



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI AGRONOMIA ANIMALI ALIMENTI RISORSE
NATURALI E AMBIENTE

CORSO DI LAUREA IN SCIENZE E TECNOLOGIE ALIMENTARI

UTILIZZI ALIMENTARI DELLA FARINA DI GHIANDE

Relatore:
Prof. Simone Vincenzi

Laureando:
Chiara Somma
Matricola n. 2006977

ANNO ACCADEMICO 2023-2024

A me stessa,
hai tirato fuori il fuoco che hai dentro
e guarda dove sei arrivata.

Indice

Riassunto: Utilizzi alimentari della farina di ghiande	4
Abstract: Food applications of acorn flour.....	5
1. Gli accenni storici.....	8
2. La Composizione.....	11
2.1 Struttura e Botanica della ghianda	14
2.2 Specie edibili.....	15
2.3 Composizione nutrizionale	17
2.4 Proprietà reologiche	29
3. Tecnologia di produzione della farina di ghiande	40
3.1 Altre applicazioni alimentari.....	44
4. Conclusione	46
5. Bibliografia e Sitografia	47

Riassunto: Utilizzi alimentari della farina di ghiande

La ghianda è il frutto della quercia, un albero sempreverde del genere *Quercus*, che appartiene alla famiglia delle Fagaceae. Nello specifico, il leccio (*Quercus rotundifolia*) è uno degli alberi più importanti dell'ecosistema boschivo mediterraneo.

Resti di ghiande sono stati rinvenuti in siti preistorici di tutto il mondo. Si ritiene che la ghianda sia stata un'importante risorsa alimentare per gli esseri umani nella preistoria, perché la quercia era considerata importante per via della sua imponenza e prosperità in qualità di frutti prodotti.

Il seme della quercia è stato utilizzato per millenni come importante fonte di carboidrati prima dell'avvento della domesticazione dei cereali: una singola quercia adulta nell'arco di un anno può produrre qualche centinaio di chilogrammi di ghiande, un enorme numero di pasti per i nostri antenati cacciatori-raccoglitori e un'ottima fonte di energia.

I nativi nordamericani facevano scorte di ghiande in previsione delle stagioni fredde quando la produzione di ghiande era scarsa.

Dalle ghiande essiccate, tostate e opportunamente macinate si ricavava addirittura una polvere finissima utilizzata per la preparazione del "caffè". In Italia, in particolare durante la Seconda guerra mondiale e ancor prima, quando il caffè era introvabile o quantomeno un prodotto di nicchia, iniziarono a diffondersi svariati surrogati prodotti su larga scala. Uno di questi surrogati era appunto il caffè di ghianda, una materia facile da reperire a basso costo. Una storica azienda di Pontedera specializzata in surrogati del caffè e tutt'ora operativa, produceva appunto questa curiosa bevanda, unitamente ad altri tipi di surrogati quali il caffè di cicoria e di ceci.

Tuttavia, oggi le ghiande sono consumate principalmente dagli animali al pascolo, in particolare di razza suina iberica, ma ancora una gran parte viene lasciata nei boschi senza alcuna valorizzazione. In particolare, le ghiande del sud dell'Europa sono caratterizzate da un gusto più dolce, a causa del minor contenuto di tannini rispetto ad altre specie di quercia, questo le rende ancora più interessanti come ingrediente comune nella dieta umana. Le specie di ghiande più interessanti per uso alimentare sono tre: *Quercus rotundifolia*, *Quercus ilex* e *Quercus cerris*, che si differenziano per le caratteristiche chimico-fisiche e per la distribuzione geografica,

la prima si posiziona a sud-ovest della penisola iberica, la seconda a nord-est della penisola iberica, a sud della Francia e dell'Italia e la terza in Italia specialmente sugli appennini e nel sud Italia.

La farina di ghiande sembra essere un modo semplice per recuperare l'uso della ghianda nella dieta umana, non solo nei prodotti da forno, ma anche per molti altri scopi. La farina di ghiande è naturalmente priva di glutine (GF, gluten free) e presenta un interessante profilo nutrizionale e funzionale. È ricca di acidi grassi insaturi e fibre, minerali, vitamina A ed E, clorofille, carotenoidi, altri polifenoli e presenta un'elevata capacità antiossidante. Molti autori hanno paragonato i composti bioattivi della ghianda e capacità antiossidante con altri cereali di uso comune, come frumento, mais, riso, sorgo, grano integrale, grano saraceno o avena. Per quanto riguarda l'attitudine tecnologica, la farina di ghiande ha un'elevata quantità di fibre prevalentemente insolubili, e presenta un contenuto di amido pari a circa il 50%. Il comportamento del suo amido rivela un'elevata gelatinizzazione verso le elevate temperature e resistenza al calore e allo sforzo di taglio, dimostrando che la farina di ghiande potrebbe dare un importante contributo alla consistenza e alla struttura degli impasti, a seconda del tipo di prodotto sviluppato. Pertanto, l'elevata quantità di ghiande che attualmente viene sprecata, ha il potenziale per essere un ingrediente prezioso, con molti usi e applicazioni nella nutrizione umana, dando un nuovo valore a questa risorsa.

Abstract: Food applications of acorn flour

The acorn is the fruit of the oak, an evergreen tree of the genus *Quercus*, which belongs to the Fagaceae family. Specifically, the holm oak (*Quercus rotundifolia*) is one of the most important trees of the Mediterranean forest ecosystem.

Acorn traces have been found in prehistoric sites all around the world. It is argued that the acorn was an important food resource for humans in prehistoric times, as the oak was considered very important because of its grandeur and prosperity as fruits produced.

The seeds of the oak has been used for millennia as an important source of carbohydrates before the advent of cereal domestication: a single adult oak within a year can produce a few hundred kilograms of acorns, corresponding to a huge number of meals for our hunter-gatherer ancestors and an excellent source of energy.

Native American population stockpiled acorns in anticipation of cold seasons when acorn production was scarce.

From the dried, roasted and properly ground acorns a very fine powder was obtained used for the preparation of "coffee". In Italy, in particular during the Second World War and even before when coffee was unobtainable or at least a niche product, various large-scale surrogates began to spread. One of these substitutes was precisely acorn coffee, a material easy to find at low cost. A historic company of Pontedera specialized in coffee substitutes and still operating, produced precisely this curious drink, together with other types of substitutes such as chicory and chickpea coffee.

However, its regular consumption has been lost, and nowadays acorns are consumed mainly by grazing animals, especially of the Iberian pig breed, but still a large part is left in the forests without any valorization.

In particular, acorns from southern Europe are characterized by a sweeter taste, due to the lower content of tannins compared to other oak species, this makes them even more interesting as a common ingredient in the human diet.

The most interesting species of acorns for food use are three: *Quercus rotundifolia*, *Quercus ilex* and *Quercus cerris* differ in their chemical-physical characteristics and geographical distribution, the first is located south-west of the Iberian Peninsula, the second north-east of the Iberian Peninsula, south of France and Italy and the third in Italy especially on the Apennines and in southern Italy.

Acorn meal seems to be an easy way to recover the use of acorn in the human diet, not only in baked goods, but also for many other purposes. Acorn flour is naturally gluten-free (GF, gluten free) and has an interesting nutritional and functional profile. It is rich in unsaturated fatty acids and fiber, minerals, vitamin A and E, chlorophylls, carotenoids, other polyphenols and has a high antioxidant capacity. Many authors have compared the bioactive compounds of acorn and antioxidant capacity with other commonly used cereals, such as wheat, corn, rice, sorghum, whole wheat, buckwheat or oats. As far as technological aptitude is concerned, acorn flour has a high amount of mainly insoluble fibers, and has a starch content of about 50%. This starch reveals high gelatinization towards high temperatures and resistance to heat and shear stress,

demonstrating that acorn flour could give an important contribution to texture and structure of dough, depending on the type of product developed. Therefore, the high amount of acorns that is wasted, have the potential to be a valuable ingredient, with many uses and applications in human nutrition, giving a new value to this resource.

1. Gli accenni storici

L'utilizzo alimentare delle ghiande risale ai tempi del Neolitico quando l'uomo raccoglitore le conservava per consumarle cotte nel periodo invernale, quando la natura diventava avara di frutta e semi. I ritrovamenti in siti archeologici dimostrano che il consumo di ghiande risale a più di 700.000 anni fa (Mason, 1992; Melamed et al., 2016).

Dai ritrovamenti emerge che la distribuzione della quercia si estendeva negli Stati Uniti dalla California al Messico, e in Europa dal Mediterraneo fino all'Asia.

In tutta Europa in epoca storica, ci sono registrazioni dell'uso della ghianda da parte degli uomini, così come del loro ruolo come cibo per i maiali, particolarmente importante in epoca medievale. Nel Medioevo, ci furono vari divieti di abbattimento o di danneggiamento delle querce, con degli editti che ne favorivano invece la moltiplicazione. Nell'VIII secolo il vescovo di Metz, in Francia Orientale, approvò una legge che imponeva ai vescovi di assicurare una fornitura di ghiande alla popolazione in anni di scarsità di cibo; nel 1548 il pane di ghianda veniva mangiato "per necessità" e definito anche come "pane di carestia". In tempi più recenti, in Russia, si consumava un pane composto da due libbre di farina di segale, due libbre di crusca di segale e 10 libbre di farina di ghiande, lo stesso anche in Gran Bretagna; la farina di ghiande veniva prodotta per il consumo umano nel mulino del monastero di Sindorsdorf nell'Alta Baviera fino al 1604 (Brockmann-Jerosch 1986).

Le ghiande nell'Europa occidentale nel XVI secolo erano tra gli averi richiesti in tributo ai proprietari terrieri in cambio di campi e bestiame. L'uso delle ghiande si estese in Germania dove ricoprì un ruolo fondamentale durante la Prima e Seconda Guerra Mondiale in quanto esse furono raccolte su larga scala per essere commercializzate sotto forma di farina per il consumo umano. Il consumo arrivò fino in Norvegia e in alcune parti della Polonia, in quest'ultima la farina di ghiande era un ingrediente nel pane addirittura normale e più comune rispetto a pani contenenti altri cereali che erano pressoché sconosciuti.

In altre parti del mondo, in particolare in Asia orientale, i reperti di resti di ghianda, in grandi quantità provenienti da siti come sud-est della Cina, Corea del Sud e Giappone, suggeriscono che le ghiande potrebbero aver giocato un ruolo molto importante nella dieta degli esseri umani anche in quelle aree. Infatti, le ghiande erano consumate dall'uomo, particolarmente nei periodi di carestia, quando mancavano

cereali, legumi ed erano vendute nei mercati come medicina. In Corea del Sud si consumava e si consuma tuttora una preparazione gastronomica chiamata *Totori-muk o mook* definito come tofu di ghiande. Si tratta della gelatina dell'amido estratta dalla farina di ghiande, assai nutritiva e a rapido effetto sazietà. Il Totori-muk si può reperire anche nei negozi di cibo coreano a Roma e a Milano già pronto sottoforma di gelatina da conservare in frigo o sottoforma di farina di amido di ghiande con cui preparare a casa la gelatina. La farina di ghianda è anche incorporata con le altre farine e utilizzata nella preparazione dei noodles.

