le future relazioni che un mulino possa avere.

Applicazioni non convenzionali

I sottoprodotti derivati dalla lavorazione dei cereali rappresentano risorse abbondanti e a basso costo di sostanze fitochimiche, come ad esempio carboidrati, proteine, fibre alimentari, lipidi, vitamine, polifenoli, elementi inorganici e oligoelementi. Lo sviluppo e il riutilizzo di

queste sostanze ad alto valore aggiunto comportano una grande sfida per lo sviluppo sostenibile del settore cerealicolo. Seguendo quanto raccolto dalla letteratura scientifica, diversi sono gli ambiti di applicazione dei sottoprodotti della filiera. Le crusche di frumento, segale, sorgo e mais, grazie alla loro composizione sono stati sperimentati come sostituti ai prodotti farmaceutici di sintesi e additivi artificiali (coloranti, antiossidanti, stabilizzanti, ect.) (Galanakis, 2018). Altro tema di ricerca che si sta percorrendo è relazionato alle bioraffinerie. Negli ultimi anni sono diverse le prove svolte con scarti del mais e del grano come fonte di glucosio per la produzione di nuove materie prime. Dal settore energetico, come il bioetanolo (Kwiatkowski, 2006) al settore produttivo dei materiali di origine vegetale, come gli studi sulla produzione di PHA integrato alla bioraffineria dei cruscami (Dietrich et al., 2018). Inoltre, come nel caso della trebbia di birra ricca di cellulosa, lignina e polifenoli che convenzionalmente viene venduta come mangime per bovini, esistono già tecnologie e metodi per rendere questo sottoprodotto destinato all'alimentazione umana integrandolo con altri cereali (Kemppainen, 2016). Questi esempi ribadiscono come durante la trasformazione i materiali di scarto o quelli che possono essere considerati sottoprodotti intrappolano in essi un potenziale da convertire in prodotti utili in grado di generare anche un flusso economico da poter redistribuire su tutta la filiera. In questo contesto il ruolo delle biotecnologie assume una particolare rilevanza nell'investigare quali processi primari debbano essere svolti per il trattamento dei composti. Il sottoprodotto sul quale si lavora maggiormente da diversi anni e dal quale si sono costruite diverse imprese sono le crusche. Gli studi su questo sottoprodotto hanno investigato diversi campi di applicazione, dalla stesura di un protocollo per la reintroduzione in nuovi prodotti alimentari (Fava et al., 2013) alla produzione di biovanillina per mezzo di azioni enzimatiche (Di Gioia et al., 2007).



EFF. L.C.

24.9.15

CASO STUDIO: MULINO MARINO

Territorio

43

La ricerca di tesi si focalizza nell'area del cuneese, dove sorge il mulino con il quale si è collaborato per la stesura di questo progetto. Cuneo e provincia sono contraddistinti da una storica vocazione agricola, essendo patria di molti prodotti dell'eccellenza del territorio italiano e dello stesso *Slow Food* di Carlo Petrini. La gestione del territorio e delle risorse ben integrate tra loro riescono ad offrire possibilità di sviluppo ad un'economia incentrata sulle piccole e medie imprese.

La provincia di Cuneo si trova ai piedi delle Alpi Marittime. L'altopiano triangolare sul quale è sorta Cuneo, dal quale la città prende il nome, si trova in corrispondenza dell'incontro tra il fiume Stura e il Gesso. Il territorio cuneese si trova in media a circa 534 m sul livello del mare, arrivando a picchi di 1684 m come il comune di Argentera, che conta 78 abitanti. Importante la presenza di valichi come il Colle della Maddalena, Colle San Bernardo e Colle di Cadibona che sono posti dell'estermo sud piemontese di cui questo territorio fa parte. Il clima è sub-continentale con temperature medie estive che si aggirano sui 22°C e invernali sui 2°C. La vicinanza alle Alpi Marittime fa sì che le nevicate siano frequenti, oltre ad essere luogo soggetto all'effetto Stau. Queste qualità del territorio pongono la provincia come luogo fertile

per l'attività delle aziende agricole. Questo comparto registra circa 20 mila imprese, le quali sul territorio cuneese rappresentano il 29,3% del totale (Cam. Com. Cuneo, 2018a). Inoltre, a livello regionale le attività agricole cuneesi rappresentano il 37,7%, sottolineando il ruolo da capofila in regione, seguite solo dalle realtà torinesi, come mostrato in *fig.3.2*.

Delle realtà citate, si nota come 17 mila sono giuridicamente registrate come aziende individuali, a rimarcare la natura agricola del territorio basata su piccole e medie imprese. Le società di capitale risultano infatti solo 103 (Cam. Com. Cuneo, 2018b), poche unità rispetto all'estensione di circa 690 mila ettari della provincia. La conformazione del territorio e la lontananza dalle grandi vie di comunicazione permettono in questo contesto di mantenere uno sviluppo urbano e produttivo consapevole, tenendo conto delle esigenze agricole ed ambientali. Si osserva come siano presenti, oltre ad un nucleo di imprese specializzate prevalentemente localizzate nella pianura, le piccole e medie imprese nei luoghi considerati marginali. L'alta collina e la montagna sono luoghi nel cuneese dove risiedono e vengono reinterpretate le tradizioni per creare valore al territorio attraverso i propri prodotti. Non a caso lungo il crocevia tra la ricca pianura agricola e le Langhe vitivinicole è nata l'idea Slow Food. A Pollenzo infatti, un piccolo borgo del comune di Bra, sorge la sede dell'Università degli Studi di Scienze Gastro-

44

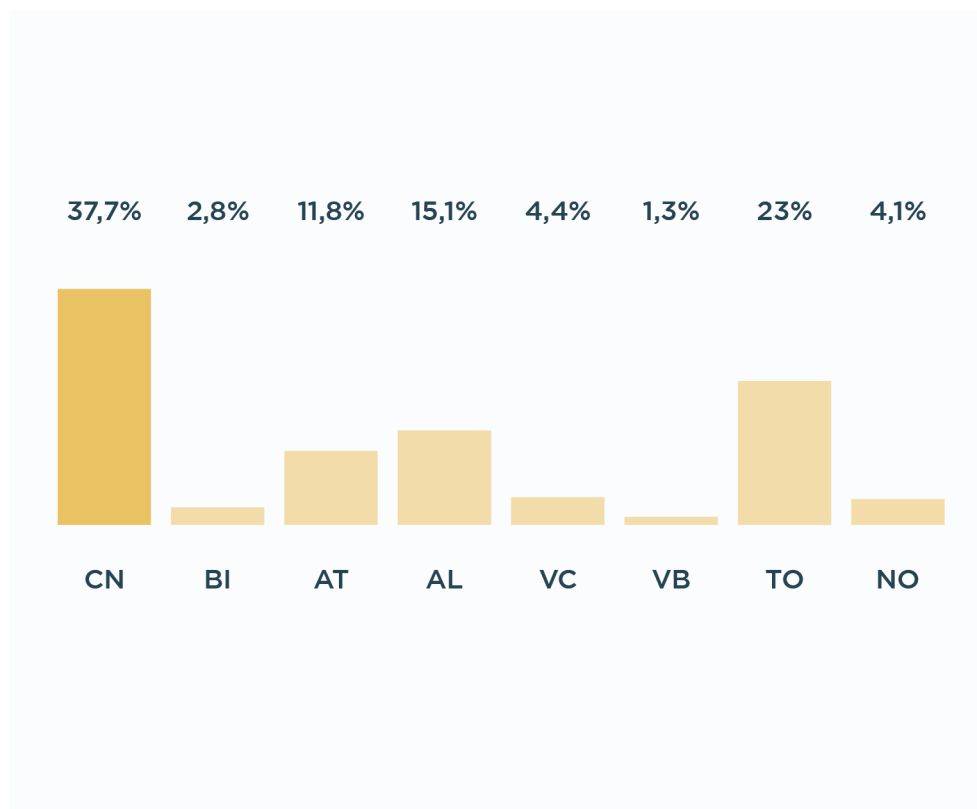


Fig.3.2
Ripartizione delle imprese agricole
piemontesi, 2017. Elaborazione grafica
su dati Stock View - Ateco 2017.

nomiche, primo ateneo al mondo in cui lo studio del cibo è collocato nell'odierno contesto della ricerca, della scienza e della cultura su scala globale e secondo una visione sistemica (Perullo, 2018).

Benché tutto il cuneese abbia un'elevato carattere agricolo, si possono individuare alcuni areali di maggior importanza come il saluzzese dedito alla produzione di frutta fresca, la pianura prevalentemente indirizzata nel settore zootecnico con porzioni di terreno destinate alla cerealicoltura, le colline delle Langhe e del Roero e le loro produzioni vitinicole divenute famose per l'ottima offerta agricola e turistica, l'Alta Langa distinta dai suoi nocioleti e la media montana marcata dai boschi di castagno.

Rimanendo in ambito cerealicolo si noti come quasi un quarto delle superfici agricole utilizzate (SAU) siano destinate a questo settore, senza considerare le aree dove si coltivano foraggi permanenti e temporanee come alimento per il bestiame. I cereali coltivati a farina nel territorio cuneese sfiorano il 26% di area coltivata (SAU). Il frumento tenero nell'anno 2017 ha raggiunto quota 933 mila quintali, confermando il primato di cereale maggiormente coltivato come alimento umano.



Fig.3.3
Paesaggio collinare cuneese dedito
alla vitinicoltura. La Morra, Cuneo.
Foto di Laura Dominici.

Barbarià

La diversità dell'intera provincia di Cuneo è una qualità ed una caratteristica che prende valore in questo contesto contadino, elevando l'agricoltura e generando dinamiche virtuose con ricadute su tutti i livelli, da quello sociale a quello economico. Le diversità, le mescolanze, sono viste come patrimonio dalle stesse persone che abitano questo territorio. Concentrando l'attenzione sulla filiera cerealicola, si osservi l'usanza ancora praticata del *barbarià*, ovvero l'imbardimento o imbastardimento delle varietà e delle specie di cereali coltivandole nello stesso campo (Bindi, 2016).

Trasmessa dalle tradizioni montane occitane, il *barbarià* consiste nella mescola di grano tenero e semi di segale durante la semina autunnale (Alciati, 2016). Esistono diverse leggende riferite a questa usanza, la ragione del suo impiego è nella necessità di raccolta di cereale dal campo in contesti agricoli difficili. Infatti, la segale resiste bene al clima invernale duro, al contrario del grano tenero che gradisce un clima mite. Questo accostamento in campo permette di avere, sebbene con rese minori, almeno una delle due colture in fase di raccolta. Il metodo di associare anziché separare lo si ritrova anche nelle attività delle singole aziende sul territorio. Il Mulino Marino con il quale si è collaborato sorge in Alta Langa, dove sono presenti alcune applicazioni di questi modelli associativi.

46

Il consorzio di tutela e promozione del *Pan ed Langa* è un esempio di come una piccola filiera, composta dal Mulino Sobrino, contadini e panificatori si siano autonomamente associati, mescolati, al fine di operare in sinergia ottimizzando le risorse del proprio territorio. Riportando vitalità tramite le diverse colture cerealicole nelle colline monocolturali composte da filari di uva e nocciole.

Territorio quello dell'Alta Langa predisposto alla nascita di cooperazioni fra diverse attività. Lo testimonia la volontà di 38 comuni di costituire l'Unione Montana Alta Langa, una forma organizzativa finalizzata alla promozione e allo sviluppo economico dei territori montani (Unione montana Alta Langa, 2014). Un altro esempio di valorizzazione economica e sociale attraverso attività agricole sono gli Agricoltori delle Sette Vie del Belbo, rete di contadini ed imprese che hanno intrapreso un percorso di coltivazione unico e strettamente connesso al luogo in cui operano. Il progetto di cui sono promotrici e del quale fanno parte prende il nome di Enkir e prevede la semina di popolazioni di semi di farro monococco sulle colline dell'Alta Langa. Attore protagonista di questa iniziativa è il Mulino Marino.



Fig.3.4 (sopra)
Pan de Langa.
Fonte: www.gazzettaalba.it

Fig.3.5 (sotto)
Mauro Forneris, Agronomo
e tecnico corillico, Coordinatore
degli Agricoltori delle 7 vie
del Belbo per la coltivazione
dell'Enkir.



Fig.3.6
Campo coltivato ad Enkir.
Sale San Giovanni, Cuneo.

Famiglia Marino

Mentre si percorrono le strade dell'Alta Langa non è difficile imbattersi in campi di farro come quello mostrato nella pagina accanto. Il Mulino Marino è una storica impresa molitrice che si trova a Cossano Belbo, nelle vicinanze dell'omonimo fiume. Prima di concentrare l'attenzione sulle attività odierne del mulino, importante sottolineare la storia di questa realtà, ad oggi conosciuta come produttrice delle migliori farine biologiche italiane e diventata conosciuta anche dalla collaborazione come Slow Food ed Eataly. Facendo un salto indietro nel tempo, il 25 gennaio del 1923 nasce a Riforno di Mango colui che sarebbe diventato uno dei più importanti mugnai italiani, Felice Marino. Nato in una famiglia di allevatori, antifascista, partigiano e comandante della seconda compagnia della Brigata Belbo, dopo gli anni della guerra, insieme alla moglie Ida decidono di comprare per 6,5 milioni di lire il piccolo mulino delle langhe, quello che sarebbe diventato l'attuale Mulino Marino.

Dal 2 luglio del 1956 il mulino non ha mai smesso di funzionare. Si noti come la data di apertura rispecchia esattamente l'avviamento della stagione cerealicola. Luglio rappresenta il mese più importante per la filiera cerealicola, in quanto si stipulano i nuovi contratti tra le imprese molitrici e gli agricoltori grazie all'inizio della raccolta dei frutti della nuova annata. Al momento dell'acquisto del mulino le eredità lasciate dalla gestione precedente furono solamente 1 carrello e 50 teli di yuta vuoti. Il mulino aveva 3 macine a palmento dedicate rispettivamente al frumento, al mais ed una macina agricola dedita alla macinazione delle leguminose o dei cereali minori, come fave e ceci. La forza idraulica azionava le macine e la vicinanza al fiume permetteva di non aver bisogno di particolari investimenti per convogliare l'acqua al mulino. Le attività svolte nel mulino nei primi anni sono totalmente diverse se confrontate a quelle di oggi.

Come racconta Felice Marino in un'intervista, il mulino era luogo d'incontro dei diversi agricoltori, loro stessi portavano i sacchi di grano al mulino. Solitamente consistevano in 2 sacchi di grano ed 1 di mais. Crusca del grano e mais erano i primi prodotti che l'agricoltore portava subito a casa, mentre la farine venivano lasciate al mulino che a sua volta consegnava al panettiere. Quest'ultimo le trasformava e le rivendeva sottoforma di pane agli agricoltori. Successivamente negli anni '60 le campagne iniziarono a svuotarsi, mentre cresceva la richiesta di carni dalle città, questo fenomeno portava ad una maggiore richiesta di mangimi da parte degli allevatori dell'Alta Langa. Felice Marino implementò l'impianto con un miscelatore ed un mulino a martelli, macchinari adatti alla produzione per alimenti destinati alla zootecnia.

In seguito al successo e allo sviluppo dell'azienda nel 1968 viene installato il primo mulino a cilindri per la produzione delle farine 0 e 00 e raddoppiato il numero di mulini a palmento (a pietra) che arrivano a quota 6.

Come si nota in *fig.3.8* il Mulino Marino grazie a scelte guidate dall'etica è riuscito ad essere un precursore riguardo le produzioni biologiche e l'autosufficienza energetica. L'importanza del lavoro di Felice Marino, chiamato Nonno Felice dal pizzaiolo romano Gabriele Bonci, è rappresentata nell'aver intuito e messo in pratica delle proprie tecniche di rabbigliatura delle pietre da macina e l'aver posto prima la qualità alla quantità nelle scelte relative all'evolversi del mulino.

Ad esempio, l'utilizzo lento delle macine a pietra, permette di non scaldare la farina e di conseguenza non perdere le caratteristiche organolettiche necessarie per una giusta nutrizione, a discapito della resa di macinazione del mulino. Purtroppo, il 22 maggio del 2017 Felice Marino si è spento nella sua casa a Cossano Belbo, ma figli e nipoti continuano ad innovare l'arte molitoria grazie ai propri insegnamenti.

50



Fig.3.7
Felice Marino durante
la rabbigliatura.
Foto di Mauro Rosso.



Fig.3.8
Sviluppo del Mulino Marino.
Fonte: www.mulinomarino.it

Mulino Marino

Ad oggi l'azienda molitoria, registrata come Felice Marino S.r.l., viene gestita in modo partecipato da seconda e terza generazione della famiglia Marino, da Ferdinando e Flavio, figli di Felice Marino e Fausto, Fulvio e Federico suoi nipoti. Dal momento in cui si arriva al mulino, si percepisce subito un'atmosfera familiare, fatta di disponibilità, trasparenza e voglia di cercare costantemente nuove strade e nuovi progetti da esplorare. Il mulino conta 21 dipendenti. La produzione riguarda sfarinati di diverso genere, in prevalenza grano tenero, data l'abbondanza delle quantità prodotte in Piemonte. I prodotti possono essere classificati in:

- * Farine da frumento macinate a pietra naturale;
- * Farine da frumento macinate a cilindri;
- * Farine speciali macinate a pietra naturale;
- * Sfarinati speciali.

La produzione annua di sfarinati è di 420 tonnellate, caratterizzata dal costante sviluppo di un modello aziendale sostenibile ed integrato con il territorio. Questa affermazione è confermata dalle iniziative intraprese negli anni dal mulino. Infatti, nel 1994 introduce la

52



Fig.3.9
Fausto Marino.
Foto di Chris Abatzis.

molitura dei cereali biologici certificati secondo il *Regolamento UE 2092/91*, per arrivare al 2001, anno in cui l'azienda abbandona l'agricoltura convenzionale per trasformare esclusivamente cereali biologici. Nel contempo, viene strutturato il progetto *Enkir* dalla famiglia Marino muovendo i primi passi insieme ai contadini dell'Alta Langa nel 1991, fino a diventare nel 1998 una filiera definita che ha raggiunto stabilità di produzione nella salvaguardia delle popolazioni di farro monococco. Questa realtà è frutto di un approccio di ricerca continuo strettamente connessa al campo. Dal punto di vista energetico, dal 2007 sono installati pannelli fotovoltaici da 70 kW per azionare i mulini, permettendo all'azienda di produrre la propria energia. Tra il 2016 e il 2017 infine sono stati modernizzati ancora una volta gli impianti di molitura.

Ad oggi il mulino conta 12 macine a pietra naturale e 5 laminatoi (mulini a cilindri) realizzati dalla Buhler, azienda svizzera specializzata nella realizzazione di macine industriali ed impianti dedicati alle farine. Data la centralità delle macine a pietra in relazione alla produzione e alla storia del Mulino Marino si vogliono approfondire le caratteristiche di questa tipologia di macchine molitrici.

Innanzitutto, quali prodotti si realizzano con le diverse macchine? Le farine classificate come Tipo 0 o Tipo 00 sono frutto esclusivamente della macinazione a rulli, denominati anche laminatoi. La macina a pietra permette di realizzare farine classificabili come Tipo 1, Tipo 2 o Integrale. Notare come negli anni nonostante si fossero potute abbandonare le macine a pietra, data la minore resa e le richieste di mercato indirizzate verso la farina raffinata (T0 e T00), la scelta di Felice Marino di continuare a produrre farine con queste macine è dovuta alla voglia di perseguire lo scopo del suo lavoro, nutrire nel migliore dei modi le persone senza subire i trend di mercato. Una piccola nota sulle macine a pietra indicata da Flavio Marino riguarda l'origine delle mole utilizzate nelle macine considerate a pietra. Ne esistono di due tipi:

- * Naturali;
- * Artificiali.

Il materiale impiegato nella realizzazione delle mole per macine a pietra *naturale* è il *selce carioso*, detto anche pietra da mola (Leclerc de Buffon, 1790), roccia utilizzata a blocchi sagomati in base alle misure della macina di destinazione. Le principali cave di selce si trovano nei dintorni di Parigi, sono presenti a Houlbec, Molières e Fertè sous - Jouarre. Le macine a pietra artificiale, o pietra moderna, vengono prodotte con agglomerato di smeriglio, selce e

magnesite (Freese, 2011), assemblate con una struttura di acciaio trafilato. A differenza delle macine a pietra naturale non hanno bisogno di rabbigliatura, possono raggiungere velocità elevate e sono garantite per la macina di 800/900 tonnellate di cereali.

Impianto molitorio

Grazie alla disponibilità di Fausto Marino si è avuto accesso allo stabile per comprendere il percorso compiuto dalla granella per essere trasformata in farina, confezionata e pronta alla distribuzione. Come indicato in *fig.3.10* l'impianto copre all'incirca 4000 mq, compreso lo spazio occupato dai pannelli solari posti nel terreno limitrofo al fabbricato.

La *zona A* descrive lo spazio dedito allo scarico della granella e al carico del prodotto finito. Percorrendo questo spazio si possono osservare sulle pareti dello stabile dei cartelloni informativi sulle caratteristiche di produzione adottate. Ad esempio sono presenti infografiche sul percorso del frumento, informazioni energetiche sui consumi dell'impianto ed immagini suggestive delle cromie dei campi coltivati ad Enkir.

Nell'*area B* invece si entra nel vivo del processo molitorio. Qui viene svolta la pesatura della granella e successivamente scaricata. Per ottenere il massimo in termini di sicurezza alimentare sulla materia prima, i cereali vengono campionati ed analizzati una prima volta nelle aziende agricole, ed una seconda volta poco prima dello scarico al mulino.

54

A seguire, la granella viene introdotta nei macchinari destinati alla prepulitura e pulitura che si trovano all'interno della *zona C* e successivamente viene convogliata verso i silos (area B) o raccolta tramite big bag sino al giorno della macinazione. Ogni partita di cereale viene tracciata. In ogni momento è possibile reperire le informazioni riguardo alla provenienza, al quantitativo, alle analisi reologiche e microbiologiche, alla data di raccolta e di arrivo al mulino.

L'*area D* si sviluppa in altezza ed è composta da 3 piani. Al piano terra si trova la stanza dei laminatoi, dove vengono macinati i frumenti destinati a diventare farine di Tipo 0, Tipo 00 o Semole. Nel primo piano si trova la dosatrice e si dispone di un tubo cieco per controllare tramite setaccio manuale il risultato della farina (*fig.3.11*). Al secondo piano invece si trovano i plansichter (*fig.3.12*) e la semolatrice, collegati dai tubi di movimentazione della farina. Questi "armadi" sono di fondamentale importanza in quanto, composti da stacci rotanti, all'interno di



55

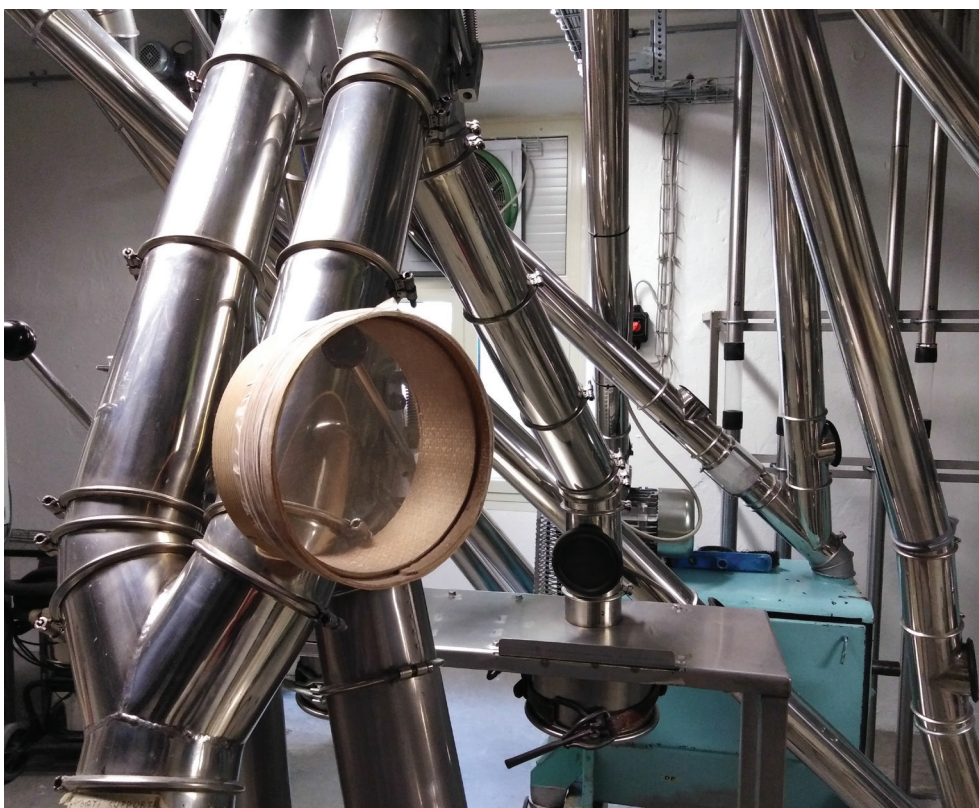


Fig.3.10 (sopra)
 Mappa dell'impianto molitorio.
 Fonte: Bing maps.

Fig.3.11 (sotto)
 Setaccio per controllo manuale
 della granulometria della farina.

essi avviene la separazione e la classificazione delle diverse frazioni del chicco.

Nella *zona E* sono installate le macine a pietra naturale, collegate alla zona dei silos tramite coclee che trasportano la granella alle tramogge di carico delle macine. Al piano superiore, come nel caso della macinazione a cilindri, si trovano i buratti e in aggiunta i silos e le macchine di stoccaggio delle farine.

L'*area G* è destinata ad imballaggio e confezionamento dei prodotti finiti. Qui si trovano le macchine per confezionare le farine prima di essere posizionate su pallet e trasportate nell'*area A* dove vengono caricate e distribuite. I sottoprodotti come le crusche vengono stoccati nelle tramogge presenti nell'*area F*.

Le ultime due zone del mulino riguardano il punto vendita (*H*), dal quale si accede con il permesso dei mugnai alla sala delle macine a pietra, e l'*area amministrativa (I)* dove si trova l'ufficio dell'azienda e lo spazio cucina adibita ad ospitare persone esterne all'azienda.

56



Fig.3.12
Sala setacciatura e semolatrice.

Analisi dei flussi

Eseguita una prima analisi dell'impianto cercando di fotografare le diverse funzionalità delle singole aree, si analizzano ora i differenti processi, monitorando input ed output di ogni passaggio. La premessa da fare in relazione a questo progetto di tesi è che l'attività del mulino si inserisce all'interno del comparto della prima trasformazione della filiera cerealicola, motivo per il quale bisogna prendere in considerazione anche i processi a monte del mulino che possono avere effetti sugli output finali.

Partendo dal settore produttivo agricolo, il primo passo da compiere riguarda l'*approvvigionamento* delle sementa. Questo passaggio determina la disponibilità varietale coltivata e in conseguenza conseguenza le farine trasformate dai mulini. Mulino Marino oltre a necessitare di aziende biologiche, nel caso dell'Enkir funge da azienda sementiera rifornendo l'Associazione di agricoltori delle Sette Vie del Belbo. Come secondo step da eseguire in campo si trova la *concia*, prima della semina i chicchi di cereale vengono trattati con polveri che svolgono la funzione di membrana al fine di proteggere il seme durante la fase di germinazione. Lo svolgimento di questa pratica viene effettuato con diverse sostanze, da semplici impasti di terra a sostanze convenzionali ad alto impatto ambientale come fertilizzanti, biostimolanti, agrofarmaci (Assosementi, 2018). Quest'ultime possono comportare il rilascio nel terreno di sostanze nocive o compromettere le parti della pianta che non vengono macinate, come lo stelo, le glumelle, ecc.

57

A seguito della concia avviene la *semina* che varia di periodo in base alle caratteristiche del territorio e del cereale che si vuole piantumare. Esistono diverse tipologie di metodi seminativi ma non influiscono in alcun modo sulle conseguenze che la granella possa portare con sé al mulino. Nel periodo di sviluppo e maturazione della pianta, ogni applicazione di sostanze esterne condizionano la farina e i suoi sottoprodotti, dalla quantità di proteine alla presenza di micotossine nei tegumenti. Infine, prima di arrivare al mulino i cereali vengono mietuti e trebbiati (*raccolta*). Grossolanamente separata dalle paglie, la granella viene riposta in silos, big bag o, come spiega Flavio Marino, in "salami" di pvc. Questa ultima tecnica consiste in cilindri di pvc che limitano la presenza di aria e di conseguenza lo sviluppo di insetti e funghi durante il periodo che va dal campo al mulino.

A questo punto vengono fatte le prime analisi. Gli agricoltori che lavorano con il mulino di Cossano Belbo devono far esaminare le proprie partite di grano. Questo avviene nel



Fig.3.13
Analisi dei flussi generati
dal Mulino Marino.



laboratorio Bio Qualità di Guarene della dottoressa Laura Icardi. Se l'esito risulta positivo, ovvero la granaglia non presenta alterazioni di tipo chimico e fisico, vengono inviate al mulino. In questo passaggio la tipologia di cereale ne condiziona il percorso. Infatti, cereali nudi come il grano tenero possono accedere direttamente al mulino, viceversa i cereali "vestiti" come farro e grano duro, devono prima essere decorticati per essere macinati. Questo processo viene svolto dall'azienda Bollati Cereali per mezzo di macchinari predisposti all'abrasione della parte esterna del chicco per asportare o ridurre:

- * Carica batterica;
- * Metalli pesanti;
- * Germe;
- * Ceneri.

Se carica batterica e metalli pesanti sono agenti estranei che vanno a depositarsi sulla parte esterna del chicco, germe e ceneri sono parte stessa del chicco, dunque perché asportarli o ridurli? Nel caso del germe, solitamente viene separato dal resto del chicco poiché comporta una rapida fermentazione e dunque potrebbe acidificare la farina. Per quanto riguarda le ceneri invece devono essere ridotte in conformità con la *direttiva Atex*, di cui si parlerà in seguito.

60

Come anticipato, una volta che il cereale giunge al mulino all'interno di rimorchi o big bag, viene riesaminato all'ingresso per controllarne l'umidità (9-10%) e le caratteristiche reologiche e microbiologiche. Si sottolinea come la scelta di usufruire di un servizio esterno sia voluta dall'azienda Marino per garantire trasparenza tra produttore e consumatore. Questi passaggi aggiuntivi hanno un costo elevato, ma sono testimonianza di come l'etica detti le linee guida aziendali. Dunque, se sono approvati i regimi qualitativi, la granella viene scaricata, altrimenti la merce viene respinta all'azienda agricola. Come racconta Fausto Marino, data la stretta relazione tra il mulino e gli attori della produzione non si verificano quasi mai casi di respingimento. La media è di circa 2 volte l'anno. Tornando alla granella idonea, una volta scaricata viene pesata e calcolato il peso specifico per comprendere la resa molitoria del cereale. Se qualità del cereale e peso specifico sono in linea con i valori tipici della varietà, si ritiene conclusa la fase di accettazione. Viene realizzato un primo documento attestante l'avvenuta ricezione da parte del mulino ed iniziano i processi di pulitura del raccolto. Attraverso una coclea la granella viene trasportata nelle macchina dedicata alla prepulitura.



61

Passaggio eseguito a secco tramite macchine ad aria compressa combinate a due setacci posti in alto e in basso rispetto al flusso di materia. I setacci in alto trattengono le impurità grosse permettendo alla granella di scivolare via per gravità, mentre il setaccio posto alla base trattiene la granella liberandola dalle impurità fini. L'aria compressa permette di movimentare la materia e allo stesso tempo di eliminare erbe, paglia, chicchi rotto o stremenziti. Terminato il processo di pre-pulitura viene elaborato un *documento di tracciabilità* informatizzato che permette di ricostruire tutta la filiera produttiva sino ai futuri lotti di farina. La granella viene insalata in big bag o silos e rimane al massimo 10/12 gg prima di entrare nei cicli di pulitura.

Durante i cicli di pulitura vengono liberati i chicchi dalle impurità con le quali convivono dal momento del raccolto. Sebbene i principi siano gli stessi messi a punto nella seconda metà dell'ottocento, i macchinari utilizzati sono stati innovati e permettono una pulizia che va oltre i soli criteri di peso e dimensione. La prima pulitura viene eseguita per mezzo di separatori magnetici per isolare corpi ferrosi che possono derivare dal campo, dai macchinari della raccolta e dalle superfici di trasporto. Successivamente il flusso di granella viene convogliato in una tarara spietratrice dalla quale si separano pietre e grumi di terra. In questo passaggio la movimentazione all'interno del mulino viene eseguita tramite coclee o aria compressa. Un

Fig.3.14
Residui organici ed inorganici
della prepulitura.

complesso sistema di aspirazione e compressione spinge la granella attraverso le diverse altezze dei piani dell'impianto dove sono poste le macchine. Isolate le pietre, vengono adoperate due tarare, combinata e conica, per rimuovere le impurità leggere. Da queste lavorazioni si ottiene una sabbia organica che comprende polvere di terra, granella spezzata o non idonea e vecchia.

In questo step la granella viene condizionata, tramite passaggio in coclea, con acqua nebulizzata per aumentarne l'umidità affinché si possano facilitare le successive operazioni. Tramite spelatrice verticale e filtraggio la granella viene spazzolata e filtrata. Il risultato di questo processo a 2 cicli sono le pellicine o bucce di grano (BG), così chiamate da Fausto Marino poiché non essendo classificabili come sottoprodotto non esiste una nomenclatura tecnica di questo residuo. La raccolta dello scarto (BG) viene eseguito tramite sacchi da 25 kg. Il residuo di BG a sua volta viene distinto in bucce grosse e bucce fini in relazione ai cicli del processo. L'obiettivo di questa lavorazione sta nella riduzione delle ceneri durante gli step successivi.

A tal proposito, si apre una parentesi importante sulle Direttive Atex (*Atmosphere Explosive*) adottate dall'Unione Europea che stabiliscono i requisiti fondamentali per garantire

62



Fig.3.15
Fine corsa dei canali aspiranti
per la raccolta dei residui.

sicurezza di prodotti e impianti utilizzati in atmosfere a rischio di esplosione. I mulini sono considerati impianti altamente esplosivi, poiché la farina miscelata all'aria se viene raggiunta da un innesco, ad esempio una scintilla dall'impianto elettrico, possiede un potere calorifico elevato. L'impiantistica elettrica, i motori e tutte le componenti che possono generare scintille devono essere certificate ATEX. Le lavorazioni del mulino devono altresì minimizzare la presenza di polveri o ceneri, in quanto soggette al pericolo da strati di polvere (Alviano, 2015). L'obiettivo è di ridurre la probabilità di concentrazione e mescolamento con agenti esplosivi. Secondo la direttiva ATEX 2014/34/UE, recepita in Italia con Dlgs 85 del 19 Maggio 2016 (Atex Italia, 2019), la classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione prevede l'identificazione di zone entro le quali si debbono adottare provvedimenti contro le esplosioni:

ZONA 20: luogo dove è presente continuamente o per lunghi periodi un'atmosfera esplosiva per la presenza di polvere combustibile nell'aria;

ZONA 21: luogo dove è possibile sia presente durante il funzionamento normale un'atmosfera esplosiva per la presenza di polvere combustibile;

ZONA 22: luogo dove non è possibile sia presente durante il funzionamento normale un'atmosfera esplosiva per la presenza di polvere combustibile.

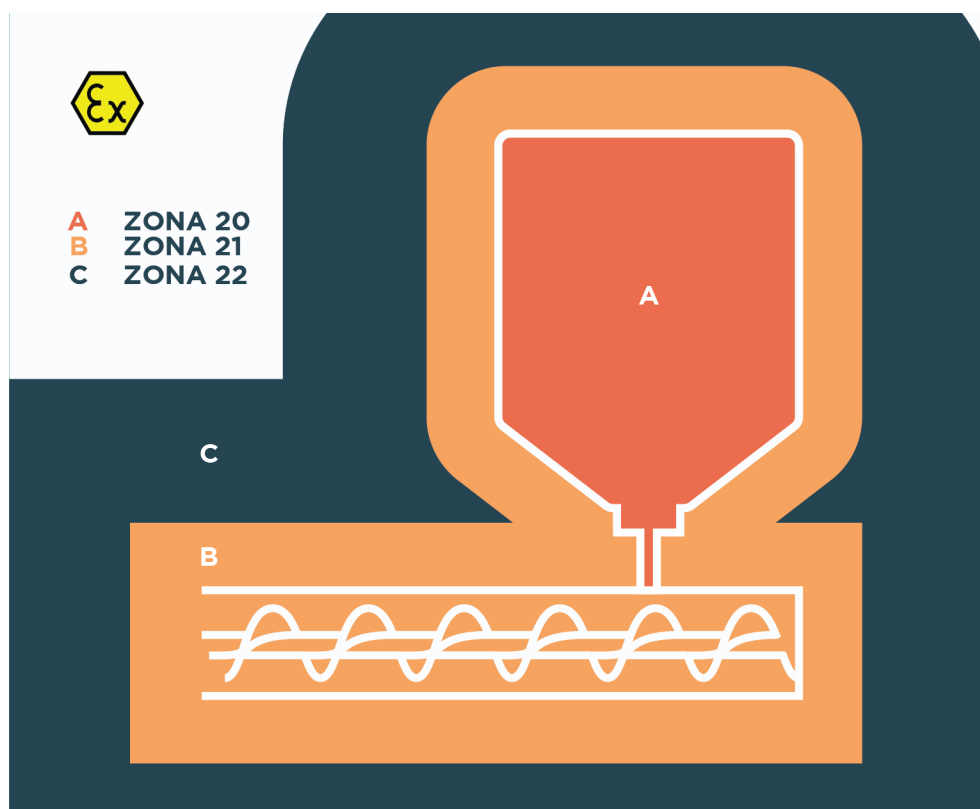


Fig.3.16
 (In alto) Logo di certificazione ATEX.
 Esempio di valutazione della zone a rischio esplosione.
 Zona 20: Tramoggia o silos.
 Zona 21: Insieme dei macchinari e delle strutture.
 Zona 22: Impianto molitorio.

Tornando al percorso dei cereali, la granella viene passata al vaglio della selezionatrice ottica (fig.3.17) che espelle dal flusso le componenti non idonee alla macinazione. Vengono raccolte ed elaborate differenti immagini che permettono di rilevare difetti non individuabili nello spettro del visibile, come muffe o variazioni di densità nel chicco. La scelta delle caratteristiche che devono avere i chicchi viene gestita dal mugnaio tramite software dedicato della selezionatrice. Le parti da rimuovere vengono espulse dal resto con getto puntuale di aria compressa.

La granella selezionata viene idratata (condizionata) prima di essere miscelata e macinata. Questo passaggio indica la fine dei cicli di pulitura e l'inizio delle lavorazioni riguardanti la macinazione. Le percentuali di acqua nebulizzata variano in base al valore proteico del cereale. Gli obiettivi di questa procedura sono molteplici:

- * inumidire la crusca affinché riduca la contaminazione del prodotto finito;
- * facilitare la separazione della crusca dall'endosperma;
- * ammorbidire l'endosperma per ridurre il consumo energetico delle macine;
- * garantire un valore costante di umidità nel prodotto finito (semole/farine).

64

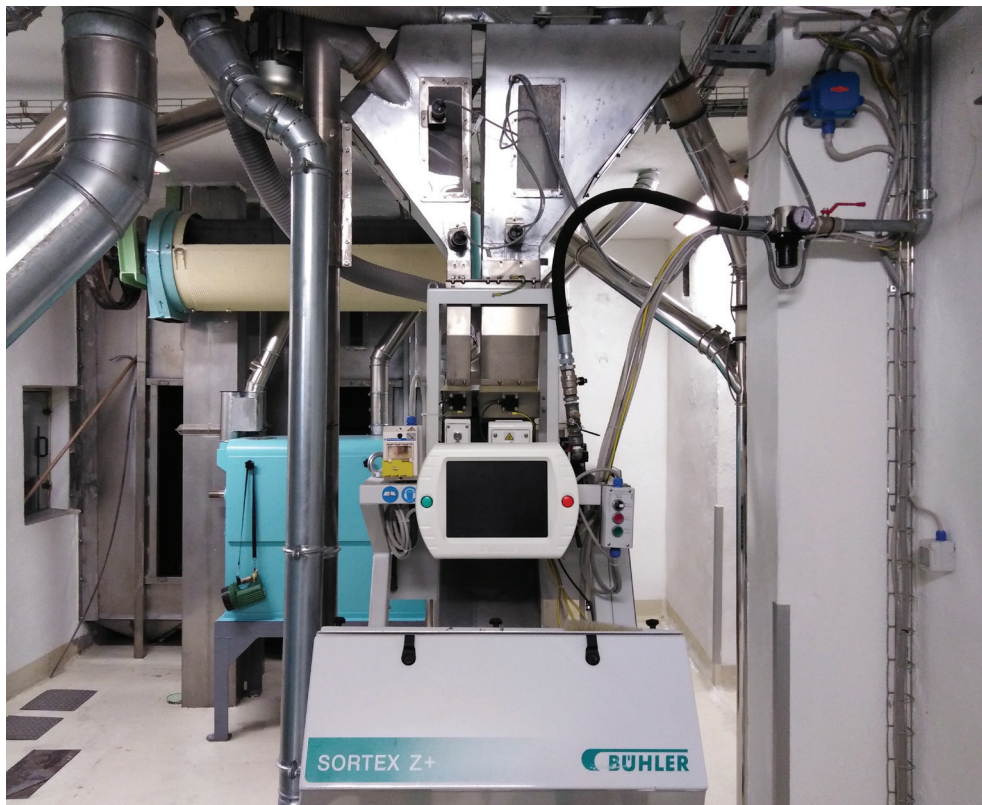


Fig.3.17
Selezionatrice Ottica.

Il dosaggio a flusso continuo è lo step preliminare alla macinazione. In base alle caratteristiche che il prodotto finale deve avere si miscelano diverse partite di cereale. La granella per gravità viene fatta scivolare all'interno della dosatrice e successivamente immessa nei condotti che portano alle macine. La macinazione avviene tramite laminatoi (macine a cilindri) o mulini a pietra. In base al prodotto da ottenere la granella segue un flusso differente.

La macinazione per mezzo di laminatoi prevede passaggi di rottura, svestitura e macinazione del chicco combinati con plansichter e/o semolatrice che setacciano i prodotti della macinazione. Il laminatoio è composto da una campana che viene caricata con la granella da macinare. Mediante dei rulli di alimentazione la granella è inviata alla coppia di rulli macinanti. Ogni coppia di rulli sono contro rotanti e differiscono per velocità affinché il chicco venga rotto, stirato e macinato. I rulli del laminatoi sono realizzati in ghisa e se destinati alla rottura del chicco presentano delle striature superficiali, altrimenti se destinati ai passaggi di rimacina sono lisci. Il prodotto del chicco macinato viene depositato nella tramoggia sottostante e trasportato con aspirazione meccanica ai plansichter dove viene vagliato e setacciato. I plansichter sono casse sormontate da manichelle di carico in tessuto flessibile. Ad ogni manichella corrisponde un canale, un percorso contenente stacci e telai dove viene costretto il passaggio dello

65



Fig.3.18
Sala laminatoi a rulli.
Foto di Maurizio Rosso.

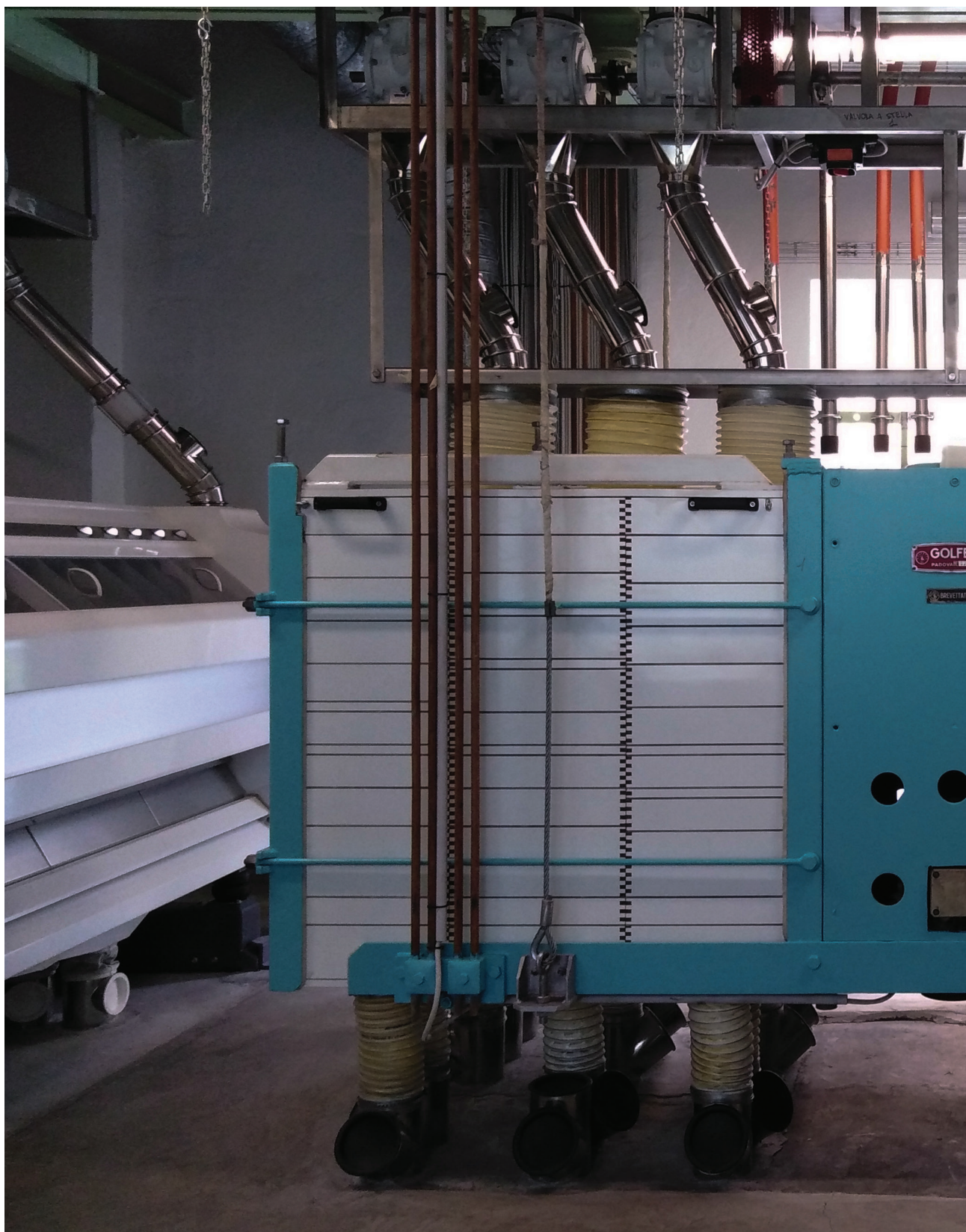
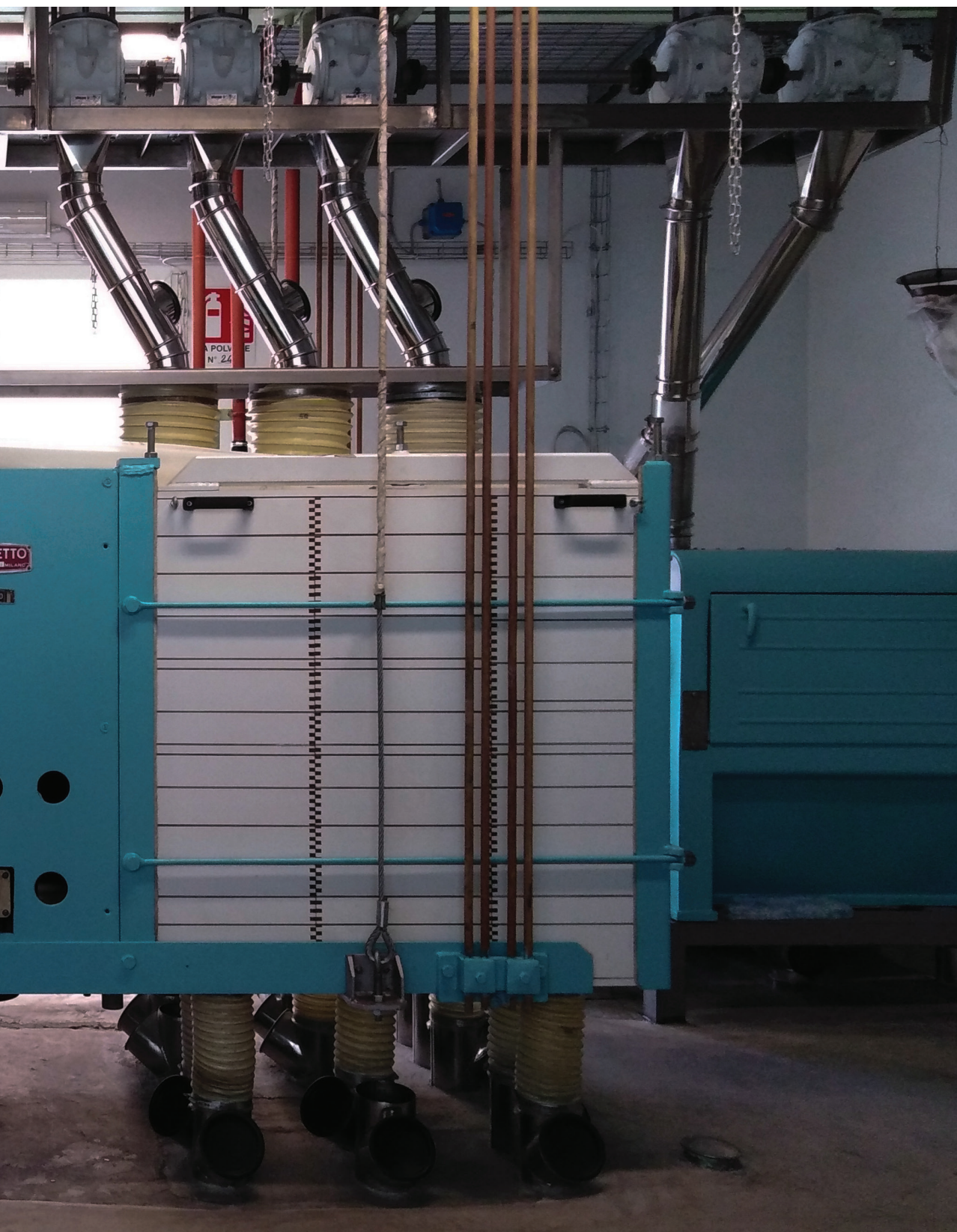


Fig.3.19
Vista frontale del Planschter.



sfarinato. Le operazioni sono due: scartare e lasciar passare. Tramite stacci a luci differenti (da 2 mm a 120 micron) ed espulsori che sfruttano il movimento rotatorio della macchina, le diverse frazioni escono separate e pronte per essere inviate alle successive lavorazioni. Le varie frazioni dello sfarinato possono essere sintetizzate in:

- * farine, inviate direttamente al silos di stoccaggio;
- * corticale, convogliato alle spazzole da crusca;
- * semole e semolini, dirette alle semolatrici;
- * frazioni grossolane, destinate alla rimacina.

La macinazione del chicco nei mulini a pietra (o “a palmenti”) avviene in un unico passaggio. La macina è composta da due mole orizzontali: una dormiente ed una mobile. In capo alle mole si trova la tramoggia di carico che presenta un foro di ingresso dove la granella viene costretta a passare. Le mole presentano scanalature (raggi) che macinano e scaricano all'esterno lo sfarinato. Il mulino a pietra compie pressione e sfregamento in un solo passaggio. Lo sfarinato mantiene l'integrità del chicco, a differenza della macinazione a cilindri. La finezza del prodotto finale è strettamente soggetta al volere del mugnaio poiché essa dipende

68



Fig.3.20
Sala macine a pietra naturale.

dalla distanza tra le due mole che viene tarata all'inizio di ogni ciclo di macinazione. Distanza e velocità di rotazione possono causare il surriscaldamento delle mole e di conseguenza della farina. Attraverso un software dedicato connesso ai sensori installati nella scocca della macina vengono monitorati dati relativi a temperatura, pressione ed umidità. Dopo la macinazione lo sfarinato è convogliato nel buratto, costituito da setacci che separano la farina dalla crusca che viene stoccata nelle tramogge della zona F, mentre la farina viene stoccata nei silos.