Ci sono prove che suggeriscono che l'uso delle ghiande in Spagna e Portogallo fosse molto diffuso nel 1800 e che le ghiande dolci costituissero il 20% della dieta delle persone più povere di questi paesi. Negli anni successivi, le ghiande dolci furono utilizzate come cibo prezioso, considerate superiori alle castagne, mangiate dunque come prelibatezza da signori di alto rango dell'Opera di Madrid. Infatti, le ghiande sono state vendute in maniera simile alle castagne nei mercati iberici e sono ancora vendute nei mercati di Cadice in Spagna. Spagna e Portogallo possiedono una specie di *Quercus ilex*, varietà chiamata in lingua spagnola "ballota", caratterizzata da frutti dolci a basso tenore tannico, questa specie è diffusa a sud della Spagna, nella regione di Jerez, in Andalusia e Zafra in Estremadura. Ci sono degli usi tradizionali delle ghiande sottoforma: di "pao de ballota" pane di ghiande, torta presentata in alcuni importanti ristoranti della regione e venduta come prodotto industriale confezionato oppure come liquore o come bevanda dissetante chiamata "horchata".

In Marocco e Turchia, l'uso della ghiande è tutt'ora assai ricercato, la varietà maggiormente diffusa è la ghianda sughera che proviene dalla grande foresta di Maamoura a pochi chilometri dalla capitale Rabat. Si tratta della più grande foresta di querce da sughero al mondo, sono circa 70.000 ettari di sole querce. Le ghiande raccolte sono vendute direttamente nei mercati di paese presso i venditori di frutta e verdura.

Soffermandoci sulla zona del Mediterraneo, la prima documentazione etnografica del consumo umano di ghiande proviene dagli scritti di autori greci e romani di epoca classica. Gli scritti su questo argomento sono di Omero, Esiodo, Plinio, Virgilio e molti altri, i quali attribuiscono alla ghianda un ruolo primario nella sussistenza in una passata "Età d'Oro" quando c'era un'assenza di cereali (esempio il grano) che venivano sostituiti dalle ghiande per preparare il pane.

La varietà *Quercus ilex* a ghiande dolci (con poco tannino) ha dato frutti apprezzati anche dai Greci, dagli Etruschi e dai Romani. Un agronomo arabo-andaluso ci tramanda l'uso di preparare il pane di ghiande con orzo o castagne, dai Romani appunto dette "ghiande di Giove". Di pane di ghiande parla anche la Bibbia, quando Enoch insegnava ai Nabatei la preparazione del pane di ghiande. Di questo pane riportano notizie gli scrittori greci perché utilizzato a Sparta. La ghianda è stata trovata anche su palafitte abitate nella valle del Po e in alcune vallate svizzere, evidentemente preparate per essere consumate dagli abitanti.

Il pane di ghiande è stato nominato anche da Plinio il Vecchio, nel suo *Naturalis Historia*, descrivendolo come un pane di ghiande impastato con l'argilla, del quale si nutrivano i Sardi.

Il pane di ghiande era un pane azzimo utilizzato per buona parte dell'anno e veniva preparato scegliendo la quantità necessaria di ghiande ben mature, le quali venivano sbucciate e lessate. Con le ghiande lessate si otteneva una specie di polenta, che si poneva ad asciugare su tavole per poi essere tagliata a tavolette da seccare al sole o al forno prima del consumo. Di solito era marrone scuro o nero, e si diceva che fosse simile nell'aspetto al cioccolato. Aveva un sapore dolce, anche se alcuni scrittori commentano anche un sapore o un odore acido. Si accompagnava con lardo, olio, latte e formaggio.

Sino a pochi decenni fa a Oliveto Citra (SA) e in Sardegna con utilizzo di ghiande (di quercia sughera e di leccio) si preparava come specialità regionale il pane di ghiande, che veniva chiamato pane Buleu ovvero "pane della fame", nome dato dalla località sarda di Baunei (Pattarozzi, 1997). In alcuni paesi sardi dell'Ogliastra (appunto Baunei, ma anche Talana, Arzana, Gairo e Jerzu), la preparazione di questo pane si è conservata fino agli anni '50 del secolo scorso.

Nel Viterbese, in epoca di autarchia, e successivamente poi in tutta Italia nel periodo della Seconda Guerra Mondiale, le ghiande venivano torrefatte e utilizzate come surrogato del caffè.

La quercia diventa anche simbolo nonché emblema della Repubblica italiana: il 5 maggio 1948 un ramo di quercia unitamente a quello di olivo rappresentano insieme alla stella e alla ruota dentata la Repubblica Italiana. L'una incarna la forza e la dignità del popolo italiano, l'altro la volontà di pace della nazione ed entrambi sono l'espressione delle specie più tipiche del nostro paese.

2. La Composizione

Il genere *Quercus* è rappresentato da specie distribuite nell'emisfero boreale: dalle regioni temperate di Nord America, Europa e Asia e si spingono fino ad alcune aree tropicali e sub-tropicali dell'America centro-meridionale, Nord Africa, sud-est dell'Asia e Giappone, come si può vedere dalla seguente Figura 1.

Le querce sono abbondantemente diffuse, grazie agli scoiattoli che sono fra i più noti “giardinieri naturali”, poiché in inverno hanno l'abitudine di seppellire, e poi dimenticare scorte segrete di ghiande. Questi mammiferi, che nascondono il cibo sottoterra per nutrirsi durante la stagione fredda, senza volerlo piantano molti alberi, in particolare noccioli e querce. La primavera seguente, la nascita di giovani esemplari rivela un punto di provviste smarrite. Le ghiande così interrate hanno una velocità di germinazione molto più alta di quelle che cadono semplicemente al suolo.

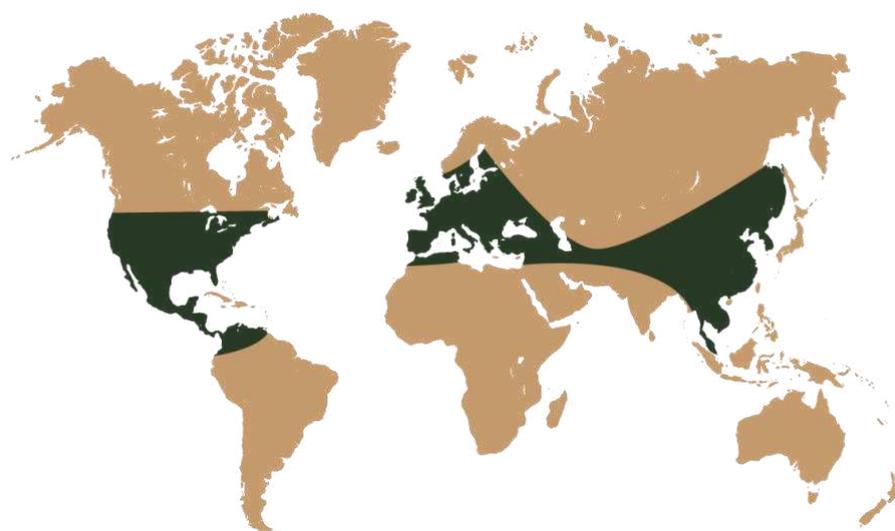


Figura 1 Distribuzione della quercia del genere Quercus

La famiglia delle Fagacee rappresenta un'importantissima famiglia di alberi a legno duro e più raramente di arbusti, diffusa dalle regioni temperate a quelle tropicali con un numero particolarmente elevato di specie nel continente asiatico e in America. Le Fagacee costituiscono una componente essenziale e spesso dominante delle foreste di latifoglie che coprono o coprivano vaste aree situate alle medie latitudini nell'Emisfero Boreale ed in misura minore nell'Emisfero Australe. Alberi appartenenti a questa famiglia, come querce (*Quercus*), faggi (*Fagus*) e castagni (*Castanea*) dominano le foreste decidue e miste dell'America settentrionale e

dell'Eurasia. Le querce sempreverdi rappresentano una componente fondamentale delle foreste sempreverdi che circondano il golfo del Messico e di quelle della Cina e del Giappone meridionale, le querce sempreverdi ed i pini caratterizzavano fortemente la copertura vegetale dei paesi mediterranei.

I frutti delle Fagacee a causa del loro peso hanno una limitata capacità di dispersione e sono trasportati soprattutto da animali che se ne nutrono ma ne smarriscono una parte. Il loro potere germinativo si riduce rapidamente con l'età.

La classificazione ufficiale delle Querce è la seguente:

Ordine: Fagales

Famiglia: Fagaceae

Sottofamiglia: Quercoides

Genere: *Quercus*

Il genere *Quercus* si divide in tre sezioni che sono:

Genere *Quercus* – sezione *Quercus*

- *Q. ilex* (Leccio)
- *Q. rotundifolia*
- *Q. petrae* (Quercia Rovere)
- *Q. pubescens* (Quercia Roverella)
- *Q. robur* (Quercia Farnia)

Genere *Quercus* – sezione *Mesobalanus*

- *Q. frainetto* (Quercia Farnetto)
- *Q. pyrenaica* (Quercia dei Pirenei)

Genere *Quercus* – sezione *Cerris*

- *Q. cerris* (Cerro)
- *Q. coccifera* (Quercia spinosa)
- *Q. suber* (Quercia da sughero o sughera).

Nel linguaggio comune si identificano due tipologie di querce, querce bianche e querce rosse: le prime indicano le specie di quercia tipiche delle zone dal clima mediterraneo, tendenzialmente caldo con estati calde e inverni non gelidi e umidi. La specie tipo è il Leccio (*Quercus ilex*), che occupa gran parte dei boschi pianeggianti e collinari dalla Liguria alla Sicilia, lungo il Tirreno, e dal Carso alla Puglia lungo l'Adriatico con assenza nella Pianura Padana e nelle regioni alpine. È un albero sempreverde che forma boschi puri (leccete) dal piano a 1.800 metri di altitudine,

presente allo stato spontaneo in tutte le regioni, eccetto la Valle d'Aosta. Il frutto è allungato di 2-4 centimetri di colore marrone scuro, avvolto da una cupola emisferica fino a circa metà della lunghezza. Tra le altre specie ci sono anche la Roverella (*Quercus pubescens*) più diffusa nelle regioni centrali italiane in particolare in Toscana e Marche, è una quercia spontanea, amante della luce, sopporta l'aridità del terreno e vive fino a 1.200 metri di altitudine. Mentre nel Meridione prevale la ghianda Sughera (*Quercus suber*) che si presenta su terreni acidi dal piano a 500 metri di altitudine e forma dei boschi puri o artificiali; infine il Cerro (*Quercus cerris*) è un albero deciduo spontaneo in tutta Italia in cui forma boschi puri e misti.

Le querce rosse, invece, sono originarie dell'America del Nord, spontanee in Florida, in Messico e in Canada, caratterizzate da un fogliame autunnale rosso, per questo aspetto ornamentale sono giunte in Europa e in Italia. La specie tipo è *Quercus rubra*. La differenza sostanziale consiste anche nella predisposizione a produrre ghiande con più o meno tannini. Le querce bianche hanno la particolare caratteristica di essere dolci, a causa del minore contenuto di tannini rispetto ad altre specie, il che rende ancora più interessante l'uso come ingrediente nella dieta umana (Vinha et al. 2020). Mentre le querce rosse sono tendenzialmente più amare per via di un maggiore contenuto di tannini per cui per essere consumate hanno bisogno di ulteriori trattamenti tecnologici.