A seguito dei processi molitori le farine possono essere tagliate (miscelate) nel caso fosse necessario, insieme ad altre farine con caratteristiche differenti. Questa procedura viene eseguita dal Mulino Marino solo in caso di commissioni private che richiedono particolari tenori non raggiungibili nella miscelazione pre-molitura.

Le farine prodotte vengono stoccate e confezionate in sacchi di carta (50 mila pz/anno) o confezioni in HDPE (n.d.) destinate alla distribuzione. All'interno del cortile vengono realizzati ed imballati pallet destinati alla distribuzione. Successivamente caricati su gommato per la consegna. La gestione della distribuzione è diretta se rimane nei confini delle province di Cuneo e Torino. Altrimenti viene esternalizzata. Tranne che nel punto vendita interno al



Fig.3.21
Sacchetto in HDPE da 1 Kg di farina
destinato alla vendita al dettaglio.

Mulino Marino, il resto della vendita avviene all'ingrosso, sia verso gli attori del comparto della seconda trasformazione, sia verso le attività ristorative o rivendite al dettaglio.

La manutenzione dell'impianto viene effettuata per mezzo di aspirazione industriale. Ad ogni ciclo di macinazione concluso viene svolta la pulizia delle macine e relativi condotti secondo quanto riportato nel Reg. CE 852/2004 e alle norme vigenti riguardanti l'applicazione dei principi d'igiene del HACCP. L'insieme delle operazioni presentate, lavorazione e manutenzione, sono alimentate dall'impianto fotovoltaico da 70 kW/h presente all'esterno del fabbricato.

Analisi del residuo

Secondo i dati ricevuti dall'azienda, la media annua di produzione rimane intorno ai 1100 kg al giorno di farina. Il valore economico minimo della farina, come da listino prezzi all'ingrosso fornito dal mulino, oscilla tra 1,40 €/kg (macina a cilindri) e 1,80 €/kg (macina a pietra) in base al metodo molitorio. Il totale annuo registrato nel 2018 è di circa 680 tonnellate di granella macinata.



La tabella in *fig.3.23* riassume i dati relativi alle quantità delle frazioni di materiale generate dalle attività molitorie, al processo di origine e i rispetti valori economici. Come si evince dal grafico, circa il 30% sul totale della granella viene perso durante la trasformazione della farina. Lungo questi processi vanno a formarsi delle frazioni di residuo in quantità, caratteristiche e prezzo differenti. I crusconi (crusca e cruschetto) sono inseriti nelle categorie di sottoprodotti della filiera e possono essere reintegrati nella produzione di cibi per l'alimentazione umana e successivamente quella animale. Sabbia organica e BG non sono inserite in nessun registro, possono rappresentare quindi un'occasione di studio per capirne le caratteristiche. Entrambe in base alle richieste vengono vendute a terzi o smaltite come rifiuto. Il prezzo di vendita nel settore mangimistico raggiunge un massimo di 0,30 €/kg. La cura riposta dal mulino nelle lavorazioni utilizzando solo materie certificate biologiche e facendo della sicurezza alimentare il proprio cavallo di battaglia fa sorgere delle domande spontanee: Perché alcuni residui non sono valorizzati? Da cosa sono composti? Come ottimizzarne le qualità?

Nonostante si fossero raccolte informazioni dai mugnai su cosa fosse presente all'interno della sabbia organica e delle BG si sono prelevati dei campioni per svolgerne le analisi. Grazie al laboratorio microbiologico Bio Qualità, su commessa del Politecnico di Torino, è

71



Fig.3.23
Output del Mulino Marino.



72

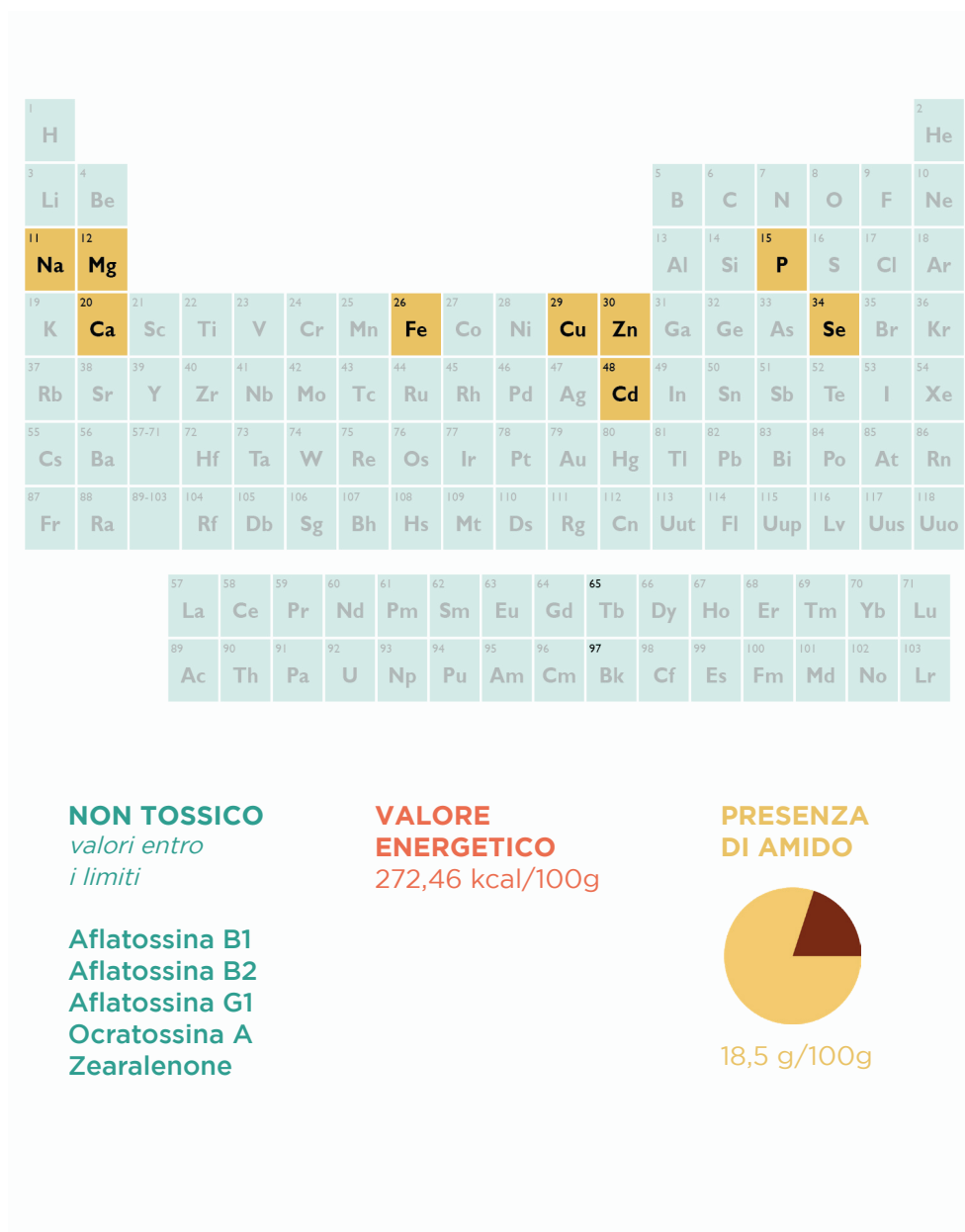
stato possibile realizzare la caratterizzazione dei residui (dati consultabili su richiesta).

In *fig. 3.25* sono riportate le caratteristiche principali:

- * composizione chimica;
- * valori tossicologici;
- * presenza di amido;
- * valore proteinico.

Il Mulino Marino nel panorama cerealicolo piemontese ed italiano rappresenta una realtà virtuosa. L'approccio etico nella gestione delle risorse energetiche e primarie per lo svolgimento dell'attività rimane impeccabile rispetto al metodo convenzionale della maggior parte delle imprese molitorie. Dai primi colloqui svolti con Fausto, Ferdinando e Flavio si sottolinea la volontà da parte dell'azienda di investigare nuove soluzioni per sostituire la plastica da fonti fossili dal loro ciclo produttivo. Le confezioni da 1 kg di farina sono realizzate in HDPE, ad oggi la miglior soluzione come materiale da packaging per il contatto con alimenti. Inoltre, in seguito all'introduzione di modifiche nel processo e nell'impianto di lavorazione dovute alle Direttive Atex, le bucce di grano (BG) o pellicine risultano un nuovo residuo da gestire.

Fig.3.24
Residuo di "bucce di grano"
prelevato dal mulino.



A differenza della crusca, alla quale viene dedicato un proprio percorso di conservazione che rispetta i rischi di alterazione della granella (Pagani et al. 2008), le BG vengono raccolte in sacchi di carta da 25 lt di cui, una volta allontanati dagli ambienti controllati, se ne perde il monitoraggio dei valori di umidità e temperatura.

Fig.3.25
Sintesi della caratterizzazione delle bucce di grano.



**BUCCE
DI GRANO**

PROGETTO GLUME

Scenario

75

Nel panorama odierno, l'agricoltura tende convenzionalmente a concentrarsi su una sola coltura sulla quale convergono tutte le energie di un'intera filiera. Di conseguenza, tutto l'intorno viene considerato superfluo. Gli scarti o residui nel migliore dei casi vengono utilizzati per il compostaggio, poiché essendo percepiti come materia esausta, difficilmente riescono a generare attività virtuose che impiegano le qualità proprie di queste materie. Come sottolinea Gunter Pauli in *Economia in 3D* (2017), il modello di business dominante del settore agricolo industriale produce residui ad ogni passaggio della filiera. Questa dinamica avviene dal raccolto al consumo, modificando drasticamente l'ambiente. Inoltre senza sfruttare le opportunità economiche, ambientali e sociali rappresentate dai residui. La strategia del "core business", legata all'interpretazione delle attività umane come un processore volto ad eseguire una singola funzione alla volta, presenta diverse barriere nell'integrare ad esso flussi naturali di cibo, energia e materia. Questo comportamento risulta inadeguato a fronte del fatto che non vengono tenuti in considerazione i limiti fisici dell'ecosistema terrestre. L'agricoltura industriale può essere quindi considerata al pari dell'industria estrattiva (Thackara, 2015). Il sistema produttivo agroalimentare sta raggiungendo quote mai sfiorate in precedenza ad una velocità innaturale. Secondo i dati del Club di Roma, la produzione di cibo nel 2040 sarà pari

a 10,5 miliardi di tonnellate l'anno (Randers, 2013). Il grafico in *fig.4.2* dimostra come lo stesso andamento non viene seguito dalla curva dei terreni coltivati, che rimane pressoché invariata. Questo a significare lo squilibrio in atto tra la velocità dello sfruttamento delle risorse a discapito dei lenti processi naturali dei sistemi viventi. Il suolo rappresenta ad oggi la matrice di materia organica necessaria per la coltivazione di circa il 90% del cibo (FAO, 2017).

Nonostante il settore agritech mondiale continui a crescere, si pensi che nel contesto italiano sono circa 617 le imprese dedicate a servizi agri-food core, (Cosimi, 2018), bisogna ripensare a come queste attività si inseriscono nell'ecosistema terrestre. Spesso l'obiettivo dell'agricoltura, o dei sistemi produttivi in generale, risulta ancorato alle logiche del consumismo. Il procedimento di tali sistemi è ormai noto: prendere (estrarre) materie prime, capitale, personale e dati da ogni parte del globo, produrre a basso costo, immettere sul mercato prodotti che non durano per essere i primi nella sostituzione con nuovi modelli e tecnologie. Alimentando così un sistema produzione-consumo che si inseguono a vicenda (Pauli, 2017). Volendo fare un parallelismo si prende ad esempio la panificazione industriale, vista l'appartenenza al contesto della ricerca. L'introduzione del lievito di birra (ceppo batterico monocellulare della famiglia *Saccharomices cerevisiae*) nei processi industriali di panificazione porta alla diminuzione dei

76

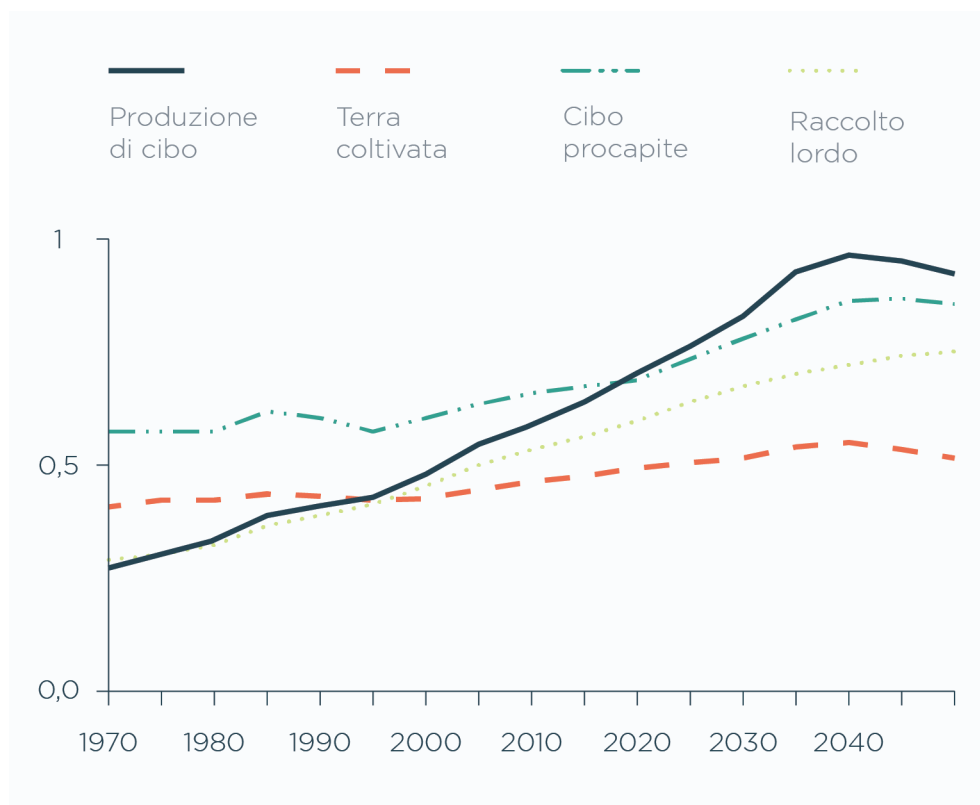


Fig.4.2
Produzione globale di cibo, 1970 - 2050. Scala: produzione di cibo (0 - 10,5 miliardi di ton/anno); terra coltivata (0 - 3 miliardi di ha); raccolto lordo (0 - 8 ton per ha/anno); cibo procapite (0 - 1,4 ton per persona/anno).
Fonte: Randers, J. 2013. 2052, Rapporto al Club di Roma, Edizione Ambiente.



tempi di lievitazione, riduce i costi di lavorazione, svolge la propria funzione in un ampio range di condizioni e permette di avere un prezzo al consumatore molto basso. La problematica risultante però è nel prodotto finale. Ovvero, comparato ad un pane fatto fermentare (lievitare) con pasta madre (PM), si nota come il lievito di birra conferisca al pane monotonia nel gusto e nel profumo. La durata media di conservazione non supera le 20 ore. Il pane con lievito di birra tende a perdere umidità velocemente e possiede valori organolettici bassi a causa di una differente azione metabolica durante la lievitazione. Il pane con lievito di birra risulta inoltre difficilmente digeribile. La pasta madre invece è un impasto acido che contiene batteri e lieviti selvaggi in azione durante la lievitazione. La biodiversità batterica presente nella pasta madre ottimizza, tramite fermentazione acido-lattica, i naturali processi di demolizione degli amidi presenti nella farina e rende disponibile al metabolismo umano un pane più ricco di nutrienti. Il tempo di conservazione si dilata e il prodotto fermentato secondo questa modalità risulta meglio digeribile. Il costo di questo pane è sicuramente maggiore rispetto a quello realizzato con lievito di birra, ma riesce nello scopo principale di nutrire efficacemente le persone. Al contrario del lievito di birra che attraverso la fermentazione alcolica massimizza la sola funzione di immagazzinare aria dell'impasto. Tralasciando in questo modo le proprietà della farina e della palabilità del prodotto finale, costringendo inoltre ad un acquisto quotidiano. Dalla

Fig.4.3
Grafica di comparazione
tra lievito di birra e pasta madre.

massimizzazione del singolo parametro all'*ottimizzazione* delle qualità della materia, di questo parla Gunter Pauli in termini di economia in tre dimensioni, sottolineando la vulnerabilità del modello "core business" in quanto l'unica eterna costante in natura è il cambiamento. Si osservi in relazione alle parole dell'economista belga che nel settore agroalimentare, in special modo quello cerealicolo, alcune strategie verso questo nuovo modello sono in corso.

Ad esempio, andando a parlare di cosa accade nei campi, fondamentale è l'approccio divulgato ed insegnato dal Prof. Salvatore Ceccarelli. Genetista e ricercatore in campo agrario, dal 1996 porta avanti programmi di *miglioramento genetico partecipativo* di cereali e legumi. Cosa vuol dire?

Nell'agricoltura convenzionale il miglioramento genetico si basa sul selezionare e commercializzare a livello globale monoculture ad alta resa e produrle con l'ausilio di concimazioni, anticrittogamici e diserbanti progettati in base alla varietà di riferimento. Nel modello proposto da Ceccarelli si lavora in direzione diametralmente opposta. Il miglioramento genetico partecipativo pone le radici sulla *selezione per adattamento specifico*, cioè sulla produzione di varietà adattate al territorio in cui sono coltivate. Anche se può sembrare di poco conto come

78



Fig.4.4
Salvatore Ceccarelli durante
una selezione in campo.
Fonte: www.miscugli.it

iniziativa, questa strategia permette ai contadini di essere nuovamente padroni delle sementi e partecipare attivamente allo sviluppo di un'adeguata popolazione cereali *popolazione evolutiva* (Ceccarelli, 2016) di cereali. Le ricadute sono rilevanti in termini sociali, ambientali ed economici. Inoltre questa metodologia agricola aiuta a sviluppare famiglie di sementi locali resilienti per far fronte al cambiamento climatico. Queste strategie vengono usate soprattutto nei paesi asiatici dove il sogno della rivoluzione verde ha creato danni enormi in termini di erosione e vulnerabilità genetica (Smale, 1997). In Italia, un esempio virtuoso è dimostrato dal lavoro dell'Azienda Agricola La Viola. Queste strategie sono state implementate con metodo consociativo per ottenere miglior equilibrio nell'utilizzo del terreno, cereali e legumi si compensano a vicenda secondo quanto redatto nel disciplinare *HEE Method* (Croceri, 2013).

Lasciati i campi e tornando agli scenari industriali possibili, dagli studi portati a termine nel 2013 dall'Università di Trieste, si evince nel *Rapporto Fiagraintra* che la *diversificazione* deve diventare l'obiettivo strategico per lo sviluppo economico, sociale e ambientale. L'ottimizzazione o multifunzionalità delle imprese appare l'opportunità per le aziende legate al settore agricolo nel riappropriarsi del ruolo strategico nella filiera agroalimentare. In seguito all'accelerazione indotta dalla crisi economica e dalla globalizzazione, sono stati due i fattori che hanno spinto il settore agricolo a rivedere l'ampliamento dei confini tradizionali. Nel primo caso l'ottimizzazione, o diversificazione, è stata intrapresa come strumento resiliente per far fronte all'instabilità economica. Nel secondo caso è stata sperimentata sottolineandone il potenziale nello sviluppo di modelli sostenibili in ambito economico, culturale, alimentare, territoriale e ambientale. Le principali attività riguardano:

- * prima trasformazione dei prodotti;
- * vendita diretta al consumatore;
- * produzione di energia rinnovabile;
- * fattorie didattiche (Università di Trieste, 2013).

Associata a queste iniziative si riscontra la continua ricerca nella qualità e trasparenza della produzione, come le certificazioni biologiche o i prodotti a denominazione d'origine controllata. Si registra la tendenza nell'incremento di azioni volte alla produzione energetica da fonti rinnovabili, da quelle tradizionali come l'idroelettrico a quelle non convenzionali come la bioenergia, proveniente da coltivazioni, biomassa, rifiuti e sottoprodotti, alghe e piante acquatiche che dovrebbero essere in grado di sostituire l'energia fossile (Caldés et al. 2019).

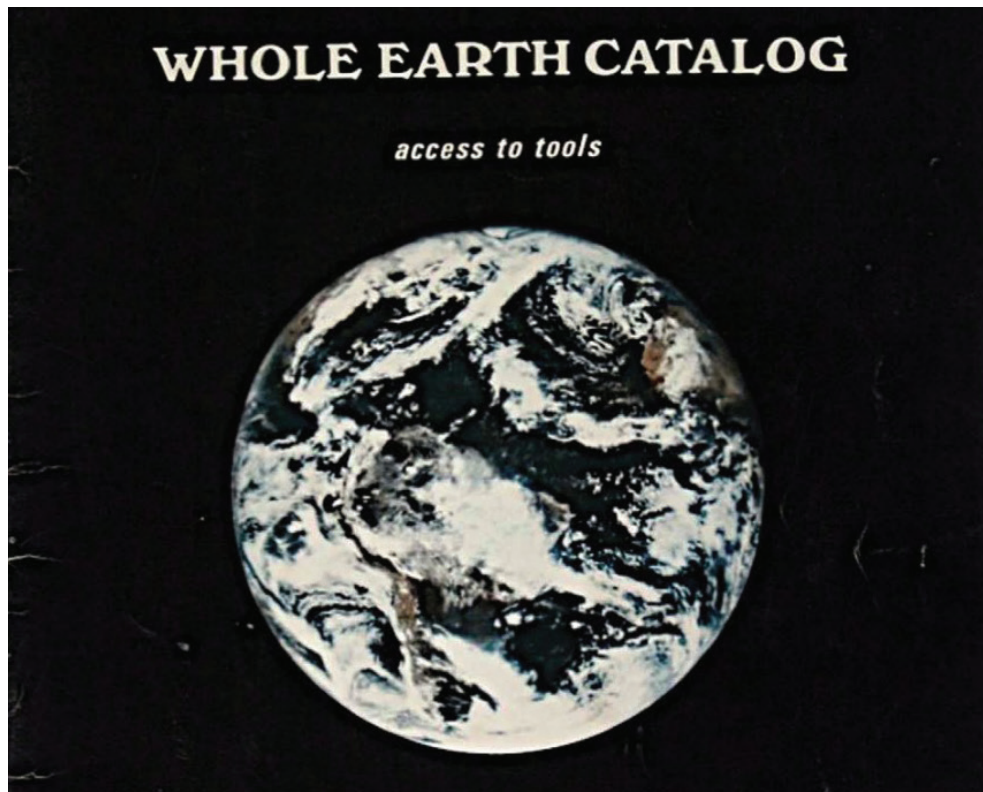
Le suddette iniziative possano rappresentare le buone pratiche ambientali, importanti in questo periodo per creare o riorganizzare imprese. I modelli di business devono essere guidati secondo i principi della bioeconomia circolare (Bonaccorso et al. 2019). Quest'ultimi non devono essere semplicemente essere una scelta di mercato, ma piuttosto la prerogativa per intraprendere e progettare le future attività. Ripensare dunque alle aree locali come ambiente da scoprire ed ottimizzare, partendo ad esempio dal concetto di regioni sostenibili, e sviluppare prodotti e servizi che valorizzino le qualità delle materie a disposizione con la consapevolezza dei limiti fisici dell'ecosistema terrestre.

Materiali circolari

“Siamo nel mezzo di un lungo processo di transizione nell'immagine che l'uomo ha di se stesso e del suo ambiente” (Boulding, 1966), queste sono le parole introduttive dello scritto *The Economics of the Coming Spaceship Earth* pubblicato 53 anni fa. L'autore Kenneth E. Boulding descrive nel libro come in un futuro prossimo, l'attuale presente, sia necessario adottare un modello economico che definisce dell'*astronauta*. Le attività umane sulla Terra devono ispirarsi al comportamento degli astronauti nello spazio. Quest'ultimi, consapevoli del fatto che il viaggio possa durare più a lungo di quanto previsto, ottimizzano le risorse a disposizione. Ovvero, sapendo di dipendere da un sistema limitato, come la Terra, bisogna essere parsimoniosi ed ottimizzare le risorse poiché non si conoscono abbastanza le variabili che possono compromettere la durata della specie umana. Nel saggio vengono individuate 3 classi di risorse fondamentali per la sopravvivenza:

- * materia;
- * energia;
- * informazioni.

Questa similitudine proposta da K.E. Boulding sulla condizione di astronauta che l'uomo deve affrontare è stata utile, ai fini del progetto, per riflettere su come la materia acquisisca il ruolo da protagonista nell'ottica di modelli ispirati all'economia circolare, dove lo scarto non viene concepito come materia esausta. Anzi, lo scarto diventa un output che attraverso le proprie qualità deve tornare materia prima per altre attività o generarne delle nuove. In questo caso, sottolinea Rodrigo Rodriguez presidente della *Material ConneXion Italia Srl*, la penisola italiana a causa della scarsità di risorse, e talvolta della povertà, possiede nelle proprie tradizioni l'istinto al recupero e alla conservazione, grazie allo spirito se si vuole opportunistico tipico



della civiltà italiana. Le strategie principali attuate ad oggi con l'obiettivo di implementare le pratiche ed i processi circolari, si possono ricondurre a:

- * filiera circolare;
- * recupero e riciclo;
- * estensione della vita di un prodotto;
- * sviluppo di piattaforme di condivisione;
- * passaggio da prodotti a servizi (Genovesi, 2017).

La materia è dunque sia materiale costituente dei prodotti, sia un prodotto a sua volta, che sia essa materia prima o residuale. Le strategie sopra elencate sono le uniche possibili per limitare i danni causati dal modello “core business” e convertire il sistema lineare a quello circolare, o sistemico.

La prima classificazione che aiuta a definire i profili dei materiali è quella che distingue i *rinnovati*, materiali derivanti da risorse rinnovabili per propria natura, dai *rinnovabili*, ovvero materiali nuovi reintrodotti nel ciclo produttivo di altre filiere. A questa prima divisione

Fig.4.5
Copertina di Whole Earth Catalogue, 1968.
Editoriale americano diretto
da Stewart Brand.

deve essere aggiunta un'ulteriore categorizzazione che suddivide in 3 macro famiglie le materie appartenenti alle dinamiche circolari:

* *Neoclassici*, rappresentati da vetro, alluminio, acciaio, legno, carta e rifiuti elettronici. Le matrici materiche appartenenti a questo insieme sono i cosiddetti “rifiuti urbani”, dei quali negli anni si sono sviluppate filiere ottimizzate per la gestione delle risorse sottraendole alla discarica;

* *Ex – novo*, sono quei materiali considerati da sempre irrecuperabili per motivi economici o quantitativi, solitamente diretti alla discarica. Gli scarti dell'industria alimentare, reflui gassosi o mescole plastiche fanno parte di questa categoria che grazie alle nuove filiere o tecnologie iniziano ad avere una nuova vita;

* *Bio-based*, equivalgono a tutte le materie di origine vegetale o biologica che sono da considerare rinnovabili in quanto sono “colture” o residui di quest'ultime. Questa famiglia di materie è importante per la presenza di biopolimeri e batteri o funghi.

Come si nota nel grafico *fig.4.6* grazie a strumenti come il Life Cycle Assessment (LCA) e agli Obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite come il *Sustainable Consumption and*

82

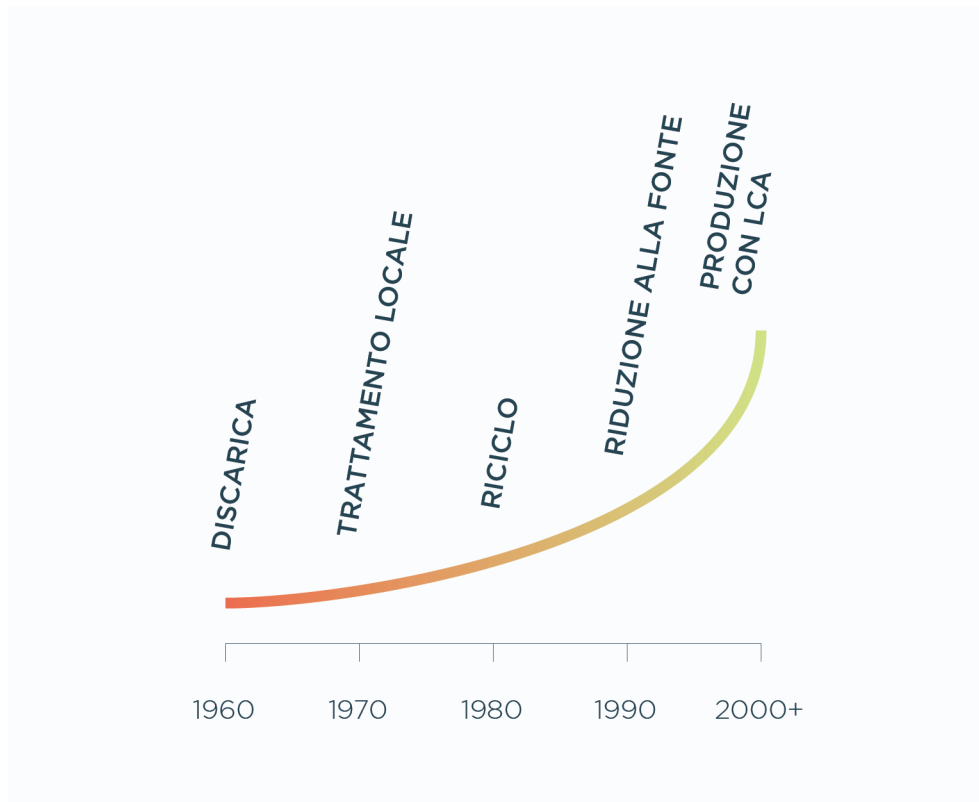


Fig.4.6
Evoluzione strategie pulite.

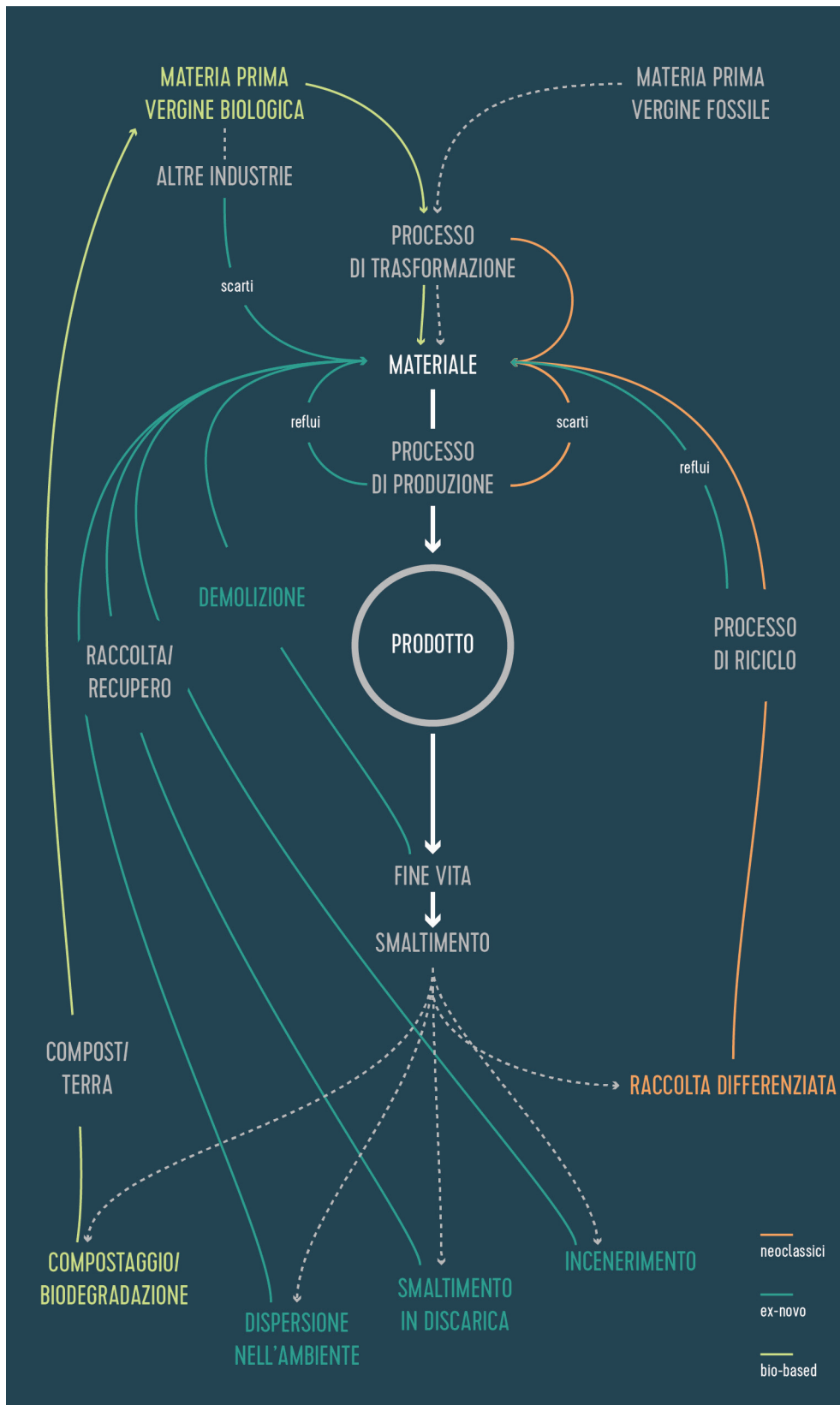


Fig.4.7
Mappa famiglie
dei nuovi materiali circolari.

Production (SCP) il materiale acquisisce importanza strategica nella riprogettazione di interi processi di produzione e consumo. Nonostante lo scenario si presenti assolutamente interessante poiché si sono raggiunti livelli qualitativi estremamente alti e si sono validati i processi di produzione di neomateriali, la criticità riscontrata è quella riguardante l'entrata nel mercato. Come nel paragrafo precedente riguardo alla panificazione con PM, sebbene si riconoscano le ricadute positive in termini ecologici e si possiedono criteri di valutazione per determinare la circolarità di suddetti sistemi, essendo il mercato di altra origine rispetto a quella sistemica, o circolare, si presentano delle resistenze nell'attuazione di modelli circolari. Le resistenze rappresentano a loro volta le occasioni dalle quali sviluppare pattern produttivi differenti da quelli attuali. Dalle proiezioni sulle ricadute dell'assunzione di sistemi circolari sulla crescita economica europea nel 2030, si osserva come il consumo di materie prime possa ridursi del 32% in comparazione con le tendenze produttive attuali (Ellen MacArthur Foundation, 2015). Inoltre, la spinta all'attivazione di questi processi sostenibili richiede la generazione di percorsi virtuosi in cui chimica, meccanica ed informatica devono convergere per intrecciarsi con gli aspetti ecologici ed economici. Le prospettive per la nuove filiere produttive dell'economia circolare devono quindi soddisfare tre principali requisiti per essere parte di questo modello economico:

84

- * incremento recupero rifiuti con obiettivo discarica zero;
- * promozione di “*simbiosi industriale*” dove i residui diventano materia prima per altre imprese;
- * metodologia di approvvigionamento e trasformazione su base locale.

Nel mondo sono diverse le realtà, specialmente nelle filiere dei polimeri bio-based, che stanno promuovendo questa tipologia di produzione. Ad esempio in Francia, si sono stabilite reti di aziende agricole che collaborano con produttori di biopolimeri al fine di ottimizzare in situ le qualità dei componenti. Le proprietà chimico fisiche degli amidi, le caratteristiche meccaniche delle fibre e le peculiarità plasticizzanti delle proteine, costanti nella produzione agricole e nei rispettivi residui, sono rese così disponibili in un sistema circolare virtuoso. In questo modo il processo acquista valore e di conseguenza anche il contadino alla base dei sistemi agro-alimentari, come espresso nel capitolo 1 delle filiere, torna a ricoprire un ruolo fondamentale.

Imprese virtuose

Per “*chiudere il cerchio*” si nota come si abbia bisogno di relazioni che vanno oltre le opportunità commerciali fini a se stesse. Per lo sviluppo di questo progetto di tesi si sono analizzate delle realtà che si avvicinano al settore agricolo in cui è stato svolto lo studio di tesi. Le imprese di riferimento sono state:

- * Biotrem tableware;
- * Novamont;
- * Bio on.

Prima di scendere nelle particolarità delle singole aziende, il motivo funzionale alla scelta deriva nel caso della Biotrem alla natura della *materia utilizzata*, come nel caso della Novamont alla quale in aggiunta segue come motivazione dell’analisi il ruolo di leader che l’azienda sta acquisendo in Italia e nel mondo in termini di *buone pratiche ambientali*. In ultima battuta, ma non di minor importanza, la Bio-on in quanto esempio di azienda circolare per eccellenza, il suo compito è quello di ottimizzare e *creare relazioni* tramite la ricerca e sviluppo sui residui dell’industria agro-alimentare.

85

Biotrem

L’azienda polacca Biotrem Tableware propone stoviglie biodegradabili utilizzando come materia prima crusca di frumento. Come descritto nel *capitolo 2*, la crusca è un sottoprodotto dell’industria molitoria e non è un caso che l’attuale CEO e fondatore dell’azienda, Jerzy Wysocki, deriva da una famiglia di mugnai che opera nel settore dai primi anni del 1900. L’invenzione del processo produttivo risale ai primi anni ‘90 e dopo diversi anni di prototipazione è diventata una realtà aziendale. Nel 2012, raggiunto il sesto *Livello di Maturità Tecnologica* (TRL), è stata fondata la Biotrem, con lo scopo di raccogliere fondi per perseguire lo sviluppo dell’azienda nella produzione di stoviglie utilizzando solo crusca e vapore. Nei successivi tre anni l’azienda è riuscita a lanciare i suoi prodotti sul mercato, grazie a investimenti europei e finanziamenti da privati, che hanno permesso la realizzazione del primo impianto di produzione a Zambrow, cittadina a un centinaio di chilometri da Varsavia. Guardando alle ricadute sul territorio, da notare come lavorando con materie bio-based la Biotrem si sia impegnata nella creazione di contratti di rete con i suoi fornitori, inserendosi quindi come partecipante attivo e non secondario rispetto alla filiera del frumento. L’impresa polacca, dai dati europei sullo sviluppo delle piccole e medie imprese, ha investito fino ad ora 5 milioni di euro, dei

quali 3,25 investiti nell'impianto di produzione. Della totalità di questi investimenti, grazie al progetto Smart Growth Operational Programme, circa 3,3 milioni sono stati stanziati dall'Unione Europea in quanto il progetto risulta in linea con i principi degli SDGs, in particolare al punto 12.3 "to [...] reduce food losses along the food production and supply chain". Si osservi però come, nonostante i pattern di sviluppo economico siano circolari, la domanda del mercato non sia ancora corrispondente alle aspettative riservate. Le resistenze si possono trovare, ancora una volta, nel prezzo. Le stoviglie Biotrem costano in media 5 volte quelle in plastica da fonti fossili, circa 0,25 euro/pz all'ingrosso e 0,4 euro/pz al dettaglio. Nonostante l'azienda sia molto efficiente nel comunicare il proprio brand, la barriera ad oggi da abbattere rimanere quella di un costo molto elevato per un prodotto monouso. L'altro fattore negativo dell'impresa sta nel rapporto della capacità di produzione annua rispetto al volume di produzione. Infatti l'impianto di Zambrow può produrre 15 milioni di pezzi ad anno, mentre il volume del miglior anno di produzione avuto dalla Biotrem fino ad ora sfiora quota 10 milioni. Dato importante questo per comprendere quanto sia difficile intraprendere modelli circolari d'impresa sostenibili in ambito economico, sociale ed ambientale. Benché l'idea della Biotrem sia riconducibile alle strategie legate alla bioeconomia, il problema di avere solo una risorsa e su quella costruire un "core business" sta nella vulnerabilità dell'impresa stessa. Ad esempio, tralasciando il costo dei prodotti che risulta ammortizzabile negli anni, la crusca nella maggior parte dei casi è un sottoprodotto, ma se recuperata da agricoltura biologica mantiene un valore qualitativo elevato. Dunque può essere utilizzata per alimentazione umana. Di conseguenza il prezzo del sottoprodotto aumenta e si suppone possa essere questo il motivo principale dell'elevato costo dei prodotti Biotrem.

86

Se dunque si possono rilevare criticità dal punto strategico dell'offerta commerciale proposta, di certo positivo è invece l'impatto ambientale dell'azienda. L'intera produzione di stoviglie è realizzata al 100% con crusca fornita dai mulini della regione di Podlasle. Il processo di produzione prevede il condizionamento della crusca, mediante vaporizzazione per idratare il composto, e successivamente pressione ad alte temperature, durante la quale la materia organica si gelatinizza e presenta una lavorabilità simile ad una termoplastica. Successivamente i prodotti sono sottoposti ad un processo di asciugatura che li rende inerti a deformazioni. Le stoviglie realizzate sono biodegradabili e possono essere considerate rifiuto compostabile, in quanto la Biotrem possiede la certificazione DIN Certco, in conformità con la normativa EN 13432 armonizzata dall'Unione Europea (le specifiche di questa normativa verranno elencate in seguito nel capitolo). Ad oggi l'azienda esporta i suoi prodotti in circa 40 paesi.



Fig.4.8 (sopra)
Jerzy Wysocki mugnaio,
fondatore e CEO della Biotrem.
Fonte: www.biotrem.pl

Fig.4.9 (sotto)
Crusca versata nello stampo
prima della formatura.
Fonte: www.biotrem.pl

Novamont

Tornando ora in Italia, si vanno ad analizzare due delle realtà più influenti nel mondo della bioeconomia, con ricadute a livello globale. La prima azienda è quella diretta dalla Dott.ssa Catia Bastioli, chimica e amministratrice delegata della Novamont. Azienda novarese, creata a seguito di un esperimento eseguito nei laboratori della Fertec, poi diventata famosa per la realizzazione e commercializzazione del Mater-Bi. Andando con ordine, nel 1989 dal centro di ricerca del gruppo Montedison viene prodotto il primo oggetto di consumo in bioplastica. L'obiettivo di questo progetto era quello di valorizzare le materie prime agricole di Eridania in sinergia con le tecnologie chimiche della Montecatini. Alle radici di questo progetto, Catia Bastioli, ricercatrice in quel momento presso la Montedison. Novamont Spa nasce a seguito di questo primo esperimento. Come racconta l'amministratrice delegata, *"Fin dalla sua nascita Novamont cerca di contribuire [...] alla realizzazione di una nuova politica industriale in grado di saldare le esigenze di crescita e sostenibilità. [...] L'approccio è quello olistico della bioeconomia, sul superamento del concetto di prodotto in favore di quello di sistema"*. Si evince dunque dalle parole sopra citate come la strategia industriale di questa azienda abbia una forte connessione con i territori e la società in cui opera. La società che sviluppa e ricerca materie e prodotti realizzati in bioplastiche da derivazione agricola, conta in Italia 4 sedi proprie e 3 collegate attraverso l'unione con altre aziende del settore. Inoltre dispone di 3 sedi in Europa ed 1 in America. Dopo l'uscita sul mercato del primo sacchetto in Mater-Bi, risalente al 1991, sono trascorsi 10 anni prima che l'azienda raggiungesse il break even point. Questa informazione rimarca quanto sia difficile applicare delle strategie industriali circolari nel contesto odierno. A seguito dello sviluppo industriale e dell'espansione, l'azienda ha introdotto nel mercato oltre al Mater-Bi, che trova applicazione in agricoltura, packaging, GDO e ristorazione, anche Matrol-Bi, biolubrificanti e grassi a rapida biodegradazione, e Celus-Bi, famiglia di ingredienti per il settore cosmesi (Novamont, 2019). Oltre alle materie prodotte, un elemento cardine sul piano strategico aziendale è quello della riconversione dei siti industriali dismessi o non più competitivi in bioraffinerie in stretta connessione con il territorio. Questa dinamica portata avanti dalla società ha come obiettivo quello di trasformare le criticità locali in opportunità di sviluppo. Le collaborazioni attive sulla penisola italiana sono molteplici, tra cui Lavazza (cialde compostabili in Mater-Bi), Eataly, Slow Food e Grom (stoviglie usa e getta in Mater-Bi), Amsa (compostaggio del rifiuto organico) e Unicoop (sacchetto in Mater-Bi). Inoltre la sperimentazione in campo agricolo della coltivazione del cardo, solitamente coltura marginale, attraverso la progettazione della filiera integrata, avendo ricadute positive sul territorio e dando valore a tutte le qualità di questa pianta per anni non considerata nell'industria agricola. L'intero output produttivo ha ottenuto



89



Fig.4.10 (sopra)
Catia Bastioli, amministratrice
delegata della Novamont S.p.a.
Fonte: www.novamont.com

Fig.4.11 (sotto)
Impianto Novamont Mater Biotech
di Bottrigo, Rovigo. Inaugurato
il 29 settembre 2016.
Fonte: www.novamont.com

la certificazione UNI EN 13432 e sono idonei al contatto alimentare. Leader mondiale dunque nel campo delle bioraffinerie integrate nel territorio, conta circa 700 dipendenti diretti, 2000 indiretti e 1000 addetti per la costruzione e manutenzione degli impianti.

L'unica constatazione da sottolineare rimane l'utilizzo dei terreni ad uso non alimentare. Le materie prime infatti, non sempre arrivano da scarti agricoli, bensì sono presenti coltivazioni di mais atte a soddisfare il fabbisogno di materie prime dell'azienda stessa. Sebbene secondo quanto dichiarato da Giulia Gregori, responsabile pianificazione strategica, sono pari a 540 ettari sul territorio italiano, se si torna alla fig. X del capitolo 1, si può notare una lieve incongruenza. Ovvero, se l'impiego dei campi agricoli per la coltivazione di piante industriali risulta maggiormente profittevole rispetto alle coltivazioni dedite all'alimentazione umana, si possono accentuare i disequilibri che sono già in atto tra crescita della popolazione ed ettari a disposizione per il nutrimento umano.

Bio-on

La seconda impresa della quale si vogliono analizzare le azioni intraprese è la Bio-on. La società bolognese è guidata da Marco Astorri, direttore amministrativo e coordinatore R&D, insieme al vicepresidente Guido Cicognani, responsabile delle attività innovative e la protezione delle conoscenze sviluppate. L'azienda nasce nel 2007 in seguito all'unione di diverse realtà imprenditoriali spinte dalla volontà di operare nel settore della biotecnologia, applicando soluzioni naturali per ridurre lo sfruttamento delle fonti fossili e aprendo la strada all'uso di scarti delle lavorazioni agricole. Bio-on si occupa di bioplastiche da fermentazione batterica, specificatamente realizza polidrossialcanoati (PHAs) e le subordinate applicazioni strategiche. Il servizio offerto dall'azienda possiede un elevato valore aggiunto in quanto, oltre alla produzione delle bioplastiche, mette a disposizione le tecnologie per produrle, la consulenza per l'integrazione negli impianti ed adotta un modello di condivisione e distribuzione del know-how particolarmente innovativo. Di fatti, come riportato nell'articolo dedicato all'azienda su *Business Insider*, la società abbraccia l'impiego dell'Intellectual Property Company grazie al quale riesce a mantenere attivi 13 contratti di licenza con partner commerciali di diversi settori (Velcich, 2018). Questa strategia permette alla società di essere molto ricercata dalle imprese che vogliono compiere la transizione verso un modello circolare di cui si è parlato precedentemente. Nonostante i dati economici (si registra una crescita del +820% da quando è stata quotata in borsa e nel Giugno 2018 ha toccato quota 1 miliardo di euro di valore) lasciano abbastanza perplessi, come sottolinea Franco Velcich nell'articolo sopra citato,



91



Fig.4.12
 Marco Astorri, fondatore
 e CEO di Bio-on.
 Fonte: www.bio-on.it

Fig.4.13
 Mobile contenitore, firmato
 Anna Castelli Ferrieri (1967),
 realizzato in bioplastica
 prodotta da Bio-on per Kartell.
 Fonte: www.bio-on.it

le prospettive future fanno gola alle aziende. Il prodotto base della Bio-on porta il nome di Minerv-PHA e secondo il fondatore può sostituire polietilene, polipropilene, pvc e pet. Come accennato, la società punta dunque a crescere insieme agli altri attori, creando una relazione di fiducia basata sulla condivisione di un materiale e delle tecnologie pensate per essere circolari. Gli impieghi delle PHAs sono differenti, insieme alla Maire Tecnimont si stanno portando avanti soluzioni per fertilizzanti biodegradabili, con la Kering è stato intrapreso uno studio sulle nuove plastiche per l'occhialeria, il colosso del settore arredo Kartell ha comprato il 2% della compagnia per sviluppare prototipi incentrati sull'elettronica organica e particolarmente interessanti sono il progetto Minerv Biorecovery intrapreso in collaborazione dell'Istituto per l'Ambiente Marino Costiero presso il CNR di Messina e l'accordo preso con Gruppo Hera per lo sviluppo di biopolimeri PHAs catturando anidride carbonica. La Bio-on inoltre come si può notare dal proprio sito web, ha lanciato da qualche tempo il progetto The Matter. Dedicato a scienziati, universitari o aziende che possono richiedere il kit PHA per sviluppare progetti. Questa iniziativa nonostante possa sembrare un'ottima trovata di marketing, spinge comunque la ricerca esterna all'azienda ad attivare dinamiche con il territorio per quel che riguarda l'approvvigionamento e applicazioni innovative. Infine le resistenze che si possono individuare sull'offerta Bio-on sono l'elevato costo a causa di una ricerca avanguardista che prevede attività dispendiose e l'aspetto legato alle forniture una volta passata di mano la licenza e la tecnologia alle società.

92

Criticità ed opportunità

Dai dati raccolti dall'analisi di Bio-on, Biotrem e Novamont si evince come le tecnologie necessarie per un cambiamento radicale nelle strategie di sviluppo siano in fase avanzata rispetto ai trend di mercato, legati ancora a dinamiche lontane dall'immaginario sistemico che permetterebbe di equilibrare i flussi di cibo, energie e materia del sistema Terra. Dal punto di vista ambientale come si nota nel testo dedicato al colosso Novamont, l'impiego di terreni agricoli per colture industriali non dedite all'alimentazione umana o animale, risulta in controtendenza alla crescita della popolazione. Allo stesso tempo, l'impiego di crusca alimentare nella produzione di stoviglie non comporta benefici significativi nel sistema agricolo, poiché visti i trend in crescita del consumo di pane integrale, pone in competizione le aziende molitorie con le aziende di trasformazione, sia essa alimentare che non. Aspetto interessante invece della Bio-on, sono i processi di produzione a basso impatto ambientale, sfruttando cioè reazioni biologiche, come la fermentazione, dando vita a materiali completamente nuovi. Tornando sui passi del contesto aziendale del Mulino Marino, la criticità presente da trasformare in oppor-

tunità è in modo univoco nel residuo prodotto dalla prepulitura. Le bucce di grano infatti, data la presenza di amidi e fibre e considerata la loro gestione inadeguata in termini di circolarità, presentano un'ottima matrice organica dalla quale sperimentare nuove proposte di materie bio-based ed aprire nuove prospettive incentrate su sostenibilità e compatibilità ambientale.

Concept

In termini pratici, come possono essere interpretare queste opportunità?

Dal porsi questa domanda nasce l'idea del *Progetto Glume*. La scelta del termine "progetto" è dovuta all'assunto prima citato che la sola costante dell'ecosistema Terra è il cambiamento e di conseguenza la scelta di questo termine vuole sottolinearne due aspetti rilevanti:

- * la proiezione in avanti, caratterizzata dalla creazione di immaginari futuri;
- * la volontà di proporre un modello aperto all'introduzione di nuovi residui da valorizzare o processi da integrare in base al contesto di lavoro, geografico e tematico.