Specie di albero	Nome comune	Immagine	Ghianda
Quercus ilex L.	Leccio		
Quercus robur L.	Farnia		
Quercus cerris	Cerro		
Quercus pubescens	Roverella		
Quercus rubra L.	quercia rossa americana		

Tabella 1- botanica delle querce e ghiande di *Q. robur*, *Q. cerris*, *Q. pubescens* e *Q. rubra*.

2.1 Struttura e Botanica della ghianda

Descrizione botanica: il genere *Quercus* comprende numerose specie (circa 300-350) decidue, sempreverdi o anche semipersistenti. Il portamento della pianta è tipicamente imponente, on chioma ampia di diverse forme più o meno densa in base alla specie. La corteccia è scura e profondamente fessurata negli esemplari adulti.

L'apparato radicale è generalmente fittonante e le radici laterali sono in grado di penetrare notevolmente in profondità fino a 25 metri.

Le foglie delle specie appartenenti al genere *Quercus* sono penninervie che significa che dalla nervatura centrale, quella più robusta, dipartono le nervature secondarie su entrambi i lati simili alle barbe di una penna (piuma). Presentano un margine intero, dentato o lobato.

Il frutto è un achenio indeiscente denominato "ghianda". Dal punto di vista botanico, si definisce "achenio" un seme racchiuso da un guscio duro esterno indeiscente, cioè che non si apre naturalmente per rilasciare il seme.

La forma è oblunga o ellissoidale, con la porzione basale contenuta singolarmente in un involucre emisferico composto da squame, chiamato "cupola".

In primavera le querce producono fiori gialli e verdi dai quali si sviluppano i frutti. La fioritura della quercia avviene in primavera, da aprile a maggio, contemporaneamente alla fogliazione. Mentre la raccolta delle ghiande si effettua nel periodo autunnale nello stesso anno della fioritura tra i mesi di ottobre e dicembre. Durante la maturazione le ghiande vuote sono le prime a cadere, mentre quelle con il frutto proseguono fino a piena maturazione, quando la cupola e il peduncolo che lega la ghianda al ramo assumono una colorazione marrone.

2.2 Specie edibili

La valorizzazione della ghianda, come già descritto, è ben nota e documentata come prodotto alimentare soprattutto per l'alimentazione animale (allevamento di suini e allevamento di piccoli ruminanti) (Tejerina, García-Torres, Cabeza de Vaca, Vázquez, e Cava, 2011).

Anche se il consumo di ghiande da parte dell'uomo è ampiamente documentato, esso è stato sostituito nel tempo da altri alimenti più nutritivi. Recentemente, però, si osserva un rinnovato interesse per le ghiande come alternativa ad altre noci, direttamente, come farina, o come fonte di olio da cucina (il profilo degli acidi grassi dell'olio è simile a quello dell'olio d'oliva) (Vinha, Barreira, Ferreira e Oliveira, 2020).

Le specie di ghiande più interessanti per uso alimentare sono tre: *Quercus rotundifolia*, *Quercus ilex* e *Quercus cerris*, che si differenziano per le caratteristiche chimico-fisiche e per la distribuzione geografica, la prima si posiziona a sud-ovest

della penisola iberica, la seconda a nord-est della penisola iberica, a sud della Francia e dell'Italia e la terza in Italia specialmente sugli appennini e nel sud Italia.

Oltre alla composizione di base dei macronutrienti (proteine, carboidrati, lipidi, ecc.), i composti nutraceutici e bioattivi possono conferire un importante valore aggiunto alla quercia tipo (leccio, rovere, roverella, farnia, sughera) e possono contribuire a cambiare la percezione della pianta da una prospettiva esclusivamente ambientale ad una prospettiva di produttività. Inoltre, la popolazione in crescita e la necessità di un aumento dell'approvvigionamento alimentare nello scenario del cambiamento climatico richiedono una revisione del sistema alimentare e una valutazione degli alimenti commestibili sottoutilizzati.

Le ghiande sono un buon candidato per il loro potenziale nutrizionale, in quanto hanno un elevato contenuto di acidi grassi insaturi (oleico e linoleico), di potassio, rutina e acido siringico, sono naturalmente senza glutine ma conferiscono anche capacità gelificante, resistenza allo stress da taglio per i panificati e alla cottura simile ai cereali che contengono glutine.

Negli ultimi anni sempre più persone soffrono di celiachia o intolleranza al glutine, un malattia immunomediata che si innesca dall'ingestione di un composto proteico, il glutine presente nel grano, nella segale o nell'orzo. Di conseguenza, per andare incontro alle esigenze di questa fetta di popolazione, c'è bisogno di prodotti come pane o pasta a base di cereali alternativi. Una buona percentuale dei prodotti senza glutine attualmente sul mercato risulta tuttora inadeguata dal punto di vista nutrizionale, in quanto spesso, per compensare le caratteristiche reologiche del glutine, si utilizzano degli additivi. Quindi l'obiettivo è di indagare la composizione nutrizionale di cereali o sostituti validi per poter creare alimenti senza glutine completi. Solitamente, per i prodotti senza glutine si utilizzano particolarmente le farine di riso e mais oltre a sorgo, grano saraceno, teff e quinoa. L'utilizzo della farina di riso trova impiego nell'industria alimentare perché è una farina a basso costo. È costituita per circa l'80% di amido e le sue proteine non sono tossiche per i celiaci, però ha un basso profilo nutrizionale rispetto ad altre farine senza glutine; quindi, molti studi mostrano che l'inclusione di cereali alternativi o sostituti fornisce prodotti con un maggiore valore nutrizionale (Gribaudo, Dorling Kindersley, 2019).

2.3 Composizione nutrizionale

La farina di ghiande è un ingrediente che presenta buone caratteristiche nutrizionali e funzionali, diventa interessante recuperarne l'utilizzo per il consumo umano in quanto presenta un alto contenuto di grassi, in particolare monoinsaturi e polinsaturi, un'elevata quantità di fibre prevalentemente insolubili, presenta un contenuto di amido pari a circa il 50% in peso, valori elevati di potassio e un'elevata capacità antiossidante.

Secondo l'American Association of Cereal Chemists (AACC), la fibra alimentare (DF) è definita come i carboidrati (dalla parte commestibile delle piante) che sono resistenti alla digestione e all'adsorbimento nell'intestino tenue umano, con fermentazione completa o parziale nell'intestino crasso. Il termine DF comprende polisaccaridi, oligosaccaridi e composti vegetali associati. Il DF è a sua volta frazionato in fibra insolubile, legata alla regolazione intestinale, e in fibra solubile associata ai livelli di riduzione del colesterolo e indice glicemico. La farina di grano saraceno presenta circa il 2% di DF, di cui circa il 23% è fibra solubile. Per quanto riguarda la farina di ghianda, i valori sono compresi tra il 9,5% e l'11,5%. Di conseguenza l'aggiunta di farina di ghiande porta a un aumento significativo della fibra totale e della fibra insolubile.

Seguendo le raccomandazioni dell'USDA (Dipartimento dell'agricoltura degli Stati Uniti d'America), seguite dall'EFSA, l'assunzione di riferimento DF è di 25 g/giorno per le donne e 38 g/giorno per gli uomini. Se consideriamo un'ingestione di 100 g di pane fresco al giorno, un pane contenente il 23% di farina di ghianda fornirebbe 7,5 g di fibre. Ciò rappresenta circa il 30% e il 20% dell'assunzione giornaliera adeguata di DF per donne e uomini, rispettivamente, il che significa che il pane di farina di ghianda può essere un importante veicolo di fibre, con la possibilità di utilizzare la rispettiva indicazione nutrizionale. Pertanto, la farina di ghianda sembra essere un ingrediente molto promettente, al fine di migliorare il contenuto di DF nel pane GF utile per apportare il claim nutrizionale "alto contenuto di fibre" o "ricco di fibre" in quanto a livello normativo sono consentiti solo se il prodotto contiene almeno 6 g di fibre per 100 g o almeno 3g di fibre per 100 kcal.

Nello specifico la composizione nutrizionale della farina di ghiande presenta i seguenti valori su 100g di farina:

Componente	Valore
Umidità	8,15 ± 0,03
Ceneri	1,61 ± 0,01
Proteine totali	4,28 ± 0,27
Grassi totali	11,39 ± 0,53
Carboidrati	74,56 ± 0,76
Potassio	697,10 ± 6,02

Tabella 2 – Composizione nutrizionale della farina di ghiande (Beltrão Martins et al., 2020).

La farina di ghiande presenta il più alto contenuto di grassi rispetto ad altre farine comuni (11,39 g/100 g), come riso (0,90), frumento (1,81), mais (2,48), sorgo (3,50), grano integrale (3,63), grano saraceno (4,21) o avena (6,74). Anche tenendo conto del fatto che nella farina di frumento il germe, che contiene la maggior quantità di lipidi, viene rimosso proprio per aumentare la shelf-life della farina nei confronti dell'irrancidimento, il contenuto di lipidi nella farina di ghiande rimane elevato. Questo è un fattore da tenere in considerazione per la conservabilità di questa farina. L'elevato contenuto di grassi può favorire sia l'utilizzo della farina di ghiande come ingrediente che migliora le caratteristiche di consistenza di prodotti alimentari sia per i benefici per la salute, poiché l'olio di ghianda è principalmente costituito da acidi grassi insaturi.

Diversi studi hanno rivelato che l'acido grasso principale nella farina di ghiande è l'acido oleico con circa 65%, seguito dall'acido linoleico circa 15%, accanto all'acido palmitico circa 14% e infine l'acido stearico con quasi il 4%.

Acidi grassi (g 100 g ⁻¹ di grasso)		Minerali (mg 100 g ⁻¹ DW)	
C16:0 (palmitico)	14,11 ± 0,50		
C18:0 (stearico)	3,68 ± 0,02	<u>K</u>	<u>697,10 ± 6,02</u>
C20:0 (Eicosanoico)	0,54 ± 0,08	Circa	51,66 ± 1,84
C18:1n9c (oleico - ω9)	66,26 ± 0,98	Mg	65,82 ± 1,62
C18:2n6c (linoleico - ω6)	14,72 ± 0,08	P	81,56 ± 1,39
C20:1 (Eicosenoico)	0,64 ± 0,02	S	57,15 ± 0,54
C18:3n3 (linolenico ω3)	0,51 ± 0,04	Fe	0,81 ± 0,05
Saturato	18,71 ± 0,49	Mn	7,78 ± 0,24
Monoinsaturi	67,48 ± 0,47	Zn	0,54 ± 0,00
Polinsaturi	14,72 ± 0,08		

Tabella 3. – Profilo di acidi grassi e minerali della farina di ghiande. Risultati presentati come valore medio e rispettiva deviazione standard. (Beltrão Martins et al., 2020).

I profili degli acidi grassi ottenuti da diverse specie di ghiande mostrano un'elevata variabilità nella percentuale di acidi grassi monoinsaturi, polinsaturi e saturi. La composizione degli acidi grassi della ghianda varia in base a fattori genetici, specie vegetale, fattori abiotici (come il grado di maturazione) e origine climatica e geografica.