La parola "glume" rappresenta invece la propensione a sperimentare applicativi destinati al settore agroalimentare in relazione con il consumo di cibi, confezioni e imballaggi per alimenti. Settori nei quali sempre più evidente è l'urgenza di trovare validi sostituti della plastica derivante da fonti fossili. Le glume sono foglie particolari, dette brattee, tipiche della famiglia delle graminacee che accompagnano e proteggono la cariosside dalla sua formazione alla maturazione. Vengono separate dal resto del chicco solo in fase di raccolta e prepulitura. Prendendo ispirazione da quanto scritto da Bruno Munari in *Good Design, "la natura rimane la prima produttrice di confezioni al mondo"* (Munari, 1963), si è deciso di affrontare la sfida nell'esplorare le potenzialità di questo residuo con l'obiettivo di valorizzare l'output dell'industria molitoria considerandone le ricadute in ambito economico, ambientale e sociale.

93

Sviluppo sperimentale

Come sfruttare le qualità delle bucce di grano?

La prima fase del Progetto Glume riguarda lo studio delle modalità di trasformazione partendo dalle fonti di letteratura scientifica e dalla comprensione e riproduzione del processo Biotrem. Da premettere che si è intrapreso un percorso sperimentale artigianale, non sono stati adoperati macchinari professionali predisposti ad eseguire test o lavorazioni di produzione, ma sono stati impiegati materiali convenzionali o realizzati appositamente per lo svolgimento e il monitoraggio degli esperimenti.

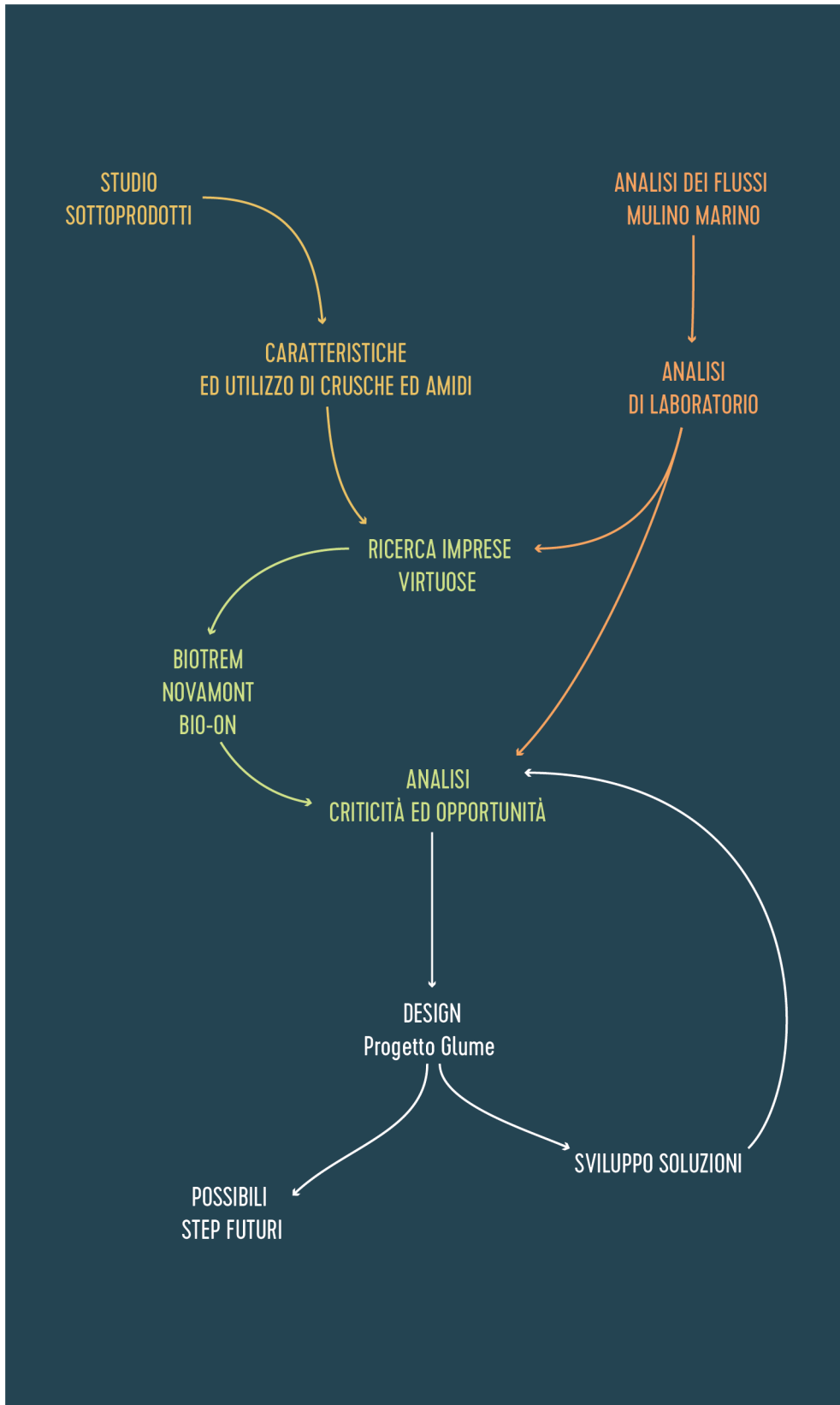


Fig.4.14
Mappa concettuale
del Progetto Glume.

Primo test

Partendo dagli studi che garantiscono la possibilità di formare tramite vapore e pressione ad elevate temperature un composto particellare di natura organica come la crusca (Jiang et al. 2016), il *primo test* è stato realizzato utilizzando due piastre circolari in acciaio inox riscaldate, monitorate tramite termometro a resistenza. Il processo prevede la pesatura e l'idratazione, con acqua nebulizzata, delle bucce di grano (da questo momento abbreviate in BG per semplificare la lettura del testo). La miscela rende omogeneo l'impasto, fattore valutabile dal colore bruno delle particelle a contatto con l'acqua. Successivamente viene depositato e pressato manualmente. In *fig.4.15* sono riportati i dati di riferimento della sperimentazione. Le prime prove sono svolte anche con crusca e cruschetto per comprenderne le differenze rispetto alle BG. Le costanti dell'esperimento sono la temperatura di contatto delle piastre (230°C) e la durata di pressione, stabilita a 2 minuti dopo test preliminari per evitare la carbonizzazione del composto.

Durante le prove l'acqua viene riscaldata fino ai 90°C e successivamente nebulizzata per condizionare l'umidità delle BG prima di essere pressate. La percentuale di idratazione è stata variata per verificare se l'acqua possa avere un ruolo fondamentale in fase di formatura.

95



 230°C	 2'	 150gr	
acqua	crusca	cruschello	BG
10%	T1	T5	T9
15%	T2	T6	T10
20%	T3	T7	T11
25%	T4	T8	T12

Fig.4.15
Condizioni relative al primo test.

I campioni ottenuti consistono in dischi di materiale organico piuttosto compatto, leggero e flessibile subito dopo la formatura, con tendenza ad irrigidirsi al momento della perdita di umidità. I campioni realizzati con percentuale di idratazione pari al 25% non sono risultati idonei a seguito dell'applicazione di pressione e calore, a causa della scarsa compattezza del composto. Questi campioni risultano liquidi, presentano grumi e tendono ad incollarsi sulla superficie delle piastre. La problematica principale riscontrata sulla totalità dei campioni riguarda la mancata coesione, ossia la presenza di un legante che permetta alle BG di unificarsi in un materiale che abbia una struttura omogenea. Questa problematica è stata riscontrata anche su crusca e cruschetto. Il primo test presenta come variabile la percentuale d'idratazione del composto in quanto l'acqua svolge la funzione di solvente, riuscendo a liquefare i cristalli di amido, presenti nei residui di molitura impiegati (crusca, cruschetto e BG), che una volta riscaldati danno luogo al fenomeno della gelatinizzazione (Lubis et al. 2018).

Le analisi di laboratorio svolte sulle BG presentano un quantitativo di amido pari al 20% rispetto al totale della massa. A seguito del primo test questa percentuale non risulta abbastanza adeguata ed efficace a gelatinizzare adoperando questo processo di lavorazione. Consapevolmente si nota come, rispetto alle procedure industriali, lavorare con una forza di



Fig.4.16
Campione primo test.

pressa ridotta e l'impossibilità di superare i 230°C possa compromettere la riuscita della prova, a prescindere dalla presenza di amido. Il processo di transizione di stato dell'amido da cristallino a gel dipende dal rapporto amilosio-amilopectina, dal contenuto di acqua e dalla temperatura di dispersione. La combinazione di questi fattori controlla la riuscita della ricristallizzazione dell'amido durante la retrogradazione (Thakur et al., 2019a).

Polimero vegetale

Secondo test

Le criticità del primo test fanno emergere il bisogno di un legante che permetta di mantenere saldo il composto di BG. Durante la ricerca del legante con proprietà adesive e coesive, di derivazione da scarti agricoli o alimentari, si è rivelata interessante la collaborazione con Angela Aguirre Garcia. Laureanda del medesimo corso di laurea, Angela si è focalizzata sullo studio degli scarti alimentari per la produzione di colle naturali. Il confronto sulle problematiche riscontrate dalla sperimentazione con le BG, ha portato all'introduzione delle bucce di patate come risorsa per l'estrazione dell'amido, da utilizzare come legante per la lavorazione delle BG. Prendendo ispirazione dal progetto *Potato Plastic* (The James Dyson Award, 2018) del designer Pontus Törnqvist, sono state esaminate le percentuali di amilosio e amilopectina

97



Fig.4.17
Pontus Törnqvist. Designer creatore
di Potato Plastic, 2018.
Fonte: www.jamesdysonaward.org

presenti nell'amido di frumento e di patate per stabilirne le proprietà coesive. Si osservi che l'amilosio è quantificabile in un range da 21-25%, mentre l'amilopectina raggiunge valori tra 75-79% in entrambe le matrici (Thakur et al. 2019b). Per la fase di approvvigionamento sono state coinvolte alcune imprese locali, tra cui Host Café Bistrot, ristorante di media grandezza (50 coperti), dal quale sono stati collezionati i residui della pelatura delle patate. Come confermato da Matteo Bernardini, cuoco della struttura ristorativa, l'operazione di pelatura viene svolta in media 2 volte a settimana, generando mensilmente 28 kg di residuo organico esclusivamente da bucce di patate.

Il *secondo test* prevede dunque una revisione generale delle proporzioni e degli elementi utilizzati per la trasformazione delle BG. Come possiamo vedere nella tabella in *fig.4.18* l'impasto è composto da BG, amido derivato dalle bucce di patate, acqua, glicerina e soluzione acida di aceto e limone. Le prove vengono eseguite con pentolino antiaderente, portato a temperatura da una piastra elettrica. La composizione di partenza è calibrata per la transizione di un biopolimero a base amidacea pura, dunque l'obiettivo è capire se l'inserimento delle BG possa recare avversità. Gli elementi del composto vengono pesati singolarmente. L'acqua viene divisa in due becher, il primo contiene l'amido di patate, il secondo ospita le bucce di grano.

98



Fig.4.18
Elementi e relative funzioni chimiche.

Si procede alla miscelazione dei singoli becher. Successivamente i due composti sono uniti continuando a mescolare. Viene aggiunta la soluzione di aceto e succo di limone e conseguentemente la glicerina. La sequenza di questa operazione deriva dalle caratteristiche dei singoli elementi. Le BG e l'amido sono considerati come fibra e polimero. L'acqua è il solvente che permette di dissolvere i cristalli di amido ed idratare le fibre. La soluzione di aceto e limone agisce come acido e aiuta la ionizzazione al fine di rendere il composto omogeneo. La glicerina dona maggiore flessibilità al composto essendo un plastificante naturale. Questo processo di preparazione, pur utilizzando proporzioni diverse dei vari componenti, rimane invariato per la totalità degli esperimenti eseguiti.

Mescolato e reso omogeneo, il composto viene messo nella pentola e riscaldato fino a 60°-70°C, temperatura di gelatinizzazione dell'amido. Viene poi rimosso e spalmato su un piano in acciaio inox. Dopo una settimana di asciugatura a temperatura ambiente (24°C), i campioni realizzati con un quantitativo di acqua pari a 10 e 20 gr non risultano essere coesi tra le loro parti. Sottoposti a leggere pressioni si sgretolano. Viceversa, i campioni eseguiti con 160 e 320 gr di acqua rimangono umidi e collosi, tendenti ad ospitare muffe sulla superficie. I campioni T3(RB) e T4(RB) risultano i migliori in quanto mantengono una struttura flessibile

99

	T 1 (RB)	T 2 (RB)	T 3 (RB)	T 4 (RB)	T 5 (RB)	T 6 (RB)
Bucce di grano	5	5	5	5	5	5
Acqua	10	20	40	80	160	320
Bucce di patata	5	5	5	5	5	5
Glicerina	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Succo di limone e aceto	5	5	5	5	5	5

Fig.4.19
Condizioni relative al secondo test.
Valori espressi in grammi (gr).

se sottoposti a sollecitazioni meccaniche. Al tatto risultano umidi ma non collosi. La problematica riscontrata dopo la seconda settimana è la deformazione dei campioni, ovvero perdono massa e volume a causa dell'evaporazione dell'acqua. La geometria tende a ritirarsi deformandosi in maniera imprevedibile. A seguito dell'analisi delle criticità dei risultati, si è introdotta nel processo di stabilizzazione un passaggio in forno per velocizzare la perdita di umidità.

Terzo test

Le proporzioni sono state nuovamente rivisitate e di passaggio in passaggio si è aggiunta una maggiore quantità di BG, come mostrato in *fig.4.20*. Durante il surriscaldamento lo strato superiore dei campioni, a contatto con l'aria calda del forno, asciuga in 2 minuti e se ne osserva un rigonfiamento che raggiunge circa 4 cm d'altezza. Dopo l'estrazione dal forno, le bolle di gas che causano il rigonfiamento dei campioni, iniziano ad affievolirsi. I campioni vengono pressati al fine di ottenerne un foglio. Nei primi minuti si presentano traslucidi e sono resistenti a trazione e flessione.

La variazione della quantità di BG nei diversi campioni non genera problemi di coesione del materiale, indice del fatto che si possono eseguire esperimenti con quantitativi mag-

100

	T 0 (F)	T 1 (F)	T 2 (F)	T 3 (F)
Bucce di grano	-	5	8,75	12,5
Acqua	30	30	30	30
Bucce di patata	20	20	20	20
Glicerina	5	5	5	5
Succo di limone e aceto	3,8	3,8	3,8	3,8

Fig.4.20
Condizioni relative al terzo test.
Valori espressi in grammi (gr).

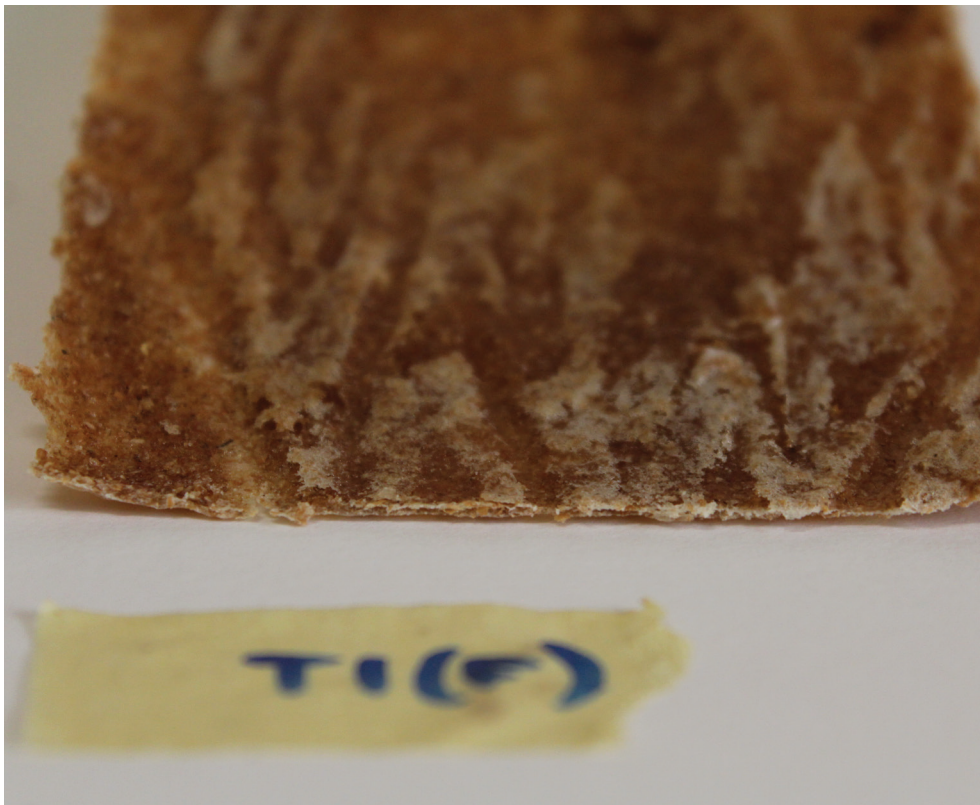


Fig.4.21 (*sopra*)
Particolare del campione realizzato
nel terzo test.

Fig.4.22 a/b (*sotto*)
Deformazione della superficie
causata dall'esposizione diretta
ad aria calda.

giori. Si nota dalle immagini in *fig.4.22* che superate le prime due settimane di asciugatura, i campioni risultano deformati a causa della perdita di umidità. Il dorso a contatto con l'aria durante la cottura risulta in tensione, descrivendo una geometria convessa, mentre la superficie opposta rimane leggermente umida e concava. Dall'analisi delle criticità risultano tre fattori principali sui quali lavorare: asciugatura, percentuale di BG e formatura.

Quarto test

In questo test sono state introdotte delle superfici rigide traspiranti in fase di asciugatura. Il quantitativo di BG è stato aumentato al fine di comprenderne il limite massimo d'impiego. In fase di formatura, il materiale è stato sottoposto a compressione per mezzo di una pressa meccanica al fine di condizionare il comportamento morfologico dei campioni. Le parti strutturali della pressa e i relativi stampi sono stati costruiti con materiali di recupero. Come utensile è stato impiegato un cric auto con forza di pressione da 1 ton.

Le forme degli stampi fanno riferimento alle geometrie base adottate nelle stoviglie usa e getta. La *fig.4.23* mostra le quantità di buccia di grano miscelate nell'impasto. Le quantità di solvente (acqua) e acido (succo di limone e aceto) sono proporzionalmente aumentate in

102

	T 4 (F)	T 5 (F)	T 6 (F)
Bucce di grano	12,5	21	31,5
Acqua	30	40	50
Bucce di patata	20	20	20
Glicerina	5	5	5
Succo di limone e aceto	3,8	4,5	5,3

Fig.4.23
Condizioni relative al quarto test.
Valori espressi in grammi (gr).

relazione all'aumento delle BG. La modifica è stata necessaria in conseguenza alle proprietà di assorbimento delle bucce. Il tasso di idratazione maggiore favorisce una migliore lavorabilità del composto.

Il processo di gelatinizzazione è stato svolto seguendo la metodologia del terzo test. L'asciugatura è avvenuta su superfici di legno per permettere la traspirazione dei campioni formati tramite pressa. La migliore performance è stata registrata dalle proporzioni della formula utilizzata nel campione T5(F). Nel caso del campione T6(F) il quantitativo di BG impedisce una buona lavorabilità durante la miscelazione del composto prima della cottura in forno.

Le proporzioni utilizzate nella realizzazione del campione T5(F) mostrano dunque la quantità massima di impiego di BG. Questo risultato permette di validare queste proporzioni e segna il raggiungimento della *Formula Base* (fig.4.24). In aggiunta, la formula base può essere lavorata a temperatura ambiente e gelatinizzata direttamente nella fase di surriscaldamento in forno. Di conseguenza la fase di gelatinizzazione in pentola viene esclusa dal processo di lavorazione dell'impasto poiché non comporta nessuna alterazione nella realizzazione dei campioni. Inoltre, viene risparmiata energia nel processo di lavorazione.

103

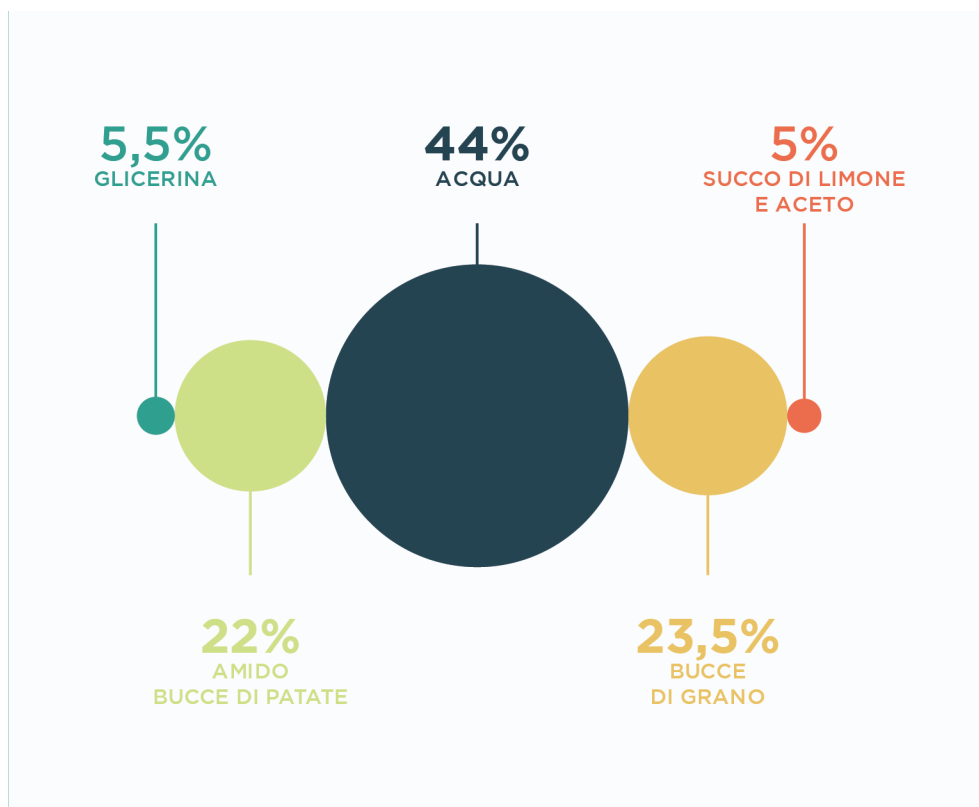


Fig.4.24
Proporzioni **Formula Base**.

	test 1	test 2
elementi	bucce di grano acqua	bucce di grano acqua amido da bucce di patate glicerina aceto limone
processo	pressione vapore	gelatinizzazione in pentola + asciugatura su piano in acciaio
obiettivi	influenza dell'acqua sul prodotto	proporzioni impasto base
problematiche	mancanza di coesione	deformazione strutturale del materiale

Fig.4.25/a
Tabella riassuntiva delle sperimentazioni svolte.

test 3

test 4

test 5

*variazione
proporzioni
degli elementi*

**formula
BASE**

**formula
BASE**

gelatinizzazione
in pentola
+
passaggio
in forno
+
asciugatura
su piano in acciaio

gelatinizzazione
in pentola
+
passaggio
in forno
+
compressione
con stampi in legno

gelatinizzazione
in forno
+
membrana in
carta da forno
antiaderente
+
compressione
con stampi in PLA

percentuale
delle bucce di grano
+
studio processo
di asciugatura

limite massimo
d'impiego
delle bucce di grano
+
studio processo
di formatura e
asciugatura

tempi
di esposizione
al calore
+
tempi di compressione
+
temperatura
di asciugatura

deformazione
del gel durante
il riscaldamento
in forno

deformazione
del prodotto finale
a seguito della perdita
di umidità
+
processo complesso
da ottimizzare

riduzione
del volume
+
degradazione
superficiale
del PLA

	test 6	test 7
elementi	formula BASE	formula BASE
processo	gelatinizzazione in forno + membrana in carta da forno antiaderente + laminazione	mescola a temperatura ambiente + membrana in carta da forno antiaderente + compressione ad alta temperatura
obiettivi	spessore minimo del foglio laminato	inerzia chimica del materiale durante l'asciugatura
problematiche	adesione ai rulli senza la carta da forno	

Fig.4.25/b
Tabella riassuntiva delle sperimentazioni svolte.

test 8

test 9

test 10

**formula
BASE**

**formula
BASE**

Composto
a base di
bucce di grano
stabilizzato

gelatinizzazione
in forno
+
estrusione
tramite siringa

gelatinizzazione
in forno
+
membrana in
carta da forno
antiaderente
+
compressione
con stampi in PLA
+
asciugatura
condizionata

frantumazione
+
compressione
ad alta temperatura

resistenza
alla deformazione
+
resa filiforme

validazione
processo
di formatura
per stoviglie

proprietà
termoplastiche

densità
irregolare
+
riduzione
della sezione

usura
degli stampi
in PLA

L'asciugatura e formatura risultano ad ogni modo ancora non controllabili. Dopo due settimane le superfici dei campioni si contraggono e deformano la propria struttura. Si è scelto dunque di esaminare le criticità tramite due test mirati:

- * tempi di posa sottopressione;
- * condizioni di asciugatura.

In riferimento alla Formula Base, sono state svolte prove di pressione dove esaminare le reazioni del materiale a differenti tempi di compressione. Sono stati impiegati gli stampi in legno per favorire la traspirazione dei campioni in fase di asciugatura. Nelle successive settimane la struttura dei campioni tende a perdere la forma impressa. I tempi di posa non sono risultati influenti nel controllo delle deformazioni.