In ogni caso, mediamente la farina di ghiande rivela percentuali elevate di acidi grassi monoinsaturi (MUFA) e acidi grassi polinsaturi (PUFA) come linoleico e alfa-linoleico i quali sono acidi grassi essenziali. Inoltre, la ghianda rappresenta anche un'importante fonte di tocoferoli con il fitosterolo come composto predominante, assumendo così un profilo abbastanza simile a quello dell'olio d'oliva.

I tocoferoli sono composti fenolici liposolubili che esistono naturalmente nei semi oleosi, questi composti sono apprezzati per la loro capacità di proteggere l'uomo dal danno ossidativo mediato dalle specie attive di azoto e ossigeno e prevenire l'ossidazione dei lipidi e conservazione degli alimenti contenenti lipidi.

Una curiosità sulle ghiande è che, oltre a essere ridotte in farina per costituire ingrediente di prodotti alimentari come pane, biscotti, muffin, snack, possono produrre anche un olio ad uso alimentare e cosmetico; è un prodotto diffuso in Marocco e in Algeria per cucinare e usato dagli indiani della California per curare le ferite e scottature. Il contenuto di grassi è superiore nelle ghiande di querce rosse americane rispetto a quelle di querce bianche europee, per questo l'estrazione dell'olio di ghiande sembra essere più opportuno in America che in Europa. In base alla specie e al paese di provenienza di ghianda utilizzata per l'olio di ghianda si

hanno diversi valori Tabella 4. È stato dimostrato che il contenuto di tocoferolo dell'olio di ghianda è superiore ad altri oli vegetali come quello di mais raffinato (70,7 mg/100 g di olio), di soia (72,5 mg/100 g di olio), di girasole (73,7 mg/100 g di olio) e di noce (63,4 mg/100 g di olio) e in alcuni casi anche superiore a quello dell'olio di oliva non raffinato (120-250 mg/kg di olio) (Psomiadou et al., 2000).

Acorn species	Origin		Tocopherols			
		α -Tocopherol	β -Tocopherol	γ -Tocopherol	δ -Tocopherol	Total (mg/kg)
<i>Q. Aegilops</i>	Jordan	230	—	1210	—	1440
<i>Q. infectoria</i>		171	—	1612	—	1783
<i>Q. calliprinos</i>		141	—	1501	—	1642
<i>Q. faginea</i>	Spain	6.96	—	24.33	0.54	31.83
<i>Q. suber</i>		9.50	—	21.16	0.94	31.60
<i>Q. pyrenaica</i>		10.25	—	21.44	0.60	32.29
<i>Q. coccifera</i>		5.48	—	26.05	1.01	32.54
<i>Q. ilex</i>		11.63	—	32.19	1.44	45.25
<i>Q. ilex (Zaghousa)</i>	Tunisia	3.92	—	93.30	—	181.47
<i>Q. suber (Nabeul)</i>		4.03	—	95.97	—	125.26
<i>Q. rubra</i>	Latvia	42	725	5	11	784
<i>Q. robur</i>		55	9	4298	116	4477
<i>Q. ilex</i>	Algeria	244	403		16.33	664.58
<i>Q. suber</i>		126	389		13.66	530.16
<i>Q. coccifera</i>		138	422		19.73	579.84

Table 4 Tenore di tocoferolo (mg/kg di olio) degli oli di ghianda.

In conclusione, quindi, l'olio di ghiande presenta un profilo simile a quello dell'olio di oliva. In effetti, i tocoferoli e i composti fenolici, come gli acidi fenolici, i flavonoidi e i tannini (che sono stati segnalati come forti antiossidanti naturali), sono considerati i principali composti bioattivi delle ghiande (Cantos et al., 2003, Lopes e Bernardo-Gil, 2005, Rakić et al., 2006, Rakić et al., 2007, Tejerina et al., 2011). Questi componenti sono stati associati a funzioni biologiche, come attività antitumorali, antiallergiche, anti-piastriniche, anti-ischemiche e antinfiammatorie (Ostertag et al., 2011, Heleno et al., 2015).

Per quanto riguarda il contenuto di lipidi, le ghiande si pongono in una posizione intermedia fra i cereali e la cosiddetta frutta secca. La frutta secca ha un contenuto di grassi molto superiore alle ghiande, ma queste la sopravanzano di gran lunga per i carboidrati. Le ghiande si presentano come un alimento di base pari al grano, ma con un contenuto di grassi maggiore. Quindi l'apporto calorico delle ghiande è eccellente, ben superiore a quello del grano e non lontano da quello della frutta secca. Importante è anche il loro contenuto di vitamine A, E e B9 (acido folico): la prima è particolarmente elevata ed una piccola quantità di ghiande fornisce il fabbisogno giornaliero, la seconda funge da forte antiossidante mentre la terza è molto più abbondante rispetto alle farine di grano e frumento, dove addirittura è un elemento che si aggiunge successivamente per fortificarle. La fortificazione con questo elemento ha rappresentato nel corso degli anni un passaggio importante nell'ambito delle politiche sanitarie, in quanto la fortificazione di cereali con l'acido folico è stata finalizzata alla prevenzione primaria dei difetti di carenze vitaminiche.

Vitamine	frutto	ghiande		noci	mandorle	grano	Castagne
	fonte	1	3	4	5	6	7
		valore					
	Unità						
Retinolo (Vit. A)	mcg	0		7,5	0,9	0	0
Vitamina A, IU	IU	47,5					
Vitamina A, RAE	mcg RAE	2,4					
Tiamina (Vit. B1)	mg	0,1		0,4	0,2	0,43	0,15
Riboflavina (Vit. B2)	mg	0,1	0,2	0,1	0,4	0,14	0,52
Niacina (Vit. B3 0 PP)	mg	22	2,4	1,8		5,15	2,07
Acido Panto. (Vito B5)	mg	0,9	0,9				
Piridossina (Vit. B6)	mg	0,6	0,7				
Acido folico (Viti B9)	mcg	0	115				
Folati, totali	mcg	106					
Cobalamina (BI 2)	mcg	0					
A. ascorbico (Vit. C)	mg	0			0	0	

Tabella 5 – Marco Riva, Università degli studi di Scienze Gastronomiche, Bra

Per quanto riguarda le proteine (4.28 g/100 g), la farina di ghiande mostra un valore inferiore a quello di quinoa (13.48), grano saraceno (12.19), frumento (11.54) e farina

di riso (7.33), ma simile al sorgo (4.68), e superiore alla manioca. Per quanto riguarda la composizione amminoacidica, i valori misurati nelle ghiande sono stati comparati con quelli di grano e altra frutta secca (Tabella n 6).

Amminoacidi	Frutto	Ghiande	Noci	Mandorle	Grano
	fonte	1	4	5	6
	unità	Valore			
Acido aspartico	g	0,78	1,4	2,12	0,64
Acido glutammico	g	1,21	2,61	5,10	3,95
Alanina	g	0,43	0,58	0,86	0,47
Arginina	g	0,57	1,89	2,06	0,6
Cisteina	g	1,3	2,02	0,28	0,35
Fenilalanina	g	0,33	0,6	1,01	0,58
Glicina	g	0,34	0,65	1,19	0,50
Isoleucina	g	0,34	0,58	0,8	0,46
Istidina	g	0,21	0,32	0,62	0,29
Leucina	g	0,6	0,93	1,38	0,87
Lisina	g	0,46	0,36	0,46	0,37
Metionina	g	0,12	0,25	0,18	0,20
Prolina	g	0,3	0,6	1,01	1,29
Serina	g	0,32	0,68	1	11,6
Tirosina	g	0,23	0,42	0,59	0,42
Treonina	g	0,29	0,42	0,53	0,39
Triptofano	g	0,09	0,09	0,37	0,13
Valina	g	0,41	2,28	0,99	0,59

Tabella n.6 composizione amminoacidica delle ghiande, paragonate a noci, mandorle e grano (sito Balanofagia, Marco Giovannoni)

Gli amminoacidi essenziali, cioè quelli non sintetizzabili dal nostro organismo e che devono perciò essere assunti con la dieta, sono nove: fenilalanina, isoleucina, istidina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptofano, valina; cisteina e tirosina sono considerati semi essenziali. Gli altri amminoacidi, non essenziali (alanina, acido aspartico, cistina, acido glutammico, glicina, prolina, serina), mantengono ovviamente anch'essi l'equilibrio del bilancio dell'azoto e sono utilizzati per varie attività biologiche. In particolare, nelle ghiande c'è un alto contenuto di arginina, da non sottovalutare la presenza di acido glutammico, a seguire lisina; solitamente questi

amminoacidi sono contenuti in alimenti di origine animale, mentre sono carenti nei vegetali e nei cereali.

Lisina e arginina sono amminoacidi essenziali, la cui principale funzione è la formazione di nuovi tessuti e crescita muscolare. La lisina è importante per il sistema immunitario perché partecipa alla produzione di anticorpi, favorendo così una resistenza alle infezioni e aggressioni esterne, ha anche un effetto inibitorio per alcuni virus specialmente quelli responsabili dell'herpes. Contribuisce alla formazione del collagene, rende la pelle elastica e compatta. Partecipa alla produzione di L-carnitina, un composto responsabile dell'accelerazione del metabolismo dei grassi e della produzione di energia. Risulta quindi una fonte importante per gli sportivi che si allenano ad alta intensità, per le persone anziane, per chi segue diete vegetali e per chi vuole perdere peso.

La lisina ha anche un effetto protettivo sul sistema cardiovascolare, in quanto mantiene la normale struttura delle pareti arteriose. Aiuta a combattere lo stress, l'ansia e combinata ad altri antiossidanti come la vitamina C, previene la formazione e la diffusione delle cellule tumorali.

Il deficit di questi amminoacidi genera debolezza, problemi di memoria e di concentrazione. Mentre il consumo eccessivo di lisina sotto forma di integratore produce un aumento dei livelli di colesterolo e litiasi biliare.

La composizione dei macroelementi varia molto fra una specie e l'altra e da un luogo all'altro, ma anche durante il corso della maturazione delle ghiande, quando i rapporti fra grassi e proteine sembrano mutare. Si veda, ad esempio, la tabella sottostante (Tabella 7) che si riferisce a quattro tipi di ghiande portoghesi con analisi fatte nello stesso laboratorio e con le stesse metodologie. Si può apprezzare il fatto che certi contenuti sono ben diversi fra una specie e l'altra. Altri contenuti invece non variano molto. Ed anche le differenze fra guscio e seme non sono poi così elevate.

	Umidità	Ceneri	Proteine	Lipidi	Carboidrati
Q. suber					
Seme	47,92	2,7	9,01	3,86	85,32
Guscio	34,75	2,09	8	0,97	87,63
Q. faginea					
Seme	35,1	1,93	5,19	3,82	90,86
Guscio	22,58	1,97	6,7	0,5	89,23
Q. nigra					
Seme	43	1,39	5,19	2,54	91,97

Guscio	23,22	0,82	3,82	0,83	94,52
Q. ilex rotundifolia					
Seme	33,98	1,27	4,49	12,01	92,9
Guscio	25,93	1,1	2,24	1,07	95,53

Tabella 7 – CREA Composizione nutrizionale di diverse specie di ghianda (sito sulla Balanofagia, curato da Marco Giovannoni 2019)

Per quanto riguarda i sali minerali, sono rappresentati nella tabella 2 (Profilo di acidi grassi e minerali della farina di ghiande). I risultati presentati come valore medio e rispettiva deviazione standard, rappresentano il potassio (K) come il minerale maggiormente presente nella farina di ghianda con circa 700 mg 100/g. Una quantità molto elevata rispetto ad altre farine comuni come ad esempio il grano, il sorgo o l'avena i quali solitamente presentano valori molto più bassi. È un aspetto molto rilevante, in quanto il potassio ha un ruolo importante per il benessere umano regolando varie attività fisiologiche, prevenendo l'insorgenza di patologie legate alla struttura ossea e muscolare.

Per quanto riguarda la composizione fenolica, i tannini sono particolarmente presenti nelle ghiande e sono i responsabili della sensazione astringente “allappante”, che proviamo quando mangiamo cibi o bevande come il vino rosso, i cachi o i carciofi crudi. Si tratta di composti polifenolici, molecole molto complesse nelle quali si inseriscono diversi tipi di fenoli. A loro volta questi ultimi sono conosciuti per disporre di forti caratteristiche antiossidanti. Questa capacità è estremamente apprezzata per combattere infiammazioni, cancro, HIV, infezioni, problemi cardiovascolari, invecchiamento, mutazioni. Al momento sono stati individuati, in varie specie di querce, oltre 70 tipi di fenoli diversi di cui 20 sono catechine e proantocianidine oligomeriche e polimeriche (Zhabg et al., 2015) e tale asse di ricerca sembra molto promettente.

I tannini sono composti prodotti come parte del meccanismo di difesa contro i parassiti e sono stati ampiamente segnalati come benefici per la salute umana, in particolare per le loro proprietà anti-carcinogene e antimutagene; tuttavia, la loro attività anti-nutrizionale deve sempre essere presa in considerazione, nonostante la dose che causa questo effetto negativo sia ben oltre il livello che una persona ingerirebbe durante la normale assunzione di cibo (Chung e altri 1998). L'alto contenuto di tannini potrebbe essere diminuito sottoponendo le ghiande a una

procedura di cottura, riducendo così anche le loro proprietà astringenti. Riguardo il processo di cottura, Rakić e altri (2006) hanno studiato l'influenza del trattamento termico sulle caratteristiche fisiche e nutritive dei campioni di ghianda, in particolare sul contenuto di polifenoli totali, composti azotati e macro- e microelementi, concludendo che tutti i componenti non vengono persi con il trattamento.

Come altri polifenoli, i tannini possiedono attività antiossidanti e antimicrobiche, quest'ultima è principalmente giustificata dalla loro capacità di inibire gli enzimi idrolitici (proteasi e carboidrolasi), legare le proteine di trasporto dell'involucro cellulare e inattivare le aderenze microbiche (Sung et al., 2012).

I composti fenolici sono classificati come una delle sostanze fitochimiche presenti negli alimenti (le altre categorie sono carotenoidi, alcaloidi, composti contenenti azoto e composti organosolfurati), con una vasta gamma di attività fisiologiche, come l'attivazione o la limitazione dell'espressione genica associata ad alcune malattie o alla produzione di enzimi antiossidanti naturali (Yeh e altri 2009). In generale, i composti fenolici sono responsabili delle funzioni fisiologiche, biologiche e biochimiche, principalmente a causa della loro forte attività antiossidante, ma anche a causa delle loro proprietà come stabilizzanti di membrana (Kodad e altri 2014; Żyżelewicz e altri 2014). Inoltre, questi composti sono importanti nella dieta umana per mantenere un livello adeguato di antiossidanti e per contrastare la produzione di specie reattive dell'ossigeno (ROS), specie reattive dell'azoto (RNS) e specie reattive dello zolfo (RSS), nonché la loro successiva neutralizzazione (Moo-Huchin e altri 2015).

L'attività antiossidante è stata principalmente attribuita alla presenza di elevate quantità di composti fenolici negli estratti di ghianda (Cantos e altri 2003; Rakić e altri 2006, 2007; Tejerina e altri 2011).

In uno studio Custódio e altri (2015) hanno analizzato le attività antiossidanti e inibitorie delle foglie e dei frutti di ghianda di *Q. suber* utilizzando 3 diversi solventi (esano, metanolo e acqua). Gli estratti acquosi hanno mostrato la più alta attività antiossidante, misurata dai saggi DPPH (2,2-difenil-1-picrylhydrazyl) e 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-acido solfonico) (ABTS). D'altra parte, gli estratti metanolici di foglie hanno mostrato la più forte attività inibitoria contro l'acetilcolinesterasi, la butirrilcolinesterasi, l' α -amilasi e l' α -glucosidasi. Allo stesso modo, gli estratti metanolici hanno mostrato i più alti tassi di recupero di composti fenolici e flavonoidi (Custódio et al., 2015).

Al contrario, l'acqua si è rivelata un solvente di estrazione migliore per i tannini, il che potrebbe spiegare i migliori risultati ottenuti con estratti acquosi in uno studio condotto per valutare l'attività antiossidante di ramoscelli, foglie e ghiande di *Q. robur* e *Q. petraea* (Popović et al., 2013). Gli stessi autori hanno riportato le ghiande come preziose fonti di sostanze fitochimiche con potenziale uso nelle industrie alimentari e farmaceutiche.

Oltre all'influenza dell'uso di diversi solventi, i potenziali effetti del trattamento termico sulle caratteristiche fisiche e nutrizionali delle ghiande sono stati valutati anche in *Q. robur*, verificando che i tannini idrolizzabili e l'acido gallico erano presenti in tutti i campioni e che il contenuto fenolico non tannino era più alto nei campioni trattati termicamente, mentre il contenuto di tannino mostrava una marcata diminuzione. Questo indicherebbe una degradazione dei tannini durante il trattamento termico con relativa conversione in acido gallico, di conseguenza i campioni trattati termicamente possiedono una maggiore attività antiossidante rispetto alla materia prima (Rakić et al., 2007).

Questo studio ha dimostrato che gli estratti metanolici e acquosi dello strato interno del frutto di quercia (cotiledoni) presentano un'elevata attività antiossidante, come determinato dai saggi DPPH, potere antiossidante ferrico (FRAP) e capacità antiossidante equivalente al Trolox (TEAC). Gli estratti acquosi a 250 e 500 mg/kg hanno mostrato la più alta attività antiossidante e un potenziale epatoprotettivo superiore, suggerendo che questo solvente è un'alternativa migliore, senza gli eventuali effetti tossici dei solventi di estrazione.

Ci sono inoltre studi che hanno valutato l'attività antimicrobica delle ghiande: estratti di ghiande sono stati valutati con 11 ceppi di riferimento (Berahou e altri 2007) con esito più che positivo considerando, e questo può avere dei risvolti interessanti, l'attuale situazione in cui l'uso indiscriminato di diversi antimicrobici ha determinato la diffusione di ceppi resistenti. Inoltre, la domanda di cibo già pronto da mangiare è aumentata negli ultimi decenni, ma tale cibo offre un ambiente di crescita adatto per i batteri produttori di tossine come *S. aureus* (Balaban e Rasooly 2000). Si sta considerando l'impiego delle conoscenze tradizionali per aiutare lo sviluppo di nuovi farmaci di origine vegetale con alto potenziale antimicrobico. In alcuni paesi, le ghiande e altre parti aeree di quercia sono state effettivamente utilizzate come condimenti e conservanti alimentari, a causa delle loro proprietà antimicrobiche. È pratica tradizionale convalidata scientificamente poiché l'estratto etanologico di

ghiande ha presentato buoni risultati nel controllo di varie specie batteriche (Bajalan et al., 2014).

In uno studio che metteva in relazione le caratteristiche di diverse farine senza glutine (GF) tra cui anche il riso nero, è emerso che la farina di ghiande ha il contenuto più alto di polifenoli, con 1,48 mg GAE/g (Rocchetti et al., 2017), ben 10 volte superiore rispetto al riso nero.

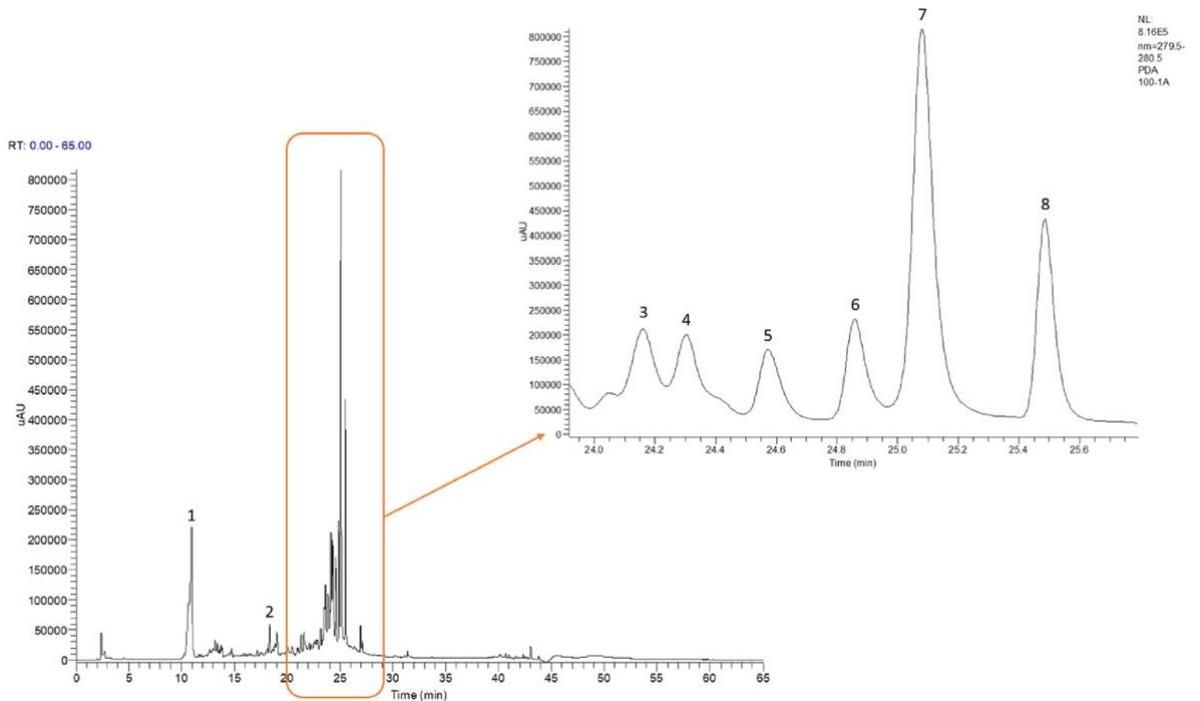


Figura 8 - Profilo fenolico della farina di ghianda con una rappresentazione dello zoom tra 24,0 e 25,0 minuti di tempo di ritenzione registrato a 280 nm., con la corrispondente identificazione di ciascun composto nella tabella 9.