Le prove in condizioni di asciugatura differenti vengono svolte applicando una rete metallica sulle pareti degli stampi. Durante la compressione, sulle superfici dei campioni viene impressa la texture della rete metallica per segmentarne la geometria. L'obiettivo è quello di ridurre le tensioni superficiali provocate dalla perdita di umidità ed aumentarne la resistenza

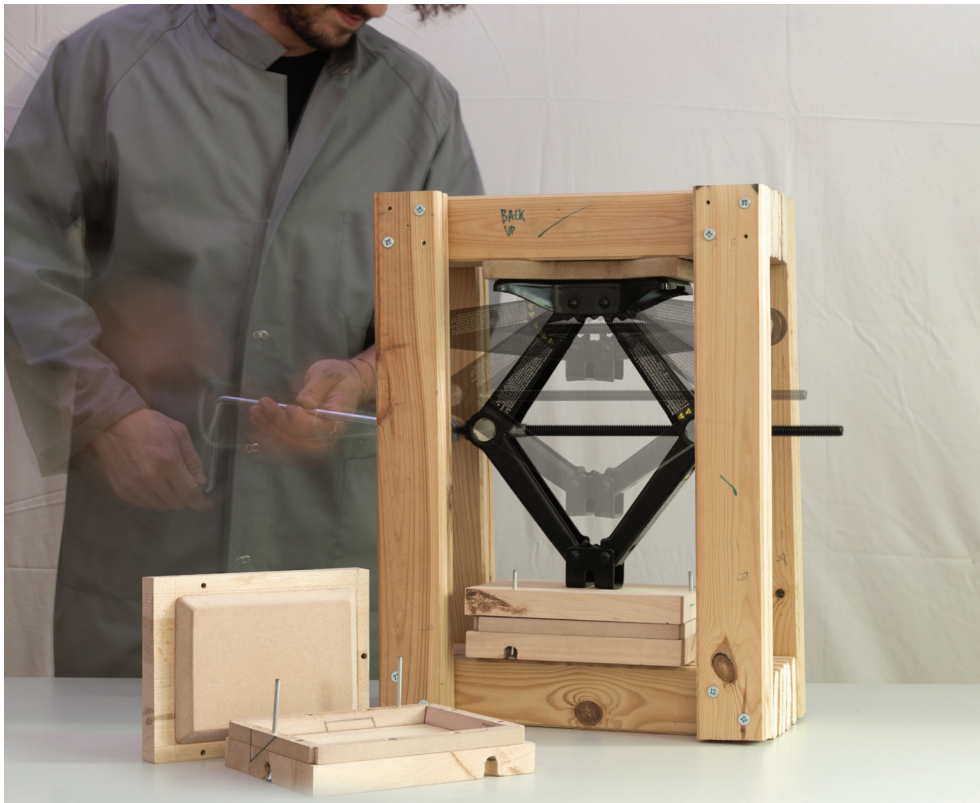


Fig.4.26
Processo di formatura
con pressa meccanica.



strutturale, prendendo ad esempio lo stampaggio degli imballaggi in polpa di carta. Le condizioni di asciugatura sperimentate sono state le seguenti:

- * T ambiente;
- * T ambiente con esposizione a corrente d'aria;
- * 35°C per 1 giorno e successivamente T ambiente;
- * 4°C per 1 giorno e successivamente T ambiente.

Le osservazioni svolte sui campioni realizzati mostrano come le condizioni in fase di asciugatura siano determinanti per il controllo della deformazione del materiale. Inoltre, il posizionamento verticale, per diminuire l'area di contatto delle superfici dei campioni, permette una riduzione delle deformazioni.

Quinto test

Le prove svolte nel *quinto test* mirano al migliotamento del processo di lavorazione del materiale. A monte della gelatinizzazione, sono state introdotti due supplementi agli strumenti di lavorazione.

Fig.4.27
Applicazione rete metallica
durante la fase di compressione.



Fig.4.28
Prima coppia di stampo e controstampo
realizzata in scala ridotta.

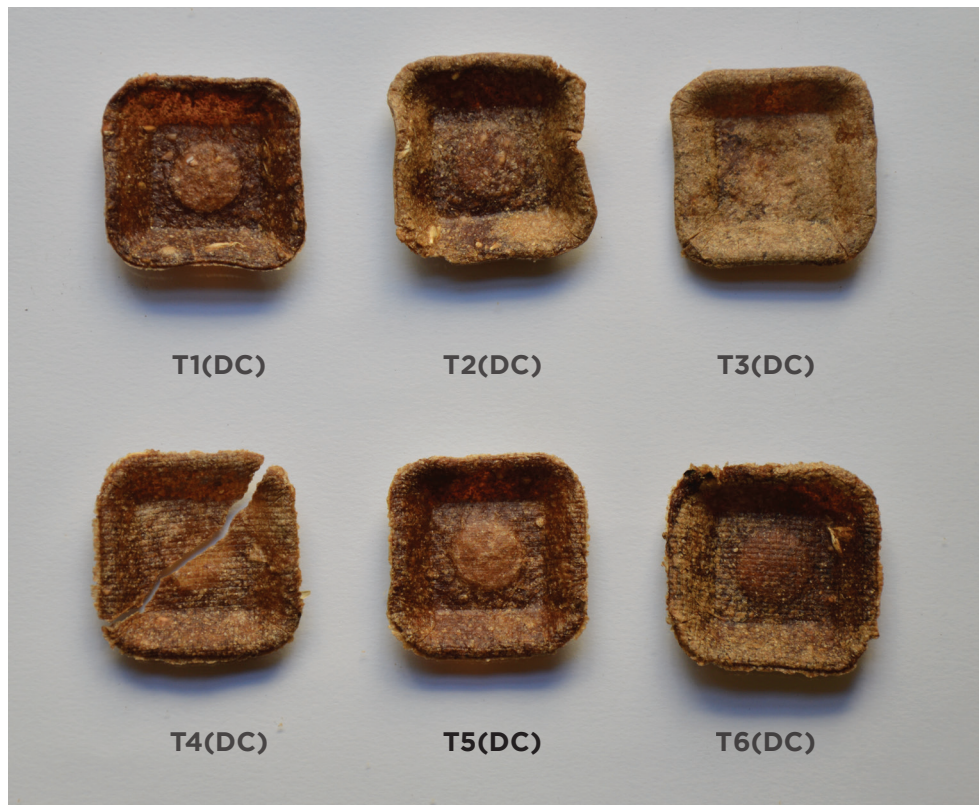
	T 1 (DC)	T 2 (DC)	T 3 (DC)	T 4 (DC)	T 5 (DC)	T 6 (DC)
<i>passaggio in forno</i>						
INGRESSO	24°C	24°C	24°C	24°C	24°C	24°C
USCITA	187°C	248°C	T > 250°C	175°C	235°C	T > 250°C
DURATA	3'	5'	7'	3'	5'	7'
PESO INGRESSO	19 gr	19 gr	19 gr	19 gr	19 gr	19 gr
PESO USCITA	10,2 gr	9,7 gr	8,8gr	10,4gr	9,5 gr	9,2gr
<i>formatura per compressione</i>						
DURATA	5'	5'	5'	5'	5'	5'
<i>asciugatura</i>						
DURATA	48 h	48 h	48 h	48 h	48 h	48 h
TEMPERATURA	25°C	25°C	25°C	7°C	7°C	7°C

In primo luogo si è introdotta la stampa 3D, utilizzata per creare stampi e controstampi in PLA da impiegare in fase di formatura dei campioni. I modelli per la stampa 3D sono stati sviluppati con software open source. La modellazione digitale e la generazione del file di stampa 3D sono state effettuate con *Blender* e *Cura*. In collaborazione con il designer Bernardo Egidi è stata utilizzata una stampante Anet A8 con filamento Sunlu. Le forme presentano spigoli vivi e superfici inclinate per comprendere il comportamento meccanico dei campioni.

In secondo luogo, i campioni vengono protetti con carta da forno. Le proprietà impermeabilizzanti della carta da forno permettono di uniformare la gelatinizzazione del materiale in fase di surriscaldamento, limitando il rischio di disidratazione del dorso dei campioni esposto al contatto con l'aria calda. Inoltre, la carta da forno evita l'adesione delle superfici dei campioni alle pareti degli stampi in fase di formatura.

Le variabili prese in considerazione durante le prove del quinto test riguardano i tempi di esposizione al calore, la temperatura raggiunta e l'asciugatura a temperatura differenti. L'obiettivo è quello di comprendere come queste condizioni influenzino il processo di retrogradazione del materiale. Inoltre, si è registrato il peso dei campioni prima e dopo la

Fig.4.29
Condizioni relative al quinto test.



112

fase di gelatinizzazione. L'evaporazione dell'acqua durante il surriscaldamento dimezza il peso dei campioni. A seguito dei processi di asciugatura controllata descritti nella tabella a pagina precedente, i campioni sono lasciati asciugare a temperatura ambiente per circa 2 settimane (fig.4.30). Le deformazioni presenti sono limitate rispetto alle prove precedenti. I campioni realizzati con asciugatura a 7°C per 48 ore risultano maggiormente resistenti a sforzi meccanici, nonostante il campione T4(DC) presenti una rottura a causa di sollecitazione troppo elevata. Il campione T5(DC) mostra maggiore flessibilità, resistenza e scarsa deformazione. Il processo di realizzazione di quest'ultimo campione viene preso di riferimento per le prove di sperimentazione successive, che vedono come obiettivo principale la comprensione di quali lavorazioni meccaniche siano maggiormente idonee per il materiale.

Sesto test

Le prove sottopongono la Formula Base a gelatinizzazione e laminazione. La lavorazione viene effettuata con una macchina della pasta mantenendo la carta da forno come membrana esterna per evitare l'adesione dei campioni ai rulli. I campioni laminati che vengono realizzati da questa lavorazione presentano una densità omogenea. Lo spessore minore raggiunto è di 0,5 mm circa. I campioni, una volta retrogradati, sono resistenti a trazione e presentano

Fig.4.30
Campioni del quinto test.



Fig.4.31 (sopra)
Campioni del sesto test
di laminazione.

Fig.4.32 (sotto)
Macchina della pasta impiegata
nella laminazione.

caratteristiche meccaniche migliori dei campioni formati per compressione.

Settimo test

In questa prova la Formula Base viene sottoposta a compressione ad alte temperature di contatto. L'esecuzione viene svolta impiegando due piastre in alluminio riscaldate termostate, derivate da una piastra per capelli. La strumentazione viene predisposta di guide per essere posizionata in pressa. La temperatura di esercizio viene gestita da un regolatore elettronico. L'obiettivo di questo test volge a comprendere se questo processo possa migliorare l'inerzia chimica dei campioni. In *fig.4.33* sono mostrate le condizioni adoperate nel test.

I risultati ottenuti dal settimo test mostrano come entrambi i processi di gelatinizzazione e retrogradazione vengano effettuati in una sola lavorazione. I campioni risultano stabili e non soggetti a deformazione. La disidratazione (asciugatura) avviene durante la compressione. Le prove con temperatura tra 140° e 160°C creano dei campioni leggermente flessibili ed lievemente umidi al tatto. Le temperature comprese tra 180° e 200°C non presenta umidità al tatto e rimangono flessibili e resistenti a trazione. Superati i 200°C i campioni si presentano rigido, privi di deformazione elastica.

114

	Temperatura di contatto	Durata pressione
T 1 (FP)	140°C	2'
T 2 (FP)	160°C	2'
T 3 (FP)	180°C	2'
T 4 (FP)	200°C	2'
T 5 (FP)	220°C	2'

Fig.4.33
Condizioni relative al settimo test.

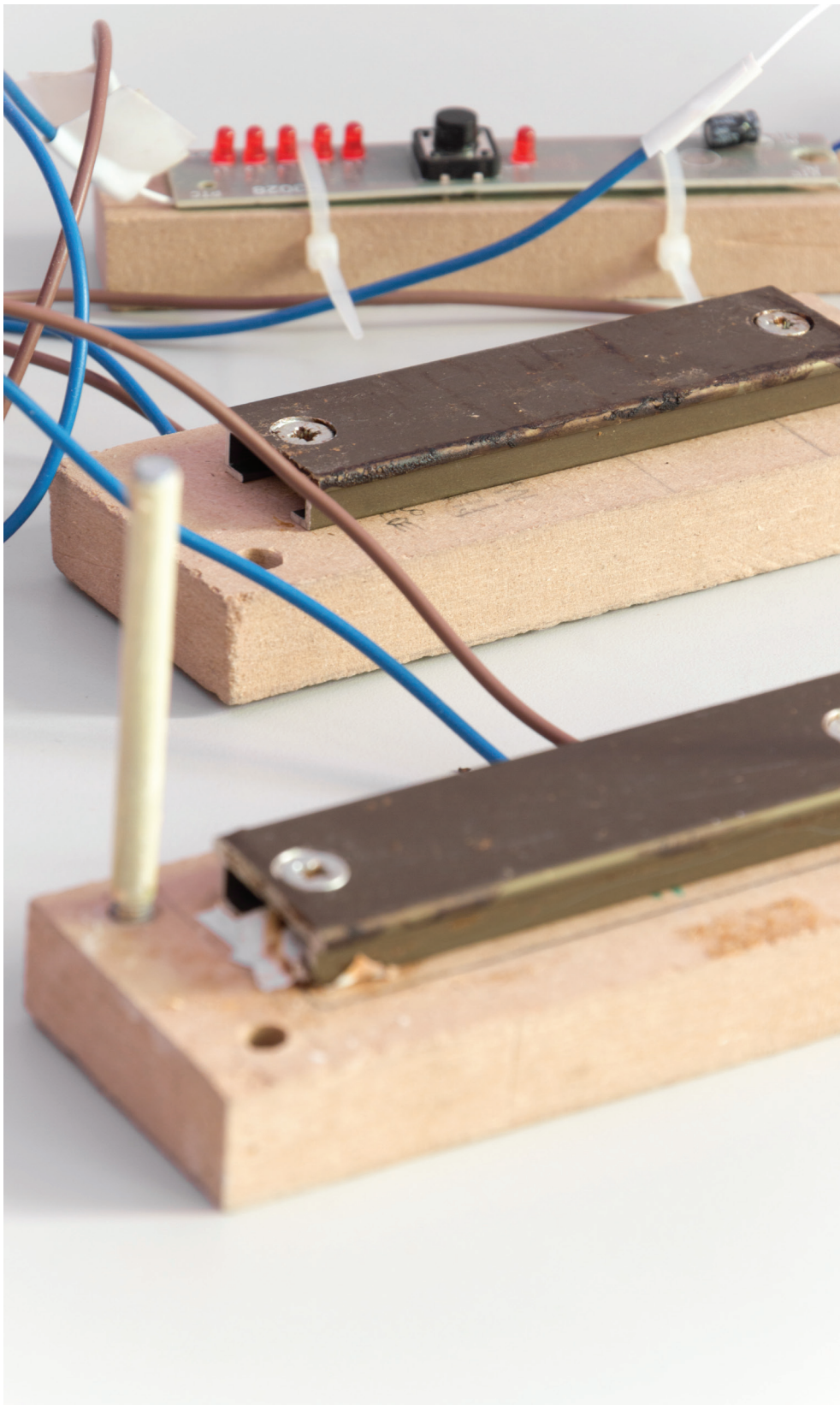


Fig.4.34
Piastrine in alluminio impiegate
nella compressione ad alte
temperature di contatto.

Ottavo test

Le prove eseguite mirano a comprendere se la Formula Base, una volta gelatinizzata, possa essere estrusa e resa in campioni filiformi. In questo caso, i campioni realizzati non sono stati validati. Le prove di estrusione sono state svolte per mezzo di un'estrusione manuale con ugello da 0,3 mm. L'operazione viene eseguita a temperatura ambiente. Questo il motivo per cui i campioni non risultano validabili. I processi standard per materiali polimerici prevedono un surriscaldamento prima dell'estrusione dall'ugello. Nonostante questo, l'ipotesi di riuscita è supportata dai diversi esempi di estrusione di materiali a base amidacea. Ad esempio, i risultati raggiunti dal progetto *Blu Rhapsody*, guidato dal CTO Antonio Gagliardi, testimoniano come sia possibile immaginare l'impiego della Formula Base in questa lavorazione.

Nono test

Parallelamente ai test su lavorazioni alternative, sono state portate avanti le sperimentazioni sullo stampaggio di stoviglie con l'obiettivo di comprendere in maniera approfondita le deformazioni dei campioni realizzati. Il nono test prevede una seconda coppia di stampo e controstampo realizzata in PLA. La texture delle pareti interne degli stampi è stata accentuata per frammentare le superfici e diminuire le tensioni in fase di asciugatura. Dopo un mese dalla formatura, i campioni riducono il diametro di circa 1 cm. Questo dato risulta di fondamentale importanza nella progettazione degli stampi futuri. Per limitare e comprendere questo fenomeno di riduzione dei campioni, viene realizzata una terza coppia di stampo e controstampo ed una macchina disidratante. La macchina è costruita con materiali di recupero (struttura) e 2 ventole da 12V (funzione) recuperate dai RAE del Politecnico di Torino. L'obiettivo è quello di raffreddare ed asciugare i campioni in modo controllato. L'inserito in rete permette ai campioni di perdere umidità uniformemente senza subire sbalzi di temperatura.

Decimo test

Gli sfridi degli stampaggi a pressione sono stati collezionati e lasciati asciugare senza vincoli specifici. Terminata la retrogradazione, sono stati frantumati e posti sotto pressione a temperatura elevate di contatto (160°C). La lavorazione fonde insieme tutte le frazioni. Il risultato conferma che i campioni realizzati seguendo la Formula Base possiedono proprietà simili alle termoplastiche. Inoltre, l'idratazione dei frammenti ne migliora il processo di (ri)gelatinizzazione.

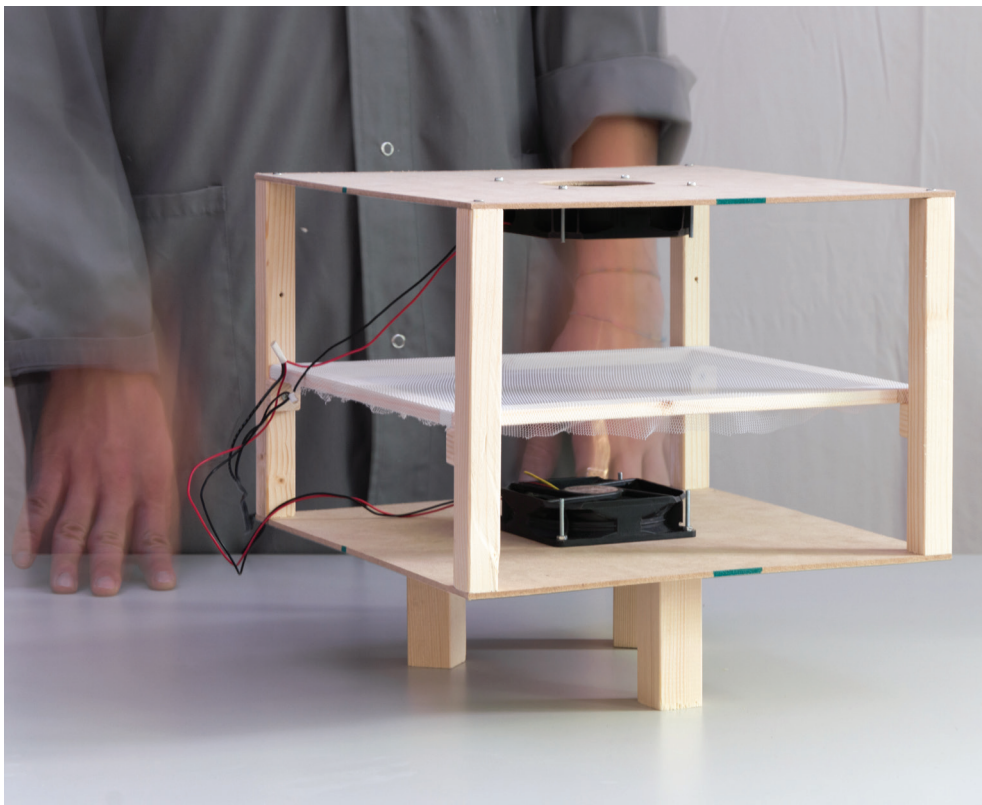


Fig.4.35 (*sopra*)
Superficie interna della seconda
coppia di stampo e controstampo.

Fig.4.36 (*sotto*)
Macchina per disidratare
le stoviglie in seguito
alla formatura.



Fig.4.37
Matrici in PLA e relativi test formati in pressa.



L'obiettivo del Progetto Glume è quello di esplorare le opportunità disponibili date dalle qualità delle BG seguendo i pattern di sviluppo circolare. Lo scopo è quello di considerare nella progettazione e sperimentazione le rispettive ricadute ambientali ed economiche. Ad esempio, le lavorazioni intraprese fino ad ora sono simili a quelle convenzionali della plastica da fonti fossili. Mescolare, scaldare, pressare e disidratare sono azioni che prevedono un consumo energetico per la creazione di materia. Dunque, esistono processi applicabili per valorizzare questo residuo che necessitino di meno energia? Come ormai di consueto in questo testo, la risposta alla domanda non si presenta, ma dalla ricerca della risposta è nata un'indagine su metodi alternativi, presi in prestito dalle scienze gastronomiche, per convertire le bucce in possibile materiale circolare.

Cellulosa Microbica

Analizzando dei lavori svolti in ambito sistemico sugli scarti agroalimentari, si è presentato interessante il progetto *From Peel to Peel* (FPTP), di Emma Sicher, ad oggi dottoranda presso la Libera Università di Bolzano. La sua ricerca prende spunto da "soby", acronimo di *symbiotic colony of bacteria and yeasts*, ovvero una colonia di batteri e lieviti spesso utilizzata nella produzione di cibi fermentati, come ad esempio l'aceto o il Kombucha, bevanda divenuta

120



Fig.4.38
Scoby durante la fermentazione
del Kombucha.
Foto di Klara Avsenik. Unsplash.

molto diffusa per le proprietà probiotiche. Nelle sperimentazioni proposte nel progetto FPTP, “scooby” viene impiegata per realizzare biofilm. La caratteristica chimico-fisica che contraddistingue questa tipologia di coltura batterica risiede nel poter essere usata come *starter* (madre) per la crescita di cellulosa microbica. Quest’ultima è un polisaccaride extracellulare prodotto da alcuni ceppi batterici come *Acetobacter*, *Agrobacterium*, *Gluconacetobacter* (Rangaswamy et al. 2015). Rappresenta un’alternativa vantaggiosa rispetto alla cellulosa di origine vegetale e viene impiegata per alcune applicazioni speciali nel settore medico e alimentare.

Le condizioni di coltura di sviluppo della cellulosa microbica sono cruciali. In particolare fattori come fonte di carbonio, fonte di azoto, temperatura, pH e tipologia degli zuccheri condizionano la riuscita della propria generazione. Essendo un insieme di microrganismi vivi, le fonti energetiche delle quali si nutrono possono risultare per un primo approccio incontrollabili. L’aspetto positivo è nell’estrema adattabilità degli *Acetobacter*. Le qualità chiave che hanno portato a sperimentare le potenzialità delle BG attraverso trasformazione microbiologica sono:

- * ampia superficie specifica;
- * alto valore di ritenzione idrica;
- * ottima modellabilità;
- * alta resistenza alla trazione rispetto alla cellulosa vegetale.

121

Nel progetto FPPF la coltura batterica viene nutrita con bucce di differenti scarti vegetali (mele, carote, pere, patate) al fine di testarne le caratteristiche al termine del processo di trasformazione. Si utilizza il fenomeno della fermentazione per produrre biofilm, o come descritto in precedenza, cellulosa microbica. L’esperimento vuole validare se le BG possano risultare un buon nutrimento per questa coltura batterica, in quanto, come riportano le analisi di laboratorio sono costituite da una discreta quantità di amidi (zuccheri). Inoltre, essendo residui di piante graminacee si ipotizza possano avere dei valori simili alla paglia, già impiegata nella fermentazione non convenzionale per la produzione di nano cellulosa batterica (Corujo et al. 2016).

Terreno di coltura

Insieme ai dati raccolti dalle sperimentazioni di Emma Sicher, si è fatto riferimento anche alle prove presentate in *Production of Microbial Cellulose by tea fungus* (Shehata et al. 2007), dove in sostituzione delle bucce di vegetali e scarti alimentari, la coltura batterica viene nutrita

🌡️ 22-25°C ⌚ 3 settimane

	vasca 1	vasca 2	vasca 3
Bucce di grano	-	5%	5%
Acqua	100%	100%	100%
Aceto	10%	10%	10%
Zucchero	5%	5%	5%
Tea verde	5%	5%	-

122



Fig.4.38 (sopra)
Tabella percentuali e condizioni del terreno di coltura per la creazione di cellulosa microbica. Valore percentuale calcolato sulla quantità di acqua.

Fig.4.39 (sotto)
Attività di controllo dello stato fermentativo della cellulosa.

con estratto di tea verde. Questo lo spunto per incrociare e svolgere differenti test. La scoby utilizzata è commercializzata dalla Fermantaholics.com, così da poter ripetere e validare la sperimentazione in caso necessario. Per lo svolgimento del test sono state adoperate tre vasche in vetro dove sono stati miscelati tutti gli ingredienti. Si rammenta che la miscela in questo caso non necessita di particolare energia poiché, data l'abbondante presenza di acqua, le componenti sciolgono senza particolare impegno.

In *fig.4.38* sono mostrate le quantità degli elementi necessari per il terreno di coltura. Le percentuali degli elementi sono state calcolate a partire dai litri di acqua. Scoby va inserita nell'emulsione dopo aver mescolato ed inserito tutti gli ingredienti. Infine le vasche sono coperte con tessuto per permettere la traspirazione e bloccare eventuali polveri. L'esposizione diretta a pressioni d'aria può compromettere la riuscita del test. La creazione della cellulosa microbica è durata 3 settimane. La temperatura è rimasta intorno ai 22°C per le prime due settimane. I controlli sullo stato della fermentazione sono stati effettuati ogni 2 giorni.

Dai risultati del test la vasca 3, contenente le BG come sostanza nutritiva della coltura batterica, è risultata la migliore in termini di sviluppo dei microrganismi. Dopo 3 settimane si sono sviluppati diversi strati con area pari all'interna superficie dell'emulsione (40 x 70 cm). Inoltre, l'altezza della cellulosa microbica raggiunge picchi di 1,8 cm. La vasca 1 presenta un piccolo strato di cellulosa molto delicato. La vasca 2 presenta invece caratteristiche tipiche della fermentazione lattica. Lo strato costituitosi nella vasca 2 non è compatto e risulta difficile da manipolare.