Numero ID*	Identificazione	RT* (min)	Concentrazione (mg g ⁻¹ DW)
1	Acido gallico	10,90	13,27
2	Catechina	18,35	6,11
3	Acido sirigico	24,16	21,23
4	Acido benzoico non identificato	24,33	5,22
5	Acido ellagico	24,57	5,05
6	Rutina	24,86	16,29
7	Flavanol non identificato	25,08	149,15
8	Flavanol non identificato	25,49	65,5

Tabella 9. Composti fenolici identificati nella farina di ghianda, per tempo di conservazione ed espressi in mg/g DW

Risultati presentati come valore medio e rispettiva deviazione standard. Numero ID = numero di identificazione, RT = tempo di ritenzione

Dall'analisi approfondita dei composti fenolici, è emerso che la farina di ghiande contiene almeno otto composti appartenenti alle classi di acidi fenolici e flavonoidi. I composti identificati sono acido gallico, catechina, acido sirigico, acido ellagico e rutina con concentrazioni rispettivamente di 13,27; 6,11; 21,23; 5,05; 16,29 mg/g DW.

L'acido gallico e l'acido ellagico sono i costituenti monomerici dei tannini idrolizzabili (appunto suddivisi in gallotannini e ellagitannini in base al monomero costitutivo). L'importanza della presenza dei tannini idrolizzabili nei tessuti vegetali sta nel fatto che questi composti sono efficaci come repellenti nei confronti dei predatori perché provocano nel loro cavo orale un effetto astringente. È un effetto dovuto alla precipitazione delle proteine salivari ad opera di questi tannini che si legano con le proteine mediante legami idrogeno e ionici. L'interazione tra queste molecole crea una sorte di "rete" fatta di complessi di proteine e tannini che risulta insolubile e precipita. La digestione delle proteine così complessate e la loro assimilazione viene limitata o addirittura impedita, limitando la digeribilità. Inoltre, i tannini possono chelare il ferro e lo zinco rendendoli indisponibili all'assorbimento

e interferiscono anche con l'assimilazione di alcune vitamine, ecco perché è molto importante la scelta della tipologia di ghianda e la lavorazione per renderla commestibile.

La catechina è uno dei principali antiossidanti, una molecola biologicamente attiva che esiste principalmente nel tè, nei legumi, nelle ghiande e foglie della quercia e un'ampia categoria di alimenti. Gli alimenti ricchi di catechina hanno dimostrato di avere un ruolo preventivo e terapeutico nelle patologie intestinali. Il meccanismo molecolare alla base del ruolo biologico delle catechine nella protezione del colon dipende dall'inibizione dello stress ossidativo, dall'attivazione dei composti antiossidanti e dalla regolazione delle cellule di risposta infiammatoria (Liu et al., 2020).

L'acido sirigico è un acido fenolico presente in natura nel mondo vegetale, appartiene alla classe dei composti organici derivati dell'acido gallico. Negli alimenti l'acido sirigico può essere utilizzato per le sue proprietà antiossidanti, come pigmento dato dalla polimerizzazione con laccasi e perossidasi e come sostanza aromatizzante ammessa dall'UE in ambito alimentare.

La rutina è un flavonoide derivato dalla quercetina (quercetina-3-rutinoside), abbondantemente distribuito nelle piante alimentari con proprietà funzionali ed enormi benefici per la salute, che può essere consumato come parte della nostra dieta. Purtroppo, in generale i polifenoli sono molecole termicamente sensibili e subiscono una degradazione durante la lavorazione termica degli alimenti e la loro stabilità termica è influenzata dai componenti alimentari e dal pH, caratteristica importante per fortificare gli alimenti, tra cui pane, biscotti, torte con l'estratto di polifenoli dalle ghiande. Solo alcuni composti sono, però, resistenti alla cottura, ad esempio la rutina migliora la stabilità del colore durante la conservazione e durante i trattamenti termici rimane stabile fino a 100°C.

2.4 Proprietà reologiche

Come detto in precedenza, un vantaggio della farina di ghiande è di essere naturalmente priva di glutine, fatto che la rende un buon candidato per l'utilizzo anche in prodotti panificati. In questo caso, uno degli aspetti fondamentali che si va a studiare è la reologia, cioè le proprietà dell'impasto che si produce dopo il mescolamento con l'acqua e gli altri ingredienti. La Tabella 10 mostra la capacità

della farina di ghiande di legare l'acqua (WBC), tenendo in considerazione le fibre totali, insolubili e solubili e contenuto totale di amido della farina di ghiande.

La capacità di legare l'acqua (WBC) è definita come la quantità di acqua trattenuta dalla struttura della farina (vale a dire amido, fibre, proteine e le sue interazioni) dopo una fase di impastamento. Questo è un parametro fondamentale per la formulazione della panificazione, poiché la quantità di acqua che la farina può legare avrà un ruolo importante sullo sviluppo dell'impasto e, di conseguenza, sulla qualità del prodotto finale.

La WBC della farina di ghiande era di $1,19 \pm 0,06$ g di acqua/g di campione, che è inferiore rispetto ad altre fonti di farina come il riso ($1,38$ g di acqua/g di campione). Ciò era prevedibile a causa del minor contenuto di amido nella farina di ghiande rispetto alla farina di riso ($80\text{--}90$ g/100 g DW). Di conseguenza, la farina di ghiande potrebbe contribuire ad una riduzione della WBC se miscelata con altre farine, tuttavia la complessità delle matrici alimentari, insieme alle interazioni di amido, fibre, proteine, grassi e acqua, non consente di stabilire una causa diretta effetto-risposta.

WBC (g H₂O/g campione)	Fibra totale (g 100 g⁻¹ DW)	Fibra insolubile (g 100 g⁻¹ DW)	Fibra solubile (g 100 g⁻¹ DW)	Amido totale (g 100 g⁻¹ DW)
1,19 ± 0,06	11.40 ± 1.56	10,30 ± 1,13	1.10 ± 0.42	50.90 ± 2,40

Tabella 10. Capacità di legame dell'acqua (WBC), fibra totale, insolubile e solubile e contenuto totale di amido della farina di ghianda.

Risultati presentati come valore medio e rispettiva deviazione standard.

Gli studi hanno dimostrato che il contenuto di fibre della farina di ghiande è simile a quello della farina di grano integrale e superiore alla maggior parte delle fonti botaniche di farina come riso, avena, quinoa, grano saraceno, sorgo, mais e teff (Hager et al., 2012).

La fibra insolubile ha importanza per le prestazioni di cottura in quanto aumenta l'assorbimento di acqua e anche la capacità di rigonfiamento, che influisce sulle proprietà reologiche, portando a una diminuzione della viscosità e di conseguenza di solito riduce il volume e aumenta la consistenza del pane (Föste et al., 2020; Sciarini et al., 2017). In particolare, per la formulazione del pane gluten free (GF), diversi tipi

di fibre sono già utilizzati per compensare gli aspetti reologici legati alla mancanza del glutine e, a seconda del tipo di fibra, se ben bilanciata, si è osservato che la formulazione può sviluppare ulteriori effetti positivi sulla salute come la riduzione dell'indice glicemico, senza ridurre la digeribilità delle proteine (Matos Segura e Rosell, 2011).

Oltre all'elevato contenuto di fibre, la farina di ghiande potrebbe avere proprietà utili per la panificazione, specialmente nel pane senza glutine, grazie anche alle caratteristiche del suo amido, in particolare quelle relative alla gelatinizzazione e alla retrogradazione. Il contributo di viscosità di ogni ingrediente è essenziale per il profilo finale del prodotto finito. Nella farina di ghiande a svolgere questo ruolo sono il contenuto di amilosio di circa 50-60% e di lipidi, caratteri significativi per la buona riuscita di un impasto.

È possibile osservare la curva di pasting della farina di ghiande, nella figura 9, dove C1 rappresenta il valore massimo ottenuto dalla miscelazione delle farine, C2 l'indebolimento delle proteine, C3 la gelatinizzazione dell'amido, C4 la stabilità del gel e l'attività dell'amilasi e C5 la retrogradazione dell'amido (Dang e Bason, 2015). Il valore massimo (C1), è stato ottenuto con una temperatura costante di 30°C rivelando un valore di Torque di 17 mN*m. Successivamente, la viscosità minima (C2), corrispondente all'indebolimento delle proteine, si è verificata a 71 °C con un calo del valore di 1 mN*m. Dopo il processo di riscaldamento, la viscosità è aumentata fino a raggiungere il picco (C3), coerente con la gelatinizzazione dell'amido a 85 °C, e un valore di Torque di 87 mN*m.

Con l'aumento della temperatura, e il continuo assorbimento di acqua, i granuli raggiungono il punto di rottura, e la viscosità inizia a diminuire fino a raggiungere un minimo (C4), che si verifica a 90°C mostrando un valore di coppia di 68 mN*m. La viscosità di rottura è la differenza tra C3 e C4 (19 mN*m), che rappresenta la resistenza al calore e al taglio. In altre parole, quando la viscosità di rottura è inferiore, significa una maggiore resistenza dei granuli di amido al calore e allo sforzo di taglio. Infine, il test è terminato quando la temperatura si è abbassata (50 °C), con la retrogradazione dell'amilosio, e raggiungendo il valore di viscosità più elevato di 129 m*Nm, che supporta la previsione delle caratteristiche della consistenza del prodotto finale. Il valore più interessante è la differenza tra C5 e C4 (61 mN*m) ed è un indicatore della capacità dell'amido di subire retrogradazione.

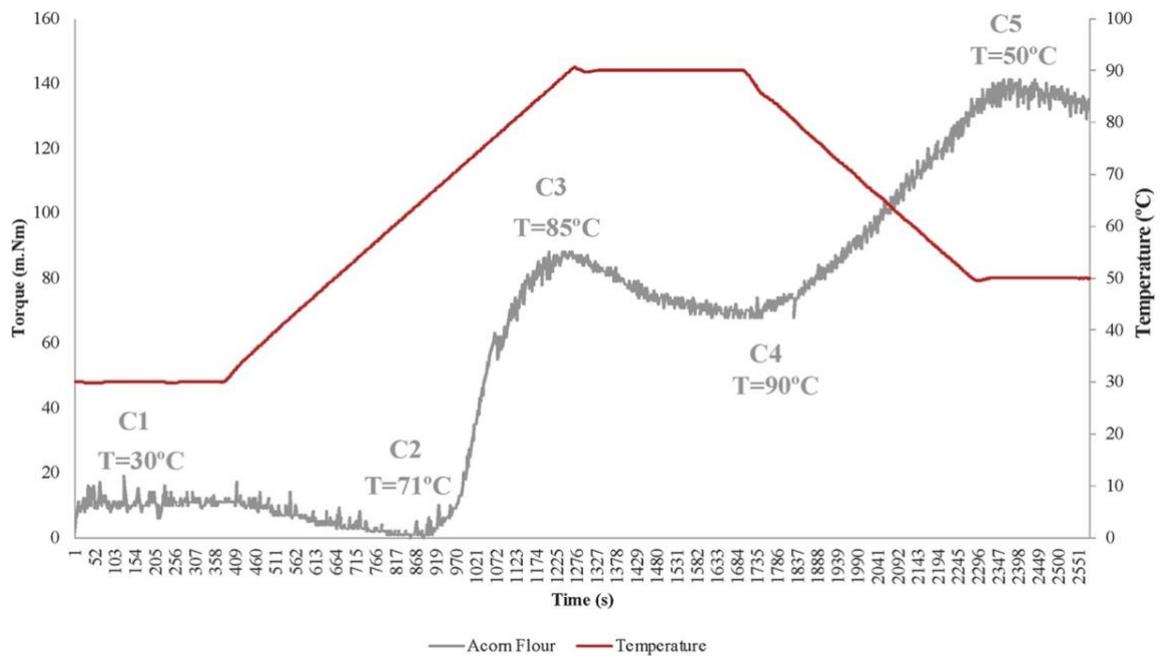


Figura 11 – Curva di impastamento della farina di ghiande: valore di Torque ($m \cdot Nm$) nel tempo (s) e nel riscaldamento ($^{\circ}C$).

La struttura dell'amido di ghianda è associata a una minore lisciviazione dell'amilosio e a un grado inferiore di gelatinizzazione, e anche la temperatura di gelatinizzazione più alta conferma una maggiore resistenza al rigonfiamento rispetto all'amido di altre farine. Inoltre, una minore viscosità di gelatinizzazione rivela anche una ridotta capacità di rigonfiamento (Correia et al., 2013). Tuttavia, una ricerca condotta su *Quercus rotundifolia* in Algeria (Boukhelkhal e Moulai-Mostefa, 2017), presentava un contenuto di amilosio inferiore (circa il 20%), sebbene l'intervallo di temperatura di gelatinizzazione ($71,0\text{--}88,1\text{ }^{\circ}C$) fosse simile a quello ottenuto nel presente lavoro ($85\text{ }^{\circ}C$). Secondo Correia et al. (2013) l'elevata consistenza immediatamente dopo il raffreddamento suggerisce un grande potenziale di utilizzo delle farine di ghiande nell'industria alimentare e in altri settori.

Il suo comportamento durante l'impastamento rivela un'elevata gelatinizzazione e resistenza al calore e allo sforzo di taglio, dimostrando che la farina di ghiande potrebbe dare un importante contributo alla consistenza e alla struttura, a seconda del tipo di prodotto sviluppato.

D'altra parte, l'impasto senza glutine non è in grado di formare una rete proteica simile a quella del glutine. La mancanza di glutine ha un effetto critico sulla reologia dell'impasto (meno coeso ed elastico) e sull'aspetto sensoriale del prodotto finale. Non esiste una materia prima o qualsiasi altro ingrediente in grado di sostituire

completamente il glutine. Solo la combinazione di diversi ingredienti e le loro interazioni, con tecnologie adeguate, possono migliorare la qualità del pane senza glutine. Pertanto, sono necessari ingredienti innovativi con proprietà strutturali, nuovi approcci e processi.

Diversi sono gli autori che hanno tentato l'incorporazione della farina di ghianda nei biscotti e nel pane contenente glutine, in combinazione con grano e orzo: in tutti gli studi svolti, l'incorporazione della farina di ghianda fino a una proporzione specifica ha migliorato la qualità dei diversi prodotti finali, sia nelle caratteristiche nutrizionali che sensoriali. (Gribaudo, Dorling Kindersley, 2019).

Fernandes e colleghi (Libona 2019) hanno sviluppato e analizzato una ricetta senza glutine contenente farina di ghiande che ha mostrato risultati promettenti, a base di farina di grano saraceno, farina di riso e fecola di patate, con HPMC (idrossi propil metil cellulosa) come agente gelificante. L'impasto di controllo (C) è stato preparato senza aggiunta di farina di ghianda. Sono stati condotti saggi preliminari per regolare il contenuto di acqua. Sono stati testati due livelli di incorporazione di farina di ghianda, 23% p/p (campione A23%) e 35% p/p (campione A35%) della miscela totale di farine, rispettivamente, 50% e 75% rispetto alla farina di grano saraceno. Le tre formulazioni studiate sono riassunte nella Tabella 12.

Ingredienti (%)	Controllo (C)	Ghianda (A23%)	23%	Ghianda (A35%)	35%
Farina di grano saraceno	46,0	23,0		12,0	
Farina di riso	31,0	31,0		31,0	
Fecola di patate	23,0	23,0		23,0	
Farina di ghianda	0.0	23,0		35.0	
Olio di girasole (in relazione alle farine)	5.5	5.5		5.5	
HPMC (in relazione alle farine)	4.6	4.6		4.6	
Lievito essiccato (in relazione alle farine)	2.8	2.8		2.8	
Zucchero (in relazione alle farine)	2.8	2.8		2.8	
Sale (in relazione alle farine)	1.8	1.8		1.8	
Assorbimento d'acqua (14% umidità)	65,0	63,0		62,0	

Tabella 12 – Formulazione dei campioni di pasta senza glutine (GFD) e dei rispettivi codici.

Le proprietà di impastamento delle miscele di farina sono state testate seguendo il protocollo di cottura Micro-doughLAB 2800 (Perten Instruments, Sidney, Australia). Le curve delle miscele di farina e delle farine pure, sono rappresentate nella Figura 11, con i punti principali contrassegnati da un cerchio blu.

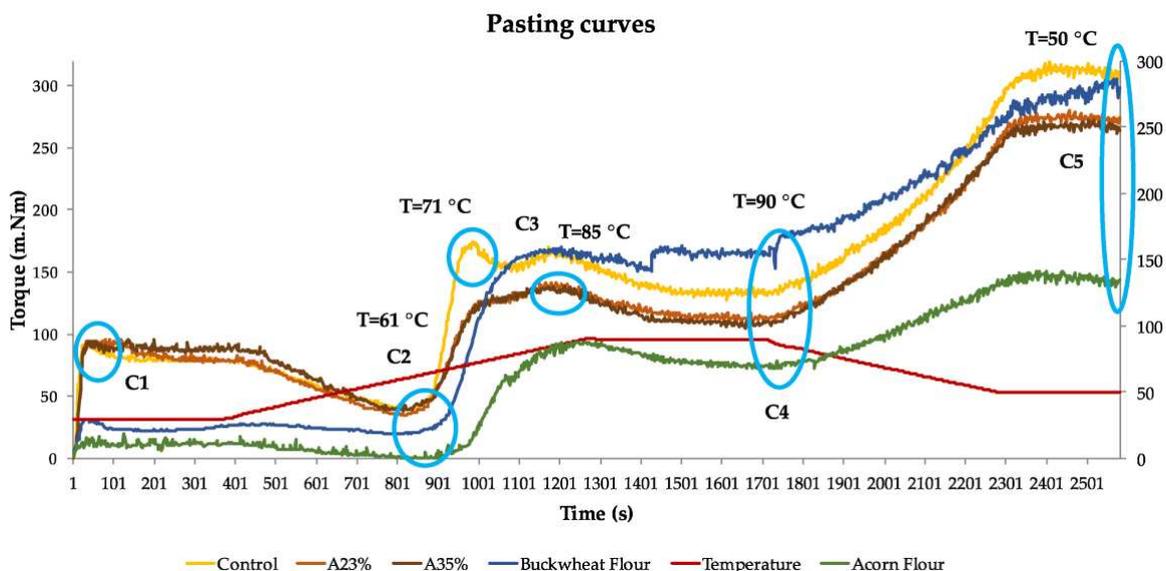


Figura 13 – Curve di impastamento delle farine di miscela testate: controllo, A23% e A35%, e anche farina di grano saraceno e ghianda.

È possibile osservare il valore massimo delle curve di miscelazione delle farine, che è rappresentato in C1, con una temperatura costante di 30 °C. Dopo 6 minuti, la temperatura inizia a salire. Il grafico mostra la diminuzione della viscosità fino ad un valore minimo C2 raggiunto a 61 °C, corrispondente all'indebolimento delle proteine. Nello stesso stadio (C2), le farine pure mostravano un valore minimo di viscosità, alla stessa temperatura, ma con una diminuzione inferiore rispetto alle miscele.

Lungo il processo di riscaldamento, i granuli di amido trattengono l'acqua e si gonfiano, il che si traduce in un aumento della viscosità, fino al raggiungimento del picco di viscosità (C3) e indica la capacità di legame dell'acqua e la gelatinizzazione dell'amido (Sciarini et al., 2010).

La miscela di farine di controllo ha raggiunto il picco di gelatinizzazione (175 m*Nm) a 71 °C mentre entrambe le miscele di farina di ghianda a 85 °C, ma con un picco inferiore (137 m*Nm). Dalla curva della farina di ghianda da sola, che ha mostrato un picco più basso (87 m*Nm), è possibile capire questo comportamento, dove la presenza della farina di ghianda ha diminuito la viscosità delle miscele A23% e A35%. La farina di grano saraceno presenta un picco di viscosità più elevato, così come la miscela di controllo, dove questa farina è presente nella quota del 46%. Nei prodotti gluten free, la gelatinizzazione dell'amido svolge una funzione essenziale,

poiché ha l'attitudine a intrappolare le bolle di gas nella propria matrice, promuovendo la capacità di trattenere il gas dell'impasto (Abdel et al., 2009).

La gelatinizzazione dell'amido dipende dalle caratteristiche dell'amido e dalla sua capacità di rigonfiarsi. Inoltre, gli amidi stabiliscono interazioni con l'addensante HPMC (idrossipropilmetilcellulosa), un fatto che contribuisce anche alla massima viscosità dell'impasto raggiunta durante la gelatinizzazione. La farina di grano saraceno ha circa il 60% di amido, con circa il 25% di amilosio, mentre la farina di ghianda ha circa il 50% di amido di cui il 55% è amilosio. Alcuni studiosi affermano che il contenuto di amilosio e lipidi siano una delle cause principali delle differenze tra la capacità di rigonfiamento degli amidi. Si suppone che un contenuto lipidico più elevato diminuisca la capacità di rigonfiamento dei singoli granuli. Tuttavia, quando il contenuto di amilosio è alto, l'effetto dei lipidi è secondario, e un alto contenuto di amilosio ridurrebbe il rigonfiamento dell'amido. La maggiore temperatura di gelatinizzazione della farina di ghiande, indica di fatto una maggiore resistenza al rigonfiamento dell'amido di ghianda. Mentre una maggiore viscosità rivela la presenza di un amido con una maggiore capacità di rigonfiamento, così come avviene nella farina di grano saraceno.

La fase successiva è caratterizzata da una viscosità che diminuisce fino ad un minimo (fase di decompressione). Questo accade quando il granulo assorbe tanta acqua da raggiungere il suo punto di rottura, mentre la temperatura continua ad aumentare. Come possiamo vedere dai risultati, la rottura (C4) si verifica alla fine di 90 °C con un picco più alto (132 m*Nm) per la pasta di controllo e più basso (110 m*Nm) per entrambe le miscele di ghiande. La farina di grano saraceno ha mostrato il picco più alto (154 m*Nm) e quella di ghianda il più basso (68 m*Nm), rivelando il contributo che ogni farina pura ha nelle rispettive miscele, in base ai diversi livelli di incorporazione nell'impasto.