123

Gli strati di cellulosa batterica sono stati estratti dall'emulsione. Lo strato della vasca 1, data la scarsa resistenza meccanica è stato posizionato sulla superficie di un vetro per osservare le caratteristiche del sottile film cellulosico (*fig.4.41*). Lo strato della vasca 2 è stato smaltito poiché non aggregato. Lo strato della vasca 3 viene lasciato disidratare sul supporto predisposto con retino per permettere la traspirazione dell'aria su entrambe le superfici.

Primo test

In seguito alla prima fase di asciugatura, viene selezionata la cellulosa microbica che presenta maggiore compattezza per eseguirne le sperimentazioni sulle proprietà meccaniche. Nel primo test la cellulosa viene reidratata e stirata tra due telai traspiranti. Tramite dei morsetti vengono fissati i lati esterni della cellulosa ai telai (*fig.4.43*) per impedirne la deformazione

	test 1	test 2	test 3
elementi	cellulosa microbica	cellulosa microbica in film	cellulosa microbica in film
processo	asciugatura condizionata	idratazione + compressione	idratazione + piegatura + compressione
obiettivi	foglio o film	formatura su stampo	formatura su stampo + saldatura
problemi	proprietà meccaniche	differenza di densità	riduzione della flessibilità

124

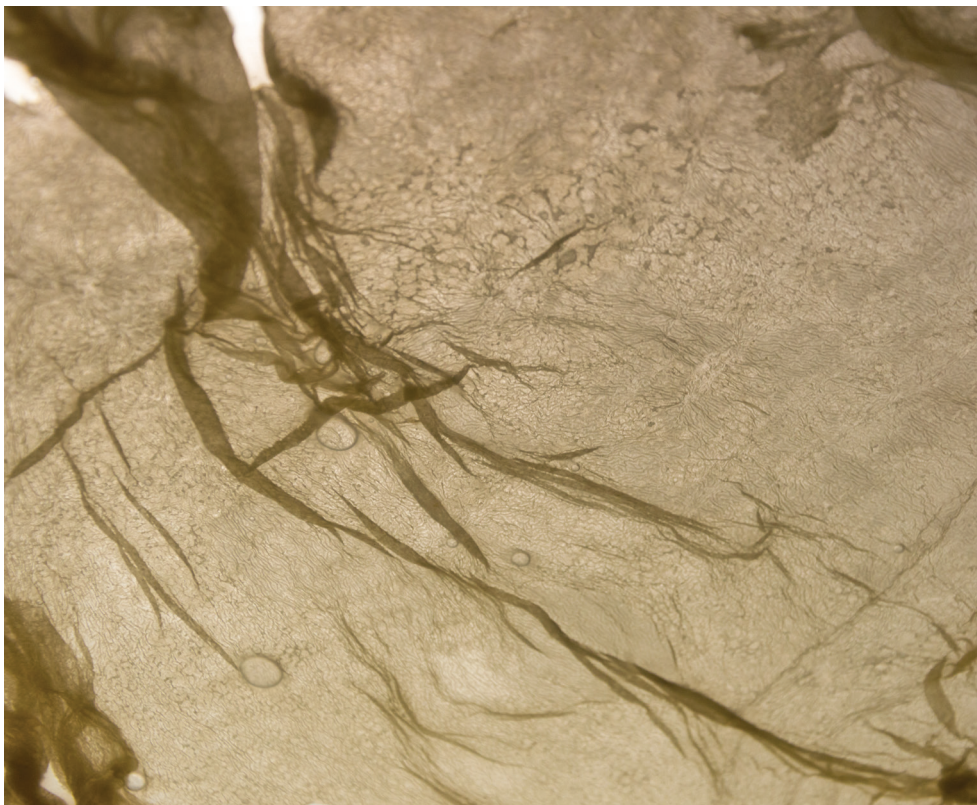


Fig.4.40 (sopra)
Tabella test eseguiti sul film di cellulosa microbica.

Fig.4.41 (sotto)
Strato di cellulosa microbica della vasca 1.

in fase di asciugatura. L'obiettivo è quello di comprendere se sia possibile realizzarne un foglio (film). Nel processo di asciugatura vengono adoperate delle ventole per mantenere costante l'aerazione ed evitare la contaminazione da muffe, data l'alta idratazione della cellulosa microbica. Dopo circa 3 giorni la cellulosa microbica, estratta dai telai, si presenta come un foglio sottile e tenace simile alla carta da forno.

Secondo test

Nel secondo test sono impiegati i residui scartati dalla prova precedente (*primo test*). I residui sono rappresentati dai frammenti di piccole dimensioni della cellulosa microbica non adatti ad essere stirati. I residui vengono idratati per diminuirne la rigidità dovuta alla naturale perdita di umidità. Una volta idratati, questi ultimi presentano un'elevata plasmabilità. Per lo svolgimento della prova si utilizzano due volumi geometrici (semisfera e tronco di cono) come stampi sui quali vengono posati e compressi manualmente i residui di cellulosa microbica. La presenza di acqua fa aderire i residui sulle superfici degli stampi. Dopo circa 5 ore i campioni si presentano modellati, umidi al tatto e non sono riconoscibili i singoli frammenti. Il distacco dagli stampi non presenta problemi di adesione tra le relative superfici. I campioni presentano una forma tridimensionale che rispecchia esattamente le geometrie degli stampi.

125

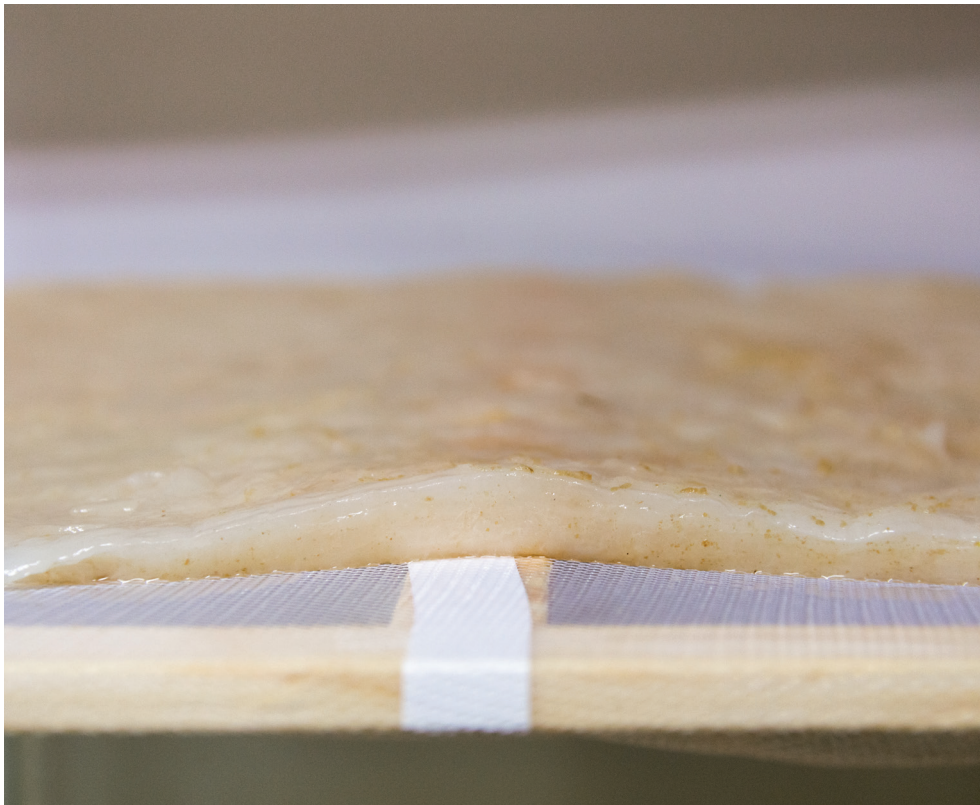


Fig.4.42
Cellulosa microbica della vasca 3 in fase di disidratazione. La rete viene usata per la traspirazione dell'aria su entrambe le superfici.



Fig.4.43
Porzione di cellulosa microbica
durante la fase di disidratazione
del primo test.

Terzo test

Le caratteristiche della cellulosa microbica esplorate nell'esecuzione del *secondo test* ne suggeriscono la sperimentazione come possibile materiale bio-based per la realizzazione di packaging. In riferimento alle lavorazioni eseguite nella produzione delle confezioni in carta per alimenti (zucchero, farine), viene eseguita una prova di formatura per trasformare il film cellulosico in una confezione per farina. La prova è svolta utilizzando il campione di film cellulosico realizzato nel *primo test*. La prova si suddivide in tre fasi di trasformazione: formatura tridimensionale del foglio e saldatura dei lembi; piegatura e chiusura di un'estremità; introduzione della farina e chiusura con saldatura. Il campione del primo test viene idratato per facilitarne la modellabilità, avvolto intorno ad un asse di legno con sezione rettangolare da 4 x 6,5 cm. Due lembi del campione sono uniti, piegati su loro stessi e pressati per essere saldati mediante compressione. Dopo 5 ore il campione risulta asciutto e i lembi congiunti. In seguito, tramite idratazione, piegatura e compressione dell'estremità inferiore del film cellulosico si realizza il fondo del campione, destinato a contenere i 150 gr di farina all'interno. Le estremità superiori del campione vengono sigillate con idratazione circoscritta alla superficie interessata dai processi di piegatura e compressione successivi. Il risultato è un prototipo di confezione costituita da cellulosa microbica a partire da bucce di grano.

127



Fig.4.44
Seconda fase di formatura
del film in cellulosa microbica.

Biodegradabilità

Quali sono le azioni da compiere per dichiarare un materiale biodegradabile?

La ricerca di risposta a questa domanda ha generato le successive sperimentazioni sul composto delle BG. Prima di introdurre le attività di laboratorio è bene sottolineare cosa sia un materiale biodegradabile e/o compostabile.

Per biodegradabile s'intende l'insieme dei materiali organici che possiedono la capacità di essere degradati in molecole inorganiche semplici come acqua, anidride carbonica e metano. Questa trasformazione viene influenzata dalla natura chimica del materiale e dall'ambiente in cui avviene, a seconda del quale variano gli output dell'azione enzimatica. Per compostabile invece s'intendono tutte le sostanze o materiali organici in grado di trasformarsi in compost attraverso il processo di compostaggio. Quest'ultimo avviene tramite una biodegradazione aerobica che può essere paragonata ad una combustione senza fiamma, dove l'output finale risulta un insieme di sostanze organiche (compost) simili al terriccio fertile (Ecozema, 2019). A monte delle suddette definizioni, in Europa la normativa EN 13432 del 2002 definisce i criteri di valutazione per certificare biodegradabile o compostabile un materiale. A questa norma dunque si è fatto riferimento per l'esecuzione, dove è stato possibile, degli esperimenti in laboratorio per provare a caratterizzare il composto di BG. Le prove di biodegradabilità sono state sviluppate solo sul composto amidaceo da BG. La cellulosa microbica non era disponibile in quantità abbondanti da poterne impiegare nei test.

128

Biodegradabilità ultima

L'obiettivo del test è determinare la mineralizzazione almeno al 90% del materiale in un periodo di 6 mesi. I valori vanno testati con metodo standard EN 14046, dal quale si sono ricostruite le prove eseguite nella ricerca. La prima prova simula lo smaltimento in superficie del materiale. Viene effettuata tramite un vaso con terriccio disposto di fuori sul fondo drenare l'acqua. La parte superiore viene coperta con un telo che permette la traspirazione dell'aria. La seconda prova ha previsto l'uso di due bottiglie in vetro contenenti acqua dolce dove immergere i campioni di materiale. Al capo delle bottiglie viene fissato un palloncino per verificare se durante la degradazione vengano generati gas.

Disintegrabilità

Il secondo test è in relazione alla disintegrabilità del materiale. L'obiettivo è quello di determinare la scomparsa di visibilità nel compost. Le dimensioni dei frammenti del materiale

dopo 3 mesi devono essere inferiori a 2 mm. Questa prova prevede l'uso di almeno due compostiere attive. Considerati i lunghi tempi di attivazione della compostiera, non è stato possibile verificare questo requisito.

Effetti negativi sul compostaggio

Il terzo test riguarda gli effetti negativi sul compostaggio che prevede l'introduzione del materiale all'interno di un impianto pilota certificato. Questo test serve a verificare se, nei processi di biodegradazione aerobica il materiale possa sviluppare sostanze che vanno ad alterare il compost finale. Le problematiche nell'esecuzione sono state relative ai tempi e le strutture idonee per ospitare un test pilota.

Contaminazione

Il quarto test indaga sulla contaminazione del materiale rispetto al valore agronomico e alla presenza di effetti tossicologici. La messa in opera della prova, come da test OECD 208, prevede l'impiego di due piante della stessa famiglia con corrispondente stadio di maturazione. Nel caso del Progetto Glume si sono piantumate due talee di menta, nel vaso 1 il substrato di coltura è composto al 100% da terriccio mentre nel vaso 2 sono stati utilizzati 30 gr del composto di BG frammentato e 30 gr di terriccio. Trascorso 1 mese (data travaso 4 Giugno 2019) le piante non presentano differenza nella crescita e sviluppo.

129

Valori chimico-fisici

L'ultimo test da eseguire sul materiale è di tipo fisico-chimico e riguarda i valori di:

- * valori di pH entro i limiti stabiliti;
- * contenuto salino entro i limiti stabiliti;
- * concentrazione di solidi volatili;
- * concentrazione di azoto, fosforo, magnesio e potassio entro i limiti stabiliti.

In merito al Progetto Glume valori come pH e contenuto salino non sono ancora stati calcolati sul materiale realizzato, altresì dalle analisi elaborate dal laboratorio Bio Qualità le concentrazioni di solidi fosforo, magnesio, azoto e potassio rientrano nei limiti prestabiliti.



VALUTAZIONI

L'analisi dei risultati ottenuti del Progetto Glume delinea quali siano gli aspetti negativi e positivi delle esperienze di laboratorio intraprese. L'obiettivo è quello fornire una raccolta di informazioni e dati utili per future sperimentazioni partendo dalle criticità del materiale.

Sulle bucce di grano è doveroso fare una premessa: essendo un materiale organico contenente nutrienti e derivato direttamente dal campo di coltivazione, è necessario porre particolare attenzione al processo di conservazione. I campioni prelevati dal mulino sono stati conservati a temperature comprese tra 20°-30°C all'interno di sacchi di carta traspiranti. Dopo 40 giorni dalla data di prelievo si osserva la presenza di alcune calandre (*Sitophilus granarius*). Questi insetti durante il loro ciclo vitale forano la cariosside del frumento. Entrano nel chicco e vi depongono le uova. Le larve delle calandre vivono all'interno del chicco, o nei suoi resti, nutrendosi dell'amido presente nell'endosperma per circa 1 mese (Ferrari et al., 2016). Nel caso dei campioni prelevati, dopo 2 settimane dal primo rilevamento dell'insetto, si è dovuto ricorrere allo smaltimento a causa di un'infestazione, che rende le bucce di grano inadatte alla trasformazione. Il fenomeno dell'infestazione da insetti indica il bisogno di conservare tramite atmosfera controllata o refrigerazione il residuo, ostacolando lo sviluppo della calandra o altri piccoli insetti (3-5 mm di lunghezza) che compromettono i valori chimico-fisici dei residui.

Fig.5.1
La traslucenza della cellulosa
microbica mette in risalto
la disomogeneità della sua
composizione.

Criticità

I principali aspetti negativi dei processi di trasformazione delle bucce di grano sono relativi alle deformazioni della materia risultante durante le fasi di asciugatura. Le lavorazioni attuate necessitano di acqua per la loro realizzazione. Di conseguenza, la relativa perdita di acqua per stabilizzare la materia porta ad esiti difficili da controllare con metodologie artigianali. Si prenda ad esempio un disco di materia gelatinizzata da 10 cm di diametro. Dal momento della formatura tramite pressa al momento della retrogradazione, ritira il proprio volume a causa della perdita di acqua. Fino a perdere 1 cm di larghezza su tutto il perimetro. Inoltre, lo spessore di 2 mm del disco in gel arriva a misurare meno di 1 mm una volta asciutto. Le stesse dinamiche si sono rilevate per la cellulosa microbica. Nella cessione di acqua verso l'esterno la cellulosa riduce drasticamente il proprio spessore (da 1,4 cm a 0,007 cm). Le modalità di asciugatura possono incidono in maniera consistente sulle proprietà meccaniche del film cellulosico ottenuto.

L'accrescimento del valore di idratazione e la perdita di umidità mostrano delle vulnerabilità in entrambe le sperimentazioni. La presenza di acqua favorisce la nascita di muffe o funghi. Il tasso di umidità determina le deformazioni e influisce sulle tempistiche di produzio-

132

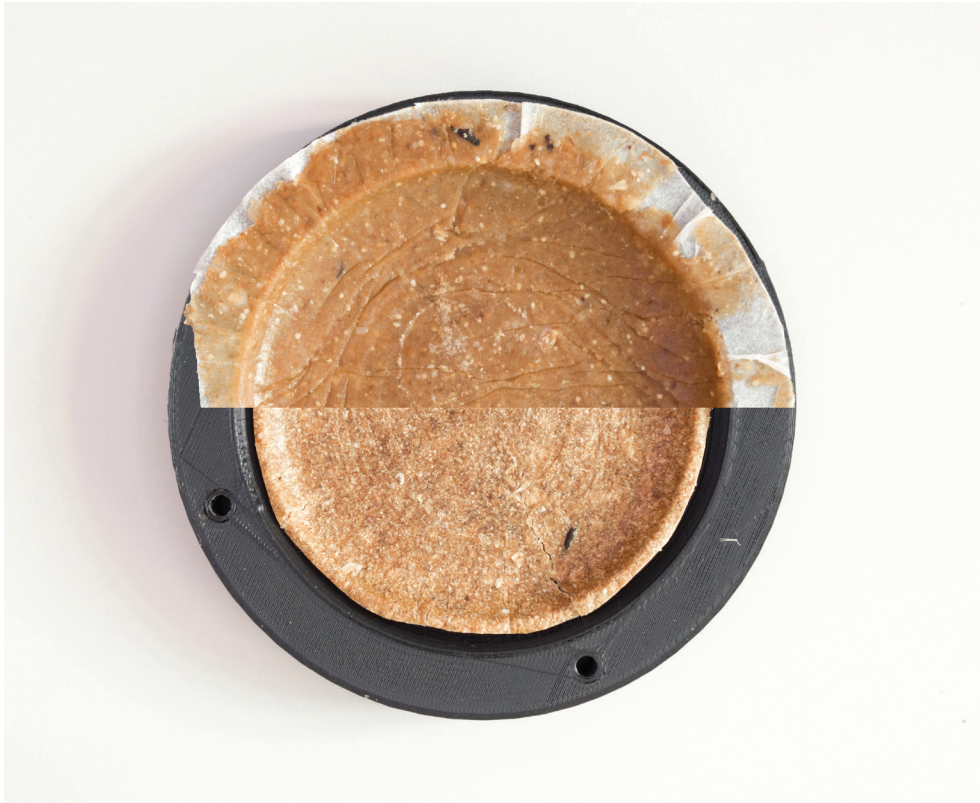


Fig.5.2
Differenza di diametro causata
dalla perdita di umidità
del materiale.

ne. Di conseguenza è necessario lavorare in *ambiente controllato* per svolgere le prove. Con ambiente controllato s'intende un luogo circoscritto in cui devono esserci le seguenti condizioni:

- * Ricircolo di aria;
- * Assenza di sbalzi termici o di pressione;
- * Monitoraggio e condizionamento della temperatura;
- * Possibilità di ostruire integralmente l'ingresso della luce esterna.

L'insieme di queste condizioni è valutato una criticità poiché richiede un flusso costante di energia. Allo stesso tempo, senza un ambiente controllato è particolarmente difficoltoso operare e validare test sulle sostanze organiche. L'interazione continua con aria, acqua, luce e microrganismi circostanti da parte delle sostanze possono incidere sull'andamento degli esperimenti.

Riguardo invece al possibile impiego dei risultati sperimentali come materia o oggetto destinati a venire a contatto con prodotti alimentari (stoviglie monouso, imballaggi alimentari), la criticità riscontrata fa riferimento al Regolamento (CE) n. 1935/2004. Durante questa ricerca non sono stati svolti test per avere certezza che le materie prodotte da bucce di grano siano sufficientemente inerti da escludere il trasferimento di sostanze ai prodotti alimentari (Unione Europea, 2004).

133

Criticità polimero vegetale

I dati raccolti dalle sperimentazioni sulla gelatinizzazione degli amidi mostrano come la temperatura compresa tra 60° e 70°C sia la condizione idonea per favorire al materiale uno stato fluido a bassa viscosità (gel). Avere un ambiente di lavoro in questo range di temperature (60°-70°C) permette un miglioramento nei processi di lavorazione. Nel caso degli esperimenti eseguiti non è stato possibile ricreare tale condizione. Pentola e forno portano l'impasto delle bucce di grano alla temperatura sopra indicata, occorre però interrompere il surriscaldamento. Superata la soglia dei 90°C la lavorazione dell'amido non risulta possibile. La materia rimossa dalle fonti di calore si presenta fluida e lavorabile all'incirca per 5 minuti, durante i quali deve essere formata. I processi di formatura sono stati eseguiti con tempi brevissimi. Il riscaldamento eccessivo del gel o il raffreddamento prima della formatura alterno il risultato finale.

L'introduzione della carta da forno è risolutiva per plasmare il composto di bucce di

grano tramite processi meccanici e termici. Nella cottura in forno aiuta ad omogeneizzare la gelatinizzazione e non permettere l'adesione del materiale alla base di supporto. Nella formatura, la carta da forno è ausiliaria all'impasto gelatinizzato fin quando non inizia ad asciugare ed irrigidire. L'aggiunta di questo materiale nel processo è considerato un aspetto negativo in quanto dimostra come la natura collosa del gel amidaceo non permetta di lavorare con supporti che non abbiano proprietà antiaderenti.

Un altro aspetto critico corrisponde all'impiego del PLA come materiale per la creazione degli stampi. Essendo una termoplastica è soggetta all'azione del calore. La temperatura di fusione del PLA utilizzato è di 145°C. La compressione avviene dopo che l'impasto è stato surriscaldato. La temperatura interna del forno raggiunge in media i 200°C. Le superfici della carta da forno sono oltre i 150°C. Le superfici degli stampi in PLA a contatto con la carta da forno subiscono micro fusioni. Questi mutamenti superficiali modificano la geometria dello stampo. Questo fenomeno smussa gli angoli vivi e riduce l'altezza dello stampo in PLA. A seguito di 20 esercizi di pressione l'altezza degli stampi è ridotta in modo disorganico di circa 0,5 mm, impedendone il normale serramento in fase di compressione.

134

Infine, l'asciugatura o retrogradazione del composto rimane la problematica principale delle fasi di sperimentazione. Il tentativo di controllo delle deformazioni ne limita solo in parte l'avvenimento. Le prove con minore deformazione risultano quelle processate in compressione con piastre riscaldanti termostate (160°C). Il processo di formatura ad alta pressione ed alte temperature risulta dispendioso in termini energetici ed economici. Si sottolinea che le piastre utilizzate nei test possiedono una potenza media di 2000 Watt.

Criticità cellulosa microbica

Le tempistiche di generazione della cellulosa sono dilatate rispetto alle "normali" trasformazioni artigianali o industriali. Sono servite 3 settimane per ottenere una superficie di 2800 cm² con spessore variabile da 0,8 a 1,8 cm. La fermentazione acetica necessita una temperatura costante di 22°C. In caso contrario, l'esercizio dei microrganismi viene alterato. Inoltre, il processo di disidratazione a temperatura ambiente è durato 5 giorni. Queste condizioni comportano il bisogno di un input energetico costante o di ambienti naturalmente adatti ad ospitare queste temperature. La problematica è simile alla trasformazione degli amidi.

La caratteristica negativa della fermentazione acetica risulta la difficoltà di controllo durante la formazione della cellulosa microbica. Come mostrato in *fig.5.3* solo una porzione della superficie destinata a diventare cellulosa microbica è rimasta coesa e compatta. Il cambiamento di temperatura, la fermentazione spontanea di altri ceppi di batteri e la contaminazione da altri microrganismi possono compromettere la creazione omogenea dello strato superficiale.

Viene fatto notare che la porzione di cellulosa microbica ben costituita risulti quella in prossimità alla coltura batterica di partenza (*starter/scoby*). Questo dato indica altre possibili variabili da tenere in considerazione nel processo. Quantità e posizionamento delle colture batteriche utilizzate come starter possono influire in maniera negativa sulla materia finale.

Infine, la reidratazione della cellulosa microbica asciutta origina un odore acidulo sgradevole. La permanenza di un alto tasso d'idratazione potrebbe esporre la materia a contaminazione da agenti patogeni. Quest'ultimi ne possono comportare il deterioramento o il peggioramento delle caratteristiche chimico-fisiche.



Fig.5.3
Differenze di consistenza relative
alla fermentazione non controllata.

Aspetti positivi

Le bucce di grano sono residui relativamente nuovi dell'industria molitoria. Il caso studio del Mulino Marino permette di avere una materia da valorizzare certificata biologica. Le componenti del residuo sono prive di composti chimici di origine sintetica. La progettazione e sperimentazione delle ricette base per la conversione delle bucce di grano non hanno previsto l'introduzione di materiali o altri composti di origine sintetica. Gli elementi aggiunti alle bucce di grano per testarne le rese materiche sono di origine vegetale. Nel caso dell'amido estratto da bucce di patate viene recuperato un residuo dal settore ristorativo, evidenziando le abbondanti quantità e la facilità di recupero. Questo aspetto è una delle principali caratteristiche positive della ricerca del Progetto Glume.

In linea generale le peculiarità emerse dagli interventi in laboratorio sono connesse alla possibilità di generare materia senza ricorrere ad importanti quantitativi di energia e all'assenza di agenti sintetici. La ricerca sperimentale dimostra come la conversione delle bucce di grano in materiale bio-based sia in linea al primo concetto fondamentale dell'*eco-efficacia*, ovvero *“la progettazione di filiere di produzione che prevedano, a monte, il reinserimento dei materiali in successivi cicli produttivi”* (McDonough et al., 2003). Le materie ottenute non presentano vincoli fisici o chimici da negarne la reintroduzione all'interno di filiere produttive differenti, né contengono elementi dannosi per le fasi di compostaggio come mostrato dai test di biodegradabilità.

136

L'approccio artigianale all'esecuzione della ricerca sperimentale testimonia quanto siano ampie le potenzialità di sviluppo tecnologico dei processi. Presse, matrici degli stampi e macchina dedita alla disidratazione sono state progettate e costruite con materiali di recupero. La strumentazione di supporto come forno, termometro e pentola sono di uso comune. Nei processi è stato applicato un metodo scientifico che ha permesso di raccogliere dati relativi a temperature, umidità, quantità e procedimenti. Questo aspetto consente a soggetti interessati di replicare e validare gli esperimenti.

Opportunità polimero vegetale

Il primo aspetto positivo nella lavorazione delle bucce di grano per mezzo di gelatinizzazione degli amidi riguarda la possibilità di preparare l'impasto sia a caldo (60° - 70°C) che a temperatura ambiente (20°-25°C). L'impasto a temperatura ambiente viene mescolato precedentemente al cambiamento di stato degli amidi (gel). Infatti, è risultato possibile mescolare

tutti gli elementi del composto, lavorarli come fossero un impasto alimentare (pane, pizza) e successivamente “cuocerli” sino al raggiungimento della temperatura di gelatinizzazione.

La pressione adoperata è risultata sufficiente per dare forma al composto. A seguito dell'applicazione di calore, la materia si presenta flessibile, collosa ed elastica. Una volta posizionata nella pressa, la compressione permane per 5 minuti. Le superfici a contatto di stampo e controstampo non vengono riscaldate. La materia plasmata dalla pressione riesce ad acquisire dettagli volumetrici inferiori a 1 mm. In questa fase la struttura degli amidi non presenta rigidità poiché si trova nell'intervallo tra gelatinizzazione e retrogradazione.

I processi di formatura dove si riscontrano comportamenti positivi della materia sono la laminazione e la compressione ad alte temperature di contatto. Nella laminazione si dimostra come si possa raggiungere uno spessore di 0,5 mm assicurando una buona struttura alla materia. Nella compressione ad alte temperature si dimostra come sia possibile adoperare l'impasto a freddo da gelatinizzare e stabilizzare attraverso l'uso contemporaneo di calore e pressione.

137



Fig.5.4
Preparazione del substrato di coltivazione
per il test di contaminazione
sulla crescita delle piante.

Il comportamento della materia al lavaggio con acqua e sapone risulta essere un'altra nota positiva. L'esposizione temporanea alla pulizia superficiale con spugna, sapone ed acqua (18°C) sulla superficie non reca particolari danni strutturali. Il materiale rimane compatto e coeso. La superficie interessata aumenta la propria flessibilità. La perdita di particelle da parte della materia si riscontra al 3° lavaggio. Questa reazione risulta positiva nell'ipotesi di utilizzare questo materiale per la creazione di stoviglie. L'aumento delle temperature dell'acqua incide sulla velocità di degradazione delle superfici con conseguente indebolimento della struttura e rilascio anticipato delle particelle.

I dati raccolti dai primi test di biodegradabilità sottolineano come le caratteristiche del materiale sembrano essere favorevoli al fine di considerarlo compostabile. Lo sminuzzamento del composto e la dispersione nel terreno non presentano alterazioni di pH nel substrato di sperimentazione. La prova di contaminazione in corso (*fig.5.4*) con piante di menta non evidenzia alcun effetto negativo sulla crescita vegetale. Il test di biodegradazione ultima per la comprensione del grado di demineralizzazione in ambiente acquoso anaerobico presenta la materia dissolta in acqua dopo appena 20 giorni. Inoltre, durante la prima settimana è stato prodotto del gas nei processi di biodegradazione. La naturale sedimentazione del composto evidenzia 3 strati differenti che potrebbero dimostrarsi interessanti.

138

Le proprietà della materia trasformata sono paragonabili ad una termoplastica. In questo processo sono stati utilizzati scarti delle sperimentazioni. Il materiale finale viene frantumato in particelle da 3 a 5 mm di diametro con spessore da 1 a 3 mm. Le particelle vengono agglomerate, riscaldate e compresse. L'idratazione della materia favorisce una maggiore fluidità del composto al momento della nuova gelatinizzazione. Di conseguenza i processi di saldatura per mezzo di piastre metalliche riscaldate risultano applicabile a questo materiale.

Opportunità cellulosa microbica

Il processo microbiologico con il quale viene creata la cellulosa microbica non richiede applicazione di energia. L'aspetto positivo risulta connesso ai consumi energetici sostanzialmente nulli. La formazione è data dall'attività dei microrganismi presenti nell'emulsione di acqua, bucce di grano, aceto, zucchero e coltura batterica (*scooby*). Lo strato di cellulosa cresce in corrispondenza dell'area occupata a contatto con l'ossigeno. Questa proprietà consente di progettare configurazioni bidimensionali personalizzate, eliminando la produzione di sfridi da eventuali sagomature o tagli.



Le sperimentazioni hanno previsto 3 settimane di crescita dei microrganismi, dopo le quali la cellulosa sviluppata è rimossa dall'emulsione. Prima della disidratazione, il materiale mostra ottima resistenza a trazione e plasmabilità. Come mostrato in *fig.5.5*, nonostante siano utilizzati residui della lavorazione, la cellulosa riesce ad essere formata su stampi con forme curve e con spigolo vivi.

Un aspetto positivo riguarda lo *starter* del processo. La coltura di batteri e lieviti che agiscono alla creazione della cellulosa si rigenera ad ogni "nuova" fermentazione. A differenza delle classiche lavorazioni dei materiali, in questo caso si possiede la capacità di generare costantemente nuove cellulose microbiche.

La formazione della cellulosa batterica genera due residui: solido e liquido. La parte solida è composta dalla bucce di grano fermentate e può essere gelatinizzata seguendo la Formula Base relativa alle sperimentazioni sopra citate. La frazione liquida non è stata ancora caratterizzata per comprenderne le proprietà acquisite dopo la fermentazione. Questi due residui rappresentano matrici biologiche da ottimizzare.

Fig.5.5
Campioni del secondo test
eseguito nella sperimentazione
con residui della cellulosa
microbica.

Sfide future

Le valutazioni della ricerca mettono in luce come le criticità raccolte e documentate siano sostanzialmente equivalenti agli aspetti positivi. Le difficoltà affrontate devono essere interpretate non come ostacolo, bensì come opportunità di cui si prende consapevolezza per lo sviluppo delle sperimentazioni sulle bucce di grano o differenti scarti agricoli che presentino caratteristiche simili. L'obiettivo del Progetto Glume è di esplorare nuove strategie che ne consentano l'ottimizzazione e la validazione per convertire i rifiuti in sottoprodotti e nuovi materiali. Le sfide future sono classificabili in due ambiti. Da una parte le dinamiche connesse alla materia, comprendere come tradurre in forma reale il potenziale offerto dalle prove eseguite. Dall'altra parte le azioni da avviare per trasformare il Progetto Glume in un progetto di ricerca e sperimentazione multidisciplinare che possa ampliare il raggio d'azione.

Materia

Le attuali applicazioni delle bioplastiche da origine vegetale o batterica riguardano principalmente gli imballaggi per alimenti, i prodotti monouso e gli articoli impiegati in agricoltura. Per classificare ed impiegare le materie studiate come bioplastiche viene richiesto di rispondere ai requisiti di biodegradabilità e compostabilità che fanno riferimento alla normativa UNI EN 13432. Questa condizione è sufficiente per l'impiego delle materie generate dalle bucce di grano nel settore agricolo. L'applicazione delle materie come imballaggio alimentare o prodotti a contatti con alimenti fa riferimento in aggiunta al Regolamento 1935/2004/CE che racchiude le disposizioni generali sui materiali e oggetti destinati al contatto con gli alimenti e al Regolamento 10/2011/UE dove sono espresse le disposizioni specifiche per le plastiche destinate a venire a contatto con gli alimenti. Le azioni da intraprendere per validare entrambe le materie devono convergere sull'attuazione di processi di produzione, anche artigianali, che stabilizzino la materia finale. Il bisogno principale è quello di assicurare una maggiore inerzia chimica ai possibili materiali, riducendo l'assorbimento di umidità e limitando la vulnerabilità alla sopraggiunta di muffe e funghi.

Le lavorazioni applicabili possono condizionare l'appartenenza alla categoria delle bioplastiche, in quanto hanno effetti sulle caratteristiche chimico-fisiche del prodotto finale. Per quanto concerne l'impasto di bucce di grano che sfrutta le proprietà polimeriche degli amidi sarebbe interessante testarne le reazioni nei normali impianti produttivi di plastiche da fonti fossili. Considerato il fatto che è stato laminato, compresso e saldato tramite apparecchiature non solitamente predisposte alla lavorazione di polimeri. Inoltre, l'utilizzo di bioplastiche



derivate da amido registra un trend di crescita costante, indice di buon auspicio per reperire strumentazione idonea alla lavorazione di una possibile termoplastica da bucce di grano. In merito alla cellulosa microbica, il materiale si presenta come un film polimerico. Negli sviluppi futuri sarebbe appropriato testare la risposta del film, in termini meccanici, in fase di termoformatura sottovuoto o con controstampo, come viene eseguito sui fogli di chitina derivata da scarti dei crostacei nel progetto The Shellworks (Jones et al., 2019).

Le caratteristiche delle materie testate ne condizionano le lavorazioni proposte e i relativi campi applicativi. La cellulosa microbica data la semitrasparenza e le possibilità di essere processata per laminazione o termoformatura è adatta al settore dell'imballaggio di alimenti. Il gel amidaceo a base di bucce di grano può essere utilizzato nella realizzazione di prodotti come piatti, posate e bicchieri monouso date le proprietà simili alle termoplastiche.

Lo step successivo prevede la ricerca di residui agroindustriali da testare in sostituzione ai prodotti utilizzati per validare le qualità delle bucce di grano. Nel caso della cellulosa microbica risulta stimolante testare come coltura batterica di partenza la *mycoderma aceti*, comunemente chiamata "madre dell'aceto". In relazione alle caratteristiche vocazione vitinicola

Fig.5.6
Vaccy. Termoformatrice artigianale
a vapore, realizzata dal team
del progetto The Shellworks.
Fonte: www.theshellworks.com

del territorio cuneese su cui è nata la ricerca, sembra plausibile trovare disponibilità di questi microrganismi. Questo approccio riguarderà anche gli elementi che intervengono nella creazione del gel a base di bucce di grano. In questo caso nonostante siano molteplici gli elementi da sostituire, l'obiettivo è quello di impiegare scarti che abbiano le stesse funzioni degli attuali prodotti.

Infine sarà necessario curarne gli aspetti sensoriali. Comprendere come viene esperito il materiale o l'oggetto realizzato da scarti agricoli dalle persone che andranno ad utilizzarlo. Devono essere eseguiti test su come i materiali si comportano in presenza di acqua calda, refrigerazione, taglio e tutte le altre condizioni possibili durante l'esperienza di consumo. Valutando se le reazioni del materiale possano essere considerate idonee o meno. Ad esempio, nella realizzazione di un piatto sarà necessario rispondere ad alcune semplici domande che sorgono ipotizzando l'uso quotidiano del prodotto:

Cosa succede se verso della zuppa?

Quale reazione comporta a livello strutturale del materiale?

Quali sono le conseguenze captabili a livello visivo?

Vengono sprigionati degli odori data la presenza di acqua calda?

142

Progetto di ricerca

Come riportato nel *capitolo 1*, la quantità di frumento (tenero e duro) macinata in Italia ammonta a circa 11 Mt. Eseguendo un calcolo approssimativo sulla possibile produzione di bucce di grano, facendo riferimento alla percentuale generata dal Mulino Marino (10,29% sul totale della granella), il risultato che si ottiene ammonta a circa 1,131 Mt. Il dato riportato ovviamente è falso, o meglio da verificare e validare. La prima azione da compiere è indagare se le bucce di grano siano prodotte anche da altre imprese molitorie. L'attenzione alla sicurezza alimentare che il Mulino Marino riserva verso le proprie lavorazioni potrebbe comportarne la produzione di un residuo non prodotto dagli altri attori del comparto di prima trasformazione. L'analisi della quantità va eseguita in parallelo allo studio sulle qualità. La certificazione biologica dei frumenti moliti dal Mulino Marino condiziona anche le caratteristiche del residuo.

La seconda iniziativa deve riguardare l'elaborazione dei dati da annoverare per classificare le bucce di grano. Realizzando un protocollo di valutazione per identificare quali bucce sono conformi a quelle prese in riferimento durante questa ricerca e quali invece rappresentano un potenziale non ottimizzabile a causa della caratterizzazione del prodotto. Questa

elaborazione ha lo scopo di ottenere una visione completa del territorio sulle disponibilità di residuo.

L'organizzazione delle relazioni con gli attori della filiera cerealicola sono fondamentali per avere accesso alle informazioni qualitative sugli scarti e per comprenderne i loro bisogni. Senza il confronto con agricoltori, molitori ed in generale le imprese, l'attività di ricerca corre il rischio di limitare gli sviluppi e progettare scenari futuri su dati inesatti. Questa attività del Progetto Glume è in parte avviata tramite la partecipazione ad iniziative relative al progetto Enkir capitanato dal Mulino Marino. Dal dialogo nato con Mauro Forneris (Col-diretti Cuneo), Ferdinando e Flavio Marino si sono identificati altri processi appartenenti alla filiera cerealicola che generano residuo con potenziali qualità da testare ed analizzare. Si ritiene che la decorticatura e la maltazione siano processi maggiormente interessanti da indagare. Le melasse proteiche e le frazioni di cruscame da cereale vestito sarebbero dei nuovi residui da analizzare in termini di proprietà qualitative.

La ricerca ed integrazione di scarti provenienti da altre filiere in sostituzione ai prodotti di consumo (aceto, glicerina, zucchero, scoby) deve nascere dall'indagine scientifica con-



Fig.5.7
Posate edibili realizzate dalla Bakeys.
Azienda indiana nota per le controverse
vicende finanziarie.
Fonte: www.bakeys.com

giunta alle relazioni e necessità dei territori. L'indagine scientifica rappresenta un costante aggiornamento e partecipazione ai canali di divulgazione accademici, studiando le potenzialità e le applicazioni degli scarti agroindustriali. Le relazioni e necessità dei territori equivalgono alla messa a disposizione verso gli attori della filiera delle nozioni apprese nell'ambito accademico, in cambio di informazioni strettamente legate allo stato dell'arte dei processi e delle materie impegnate nei vari settori.

Cosa succede se i dati sulle quantità e qualità delle bucce di grano dimostrano la disponibilità del residuo e gli attori della filiera vengono coinvolti nella ricerca?

Si procede allo sviluppo di soluzioni per ottimizzare la materia derivata dalle bucce di grano. Il carattere del progetto deve essere multidisciplinare, coinvolgendo figure professionali provenienti da diversi ambiti. Conoscenze tecnico-scientifiche specifiche in biotecnologie ed ingegneria meccanica possono migliorare in tempi brevi i processi di trasformazione del residuo. L'obiettivo è quello di esplorare e concretizzare servizi e prodotti che possano essere di carattere locale, con filiere integrate pronte a valorizzare le qualità delle proprie materie.

144



Fig.5.8
Visita tecnica al Mulino Marino
con gli studenti del corso di Ecologia
Applicata. Cossano Belbo, Cuneo.



CONCLUSIONE

Il Progetto Glume aspira a scoprire opportunità per valorizzare i residui degli scarti molitori. L'obiettivo è stato quello di esplorare le qualità di ciò che viene considerato rifiuto al fine di creare nuovi materiali che possano sostituire imballaggi e stoviglie da fonti fossili. L'approccio sperimentale permette in questo caso di indagare il contesto attuale in termini di gestione del rifiuto traducendo le criticità in possibili scenari futuri. Il progetto di ricerca mira a diventare parte delle strategie di sviluppo sostenibili in territori interessati dalla trasformazione dei cereali con piccole e medie imprese capaci di valorizzarne i residui. Questo scenario consente l'ottimizzazione dei residui molitori evitando l'immissione nel mercato di prodotti monouso di plastica o carta. Le ricadute ipotizzate generano benefici nella gestione dei rifiuti, limitando lo sfruttamento delle risorse.

Nella ricerca sperimentale le diverse qualità dello scarto del Mulino Marino sono state le protagoniste. Le bucce di grano sono state analizzate, testate, lavorate e valutate per comprendere attraverso quali processi fosse possibile convertirle in nuovo materiale bio-based. Lungo il percorso sono stati esaminati gli aspetti negativi riscontrati. La volontà è stata quella di interpretare le criticità tramite la consultazione di letteratura scientifica e la conseguente messa in opera delle modifiche da apportare. L'artigianalità dell'approccio dimostra come ambedue le soluzioni intraprese siano dotate di un elevato potenziale di miglioramento e applicazione. L'abbondanza di cereale macinato in Italia e il basso quantitativo di energia richiesto nei processi di trasformazione dei residui sono aspetti chiave di cui si è tenuto conto. La ricerca sperimentale è stata un primo passo nell'esplorazione focalizzata sugli scarti molitori. Per un effettivo sviluppo, il Progetto Glume necessita di creare un gruppo di ricerca multidisciplinare composto da figure professionali provenienti da ambiti diversi come la biotecnologia, l'ingegneria meccanica e la scienza dei materiali. Fondamentale è il coinvolgimento di industrie molitorie, mangimifici e malterie vista la matrice cerealicola dei residui prodotti nelle loro attività. Il Progetto Glume è stato ispirato da molte persone che operano nel settore cerealicolo, agricolo e nel design. Il desiderio è quello di coinvolgere e mettere in relazione persone attratte dalle tematiche discusse nell'elaborato con lo scopo di collaborare alla progettazione di uno sviluppo strategico sostenibile in relazione al territorio e le sue risorse.

Bibliografia

- Albertazzi, B. 2018. I sottoprodotti di origine agricola, Studio Albertazzi.
- Alviano, M. 2015. Classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione, Arpa Piemonte.
- American Feed Control Officials. 2019. Milling by-products of cereal grain, Oregon State University.
- Bindi, G. 2016. Grani Antichi, Terra Nuova Edizioni.
- Bonaccorso, M., Banos Ruiz, I. 2019. Che cos'è la bioeconomia?, Edizioni Ambiente.
- Boulding, K. E. 1966. The Economics of the Coming Spaceship Earth, Environmental Quality in Growing Economy, Resources for the Future, Johns Hopkins University Press.
- Camera di Commercio di Cuneo. 2018. Rapporto Cuneo 2018, Unioncamere.
- Ceccarelli, S. 2016. Mescolate contadini mescolate, Pentàgora.
- Convertini, G. Ferri, D. Maiorana, M. Giglio, L. La Cava, P. 1998. Influenza dell'interamento dei residui colturali sulla sostanza organica e su alcune proprietà biologiche del terreno in una prova a lungo termine in ambiente mediterraneo, Bollettino Società Italiana della Scienza del Suolo.
- Corujo, V. F., Cerrutti, P., Foresti, M. L., Vázquez, A. 2016. Multifunctional Polymeric Nanocomposites Based on Cellulosic Reinforcements, William Andrew.
- Croceri, G. 2013. HEE Method, Nuovo approccio sistemico per una agricoltura innovativa, La Viola.
- Department of Economic and Social Affairs. 2015. World Population Prospects: The 2015 Revision, United Nations.
- Dietricha, K., Dumonta, M. J., Del Riob, L. F., Orsata, V. 2018. Sustainable PHA production in integrated lignocellulose biorefineries, New Biotechnology.
- Ellen MacArthur Foundation. 2015. Growth Within: a circular economy vision for a competitive Europe, SUN.
- Ferrari, M., Marcon, E., Menta, A. 2006. Fitopatologia, entomologia agraria e biologia applicata, Edagricole scolastico.
- Freese, S. 2011. Windmills and Millwrighting, Cambridge University Press.
- Galanakis, C. M. 2018. Sustainable recovery and reutilization of cereal processing by-products, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition.
- Gardiner, A., Wilson, S. 1998. The Inquisitive Cook, Henery Holt and Co.
- Genovesi, E., Pellizzari, A. 2017. Neomateriali nell'economia circolare, Edizioni Ambiente.
- Giarè, F., Giuca, S. 2012. Agricoltori e filiera corta, INEA.

Grillo, M. 2017. Circolare esplicativa per l'applicazione del decreto ministeriale 13 ottobre 2016, n. 264, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Grundas, S. T. 2003. Grain structure of wheat and wheat-based products, *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*.

IAP InterAcademy Partnership. 2018. Opportunities for future research and innovation on food and nutrition security and agriculture, *Science Research Health*.

Jiang, S. T., Guo, N. 2016. The steam explosion pretreatment and enzymatic hydrolysis of wheat bran, *Energy Source*.

Kemppainen, K., Rommi, K., Holopainen, U., Kruus, K. 2016. Steam explosion of brewer's spent grain improves enzymatic digestibility of carbohydrates and affects solubility and stability of proteins, *Applied Biochemistry and Biotechnology*.

Kwiatkowski, J. R., McAloon, A. J., Taylor, F., Johnston, D. B. 2006. Modeling the process and costs of fuel ethanol production by the corn dry-grind process, *Industrial Crops and Products*.

Lago, C., Caldés, N., Lechòn, Y. 2019. The role of bioenergy in the bioeconomy: Resources, Technologies, Sustainability and Policy, *Academic Press*.

Leclerc de Buffon, G. L. 1790. *Histoire Naturelle des Mineraux*, Chez Sanson & Compagnie.

Lubis, M., Bangun Harahap, M., Ginting, M. H. S., Sartika, M., Azmi, H. 2018. Production of bioplastic from avocado seed starch reinforced with microcrystalline cellulose from sugar palm fibers, *Journal of Engineering Science and Technology*.

McDonough, W., Braungart, M. 2003. *Dalla culla alla culla*, Filoderba.

Michelsoni, C. 2006. Il corretto impiego del letame, *L'informatore Agrario*.

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. 2017. Decreto 13 ottobre 2016, n.264, *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana*.

Montanari, M. 2016. *Il mondo del Pane*, Slow Food Editore.

Mullen, A. M., Álvarez, C., Pojić, M., Hadnadev, T. D., Papageorgiou, M. 2015. Classification and target compounds, *Food Waste Recovery*.

Munari, B. 1963. *Good Design*, Corraini Edizioni.

N.d. 2019a. Prezzi grano tenero al giugno 2019, *L'informatore Agrario*.

Pagani, A., Antoniazzi, F. 2008. *Industria Molitoria*, Distam Milano.

Palmieri, N., Forleo, M. B., Giannoccaro, G., Suardi, A. 2016. Environmental impact of cereal straw management: An on-farm assessment, *Journal of Cleaner Production*.

Pauli, G. 2017. *Economia in 3D*, Edizioni Ambiente.

- Perullo, N. 2018. Il Manifesto di Pollenzo, Università degli Studi di Scienze Gastronomiche.
- Randers, J. 2012. 2052 Scenari globali per i prossimi quarant'anni, Edizioni Ambiente.
- Rangaswamy, B. E., Vanitha, K. P., Hungund, B. S. 2015. Microbial Cellulose Production from Bacteria Isolated from Rotten Fruit.
- Ranieri, R. 2018. Valore del prodotto, Open Fields Innovation for Agri Food.
- Sand Jespersen, M., Dalsgaard, M., Maratou, A., Wähler, L. C., Bossard, L., Narkeviciute, R., Iliescu, A. R., Jaganjacová, S. D., Upton, L. 2018. Bio-based products: From idea to market, Ecologic Institute.
- Smale, M. 1997. The Green Revolution and Wheat Genetic Diversity: Some Unfounded Assumptions, World Development.
- Thackara, J. 2015. How to thrive in the next economy, Thames & Hudson.
- Thakur, R., Pristijono, P., Scarlett, C. J., Bowyer, M., Singh, S. P., Voung, Q. V. 2019 (a, b). Starch-based films: Major factors affecting their properties, International Journal of Biological Macromolecules.
- Unione Europea. 2004. REGOLAMENTO (CE) n. 1935/2004 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 27 ottobre 2004 riguardante i materiali e gli oggetti destinati a venire a contatto con i prodotti alimentari e che abroga le direttive 80/590/CEE e 89/109/CEE, Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea.
- Università di Trieste. 2013. Rapporto finale: le filiere alimentari tra innovazione e tradizione, Università di Trieste.
- Zecca, A. 2016. L'esperienza dei Progetti integrati di filiera: esperienze nel settore cerealicolo, Agri Regioni Europa.

Sitografia

- Alciati, L. 2016. Il Barbariato, 'i Barbarià, Lou Barbarià. www.rivistadiagrario.org
- Assosementi. 2015. La concia delle sementi. www.assosementi.it
- Camera di Commercio Cuneo. 2019. Rilevazione prezzi: Cereali. www.cuneoprezzi.it
- Cosimi, S. 2018. Rubrica economia digitale, The food makers. www.thefoodmakers.startupitalia.eu/62109-20180507
- Cozzolino, E., Sodi, F. (n.d.). Atlante delle colture erbacee. www.agraria.org/coltivazione-erbacee

Ecozema. 2019. Biodegradabilità e compostabilità. www.ecozema.com/focus/biodegradabilita-e-compostabilita

FAO. 2017. Depositi di carbonio nel suolo, Food and Agriculture Organization of the United Nations. www.fao.org/news/story/it/item/1071136/icode

Icardi, A. 2011. Felice Marino, Granai della Memoria. www.granaidellamemoria.it

Italmopa. 2017. Struttura dell'industria molitoria in Italia. www.italmopa.com/annuario

Jones, E., Jafferjee, I., Afshar, A., Edwards, A. 2019. The Shellworks. www.theshellworks.com

Maglia, S. 2016. Sottoprodotti: cosa sono e cosa cambia col D.M. 264/16? www.tuttoambiente.it

Mitaf. 2019. Commodities - Trading materie prime. www.directa.it/pub2/it/commodities/indice.html

Novamont. 2019. www.novamont.com

Reinhart, P. 2008. The art and craft of bread. www.ted.com/talks/peter_reinhart_on_bread

Spadanuda, P. 2019. Trebbia di birra. Un mangime alternativo. www.agrinotizie.com

The James Design Award. 2018. www.jamesdysonaward.org/en-se/2019-entries

Unione montana Alta Langa. 2014. Statuto Unione montana "Alta Langa". www.unione-montanaaltalanga.it