Quando la temperatura dell'amido gelatinizzato si raffredda, la viscosità aumenta fino alla fine del test (C5), il momento in cui possiamo vedere la formazione di un gel, risultante dalla retrogradazione dell'amilosio. Per quanto riguarda la figura 13, è possibile osservare che il picco di retrogradazione è abbastanza simile tra la miscela di controllo (305 m*Nm) e la farina di grano saraceno puro (300 m*Nm), mentre le miscele di farina di ghianda presentano un picco inferiore, rispettivamente, A23% (270 m*Nm) e A35% (262 m*Nm). In effetti il picco della farina di ghianda pura era il più basso (129 m*Nm), ma nonostante questa bassa viscosità è possibile

riconoscere che le miscele di farina di ghianda hanno una viscosità piuttosto alta, se confrontata con la farina pura. Gli effetti sinergici tra gli amidi, le proteine, l'HPMC e le fibre, e anche la proporzione di farina di ghianda nelle miscele, possono spiegare perché queste miscele sono in grado di mantenere una viscosità più elevata nel processo di retrogradazione. La retrogradazione dell'impasto è influenzata dal contenuto di amilosio e anche dalla disposizione strutturale delle catene di amido. Secondo Hager et al. (2015), l'amido di grano saraceno presenta una forma granulare, mentre i granuli di amido di ghianda mostrano una forma sferoide/ovoide e cilindrica. Infine, è anche importante menzionare il ruolo che le proteine hanno nel comportamento reologico dell'impasto, contribuendo anche alle funzioni di sostituzione del glutine. Diversi autori affermano che le interazioni tra i diversi tipi di amido e le proteine avrebbero un'influenza sulle caratteristiche reologiche dell'impasto, influenzando anche le proprietà di rigonfiamento dell'amido. Per quanto riguarda gli impasti presi in considerazione, il contenuto proteico medio del grano saraceno è del 12% mentre quello della farina di ghianda è del 4,5%.

Di conseguenza avremo un contenuto proteico inferiore sulle miscele A23% e A35%, che influenzerà le interazioni proteina-amido e di conseguenza il comportamento dell'amido. Il profilo di texture (TPA) mostra i dati di consistenza e coesione (Figura 12). L'incorporazione di entrambi i livelli di farina di ghianda, 23% e 35%, ha aumentato significativamente ($p < 0,05$) la consistenza dell'impasto rispetto al controllo. Tra i due impasti di farina di ghianda, la consistenza è significativamente ($p < 0,05$) più alta in A23% rispetto all'A35%. Per il livello più basso di incorporazione, è stato possibile ottenere un impasto più strutturato, che corrisponde a un valore di consistenza più elevato. Per il 35% di incorporazione della farina di ghianda, l'estensione della rete sviluppata è più debole, con conseguente impasto più morbido, simile al controllo. Probabilmente, l'eccesso di amido di ghianda ha causato l'indebolimento di questa rete, come visto nel grafico precedente.

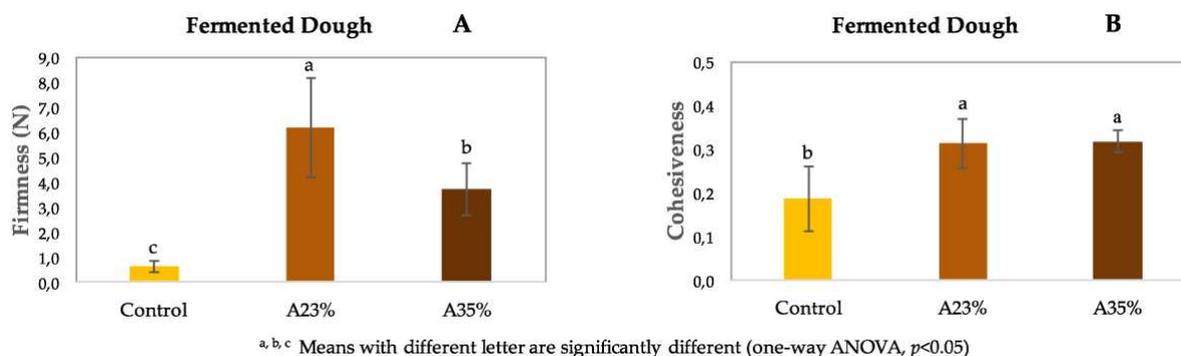


Figura 14 - Consistenza (A) e coesione (B) degli impasti GF (controllo, A23% e A35%).

La consistenza dell'impasto con il 35% di farina di ghianda è comunque significativamente superiore all'impasto di controllo. I risultati mostrano che la sostituzione parziale della farina di grano saraceno con farina di ghianda migliora la consistenza dell'impasto, per entrambi i livelli di farina di ghianda.

È possibile osservare che l'incorporazione della farina di ghianda nella formulazione, con la riduzione della quota di farina di grano saraceno, aumenta la coesione dell'impasto. Si conclude che gli amidi di ghianda hanno la capacità di contribuire a una struttura coerente.

L'aumento di tali parametri è a causa della composizione nutrizionale della farina di ghianda rispetto alla farina di grano saraceno. Come accennato in precedenza, la farina di ghianda ha un contenuto più elevato di fibre (9,5%-11,5%) e grassi totali (8,5%), rispetto alla farina di grano saraceno con circa il 2% di fibre e il 5% di grassi totali. Le fibre hanno la capacità di legare l'acqua e formare un gel con conseguenti effetti positivi sulla consistenza, migliorando sia la consistenza che la coesione, parametri importanti negli impasti GF, in quanto hanno una grande influenza sulla qualità e accettazione del pane.

Per quanto riguarda il colore dell'impasto, è possibile osservare un aumento dell'indice di doratura. Questo effetto sull'impasto è importante, in quanto contribuirà al miglioramento del colore del pane. È un parametro rilevante quando si osservano le preferenze dei consumatori. Per il pane GF, questa caratteristica è ancora più importante, poiché esso presenta spesso colori pallidi rispetto alle loro controparti di sola farina di grano.

Molti sono gli studi che hanno implementato l'uso della farina di ghiande per sviluppare prodotti funzionali innovativi in torte di grano, in biscotti di farina di grano e mais e in alimenti senza glutine, con l'obiettivo di migliorare la consistenza, i profili sensoriali, nutrizionali e antiossidanti dei prodotti finali. Gli autori hanno concluso che fino a un certo livello, l'aggiunta di farina di ghianda ha avuto un impatto positivo.

Dai test effettuati (Figura 15) per il pane senza glutine GF si può intuire il comportamento della farina di ghiande in termini di lievitazione, aroma e sapore.

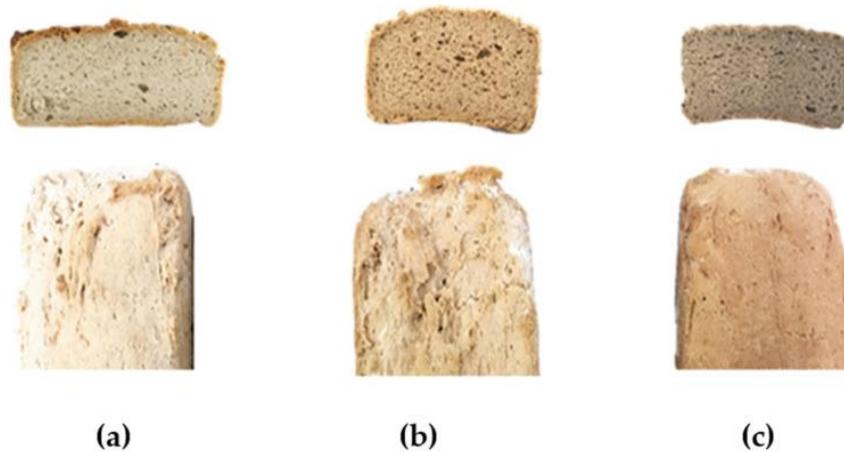


Figura 15 – Pane senza glutine senza farina di ghianda. Controllo (a), con A23% (b) e A35% (c) di farina di ghianda.

Il colore del pane è influenzato dai colori dei suoi ingredienti, nonché dalle reazioni che si verificano durante il processo di cottura. Mentre il pane è cotto, si verificano cambiamenti fisico-chimici, specialmente sulla superficie del pane, che sono principalmente responsabili del colore della crosta. Queste reazioni (Maillard e caramellizzazione) producono composti colorati durante la cottura, dando origine alla doratura. Le reazioni di Maillard si verificano in presenza di zuccheri riducenti, aminoacidi e composti contenenti azoto. D'altra parte, le reazioni di caramellizzazione, si verificano a causa della presenza di carboidrati, compreso il saccarosio, e riducendo gli zuccheri per riscaldamento diretto.

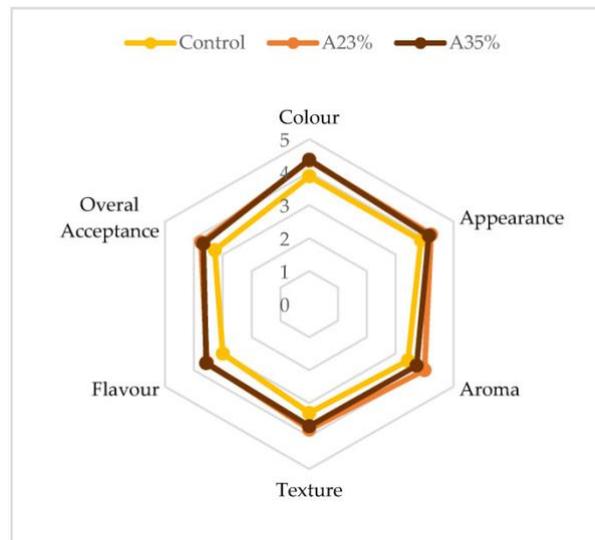


Figura 16- Analisi sensoriale del pane GF: controllo, 23% e 35% incorporazione di farina di ghianda.

Lo studio preso in considerazione dimostra come l'aggiunta della farina di ghianda tra il 20% e il 40% ha migliorato colore, la struttura e porosità rendendo il pane GF più scuro e più attraente nell'aspetto. Pertanto, l'aggiunta della farina di ghianda fornisce nutrienti e composti bioattivi (esempio composti fenolici) consentendo l'arricchimento del pane senza glutine e allo stesso tempo avere caratteristiche sensoriali attraenti.

3. Tecnologia di produzione della farina di ghiande

La parola "farina" deriva da "farro" e quando parliamo di farina intendiamo il prodotto ottenuto dalla macinazione di cereali (grano, orzo, mais, riso...) e pseudo-cereali (grano saraceno, amaranto, quinoa...) di legumi (piselli, ceci...) o dalla lavorazione di frutta secca (nocciole, mandorle...). Per definizione, quando parliamo di farina senza specificazioni intendiamo sempre e comunque quella di grano e per tutte le altre dobbiamo aggiungere a cosa ci stiamo riferendo per esempio: farina di mais, farina di riso, farina di mandorle.

L'ottenimento della farina di ghiande avviene con le seguenti fasi di lavorazione: la raccolta mediante l'utilizzo di scuotitori pneumatici o aspiratori nel periodo autunnale; la defoliazione, pulitura e lavaggio, in cui si tolgono terra e terriccio e avviene l'espulsione delle cupole (i cappucci) e l'allontanamento di frammenti lignei, sassi e pietre grandi; successivamente si provvede con la cernita manuale, dove si

tengono solo le ghiande mature e intatte senza fessurazioni o attacchi dal Tonchio della ghianda, il quale rende il frutto non utilizzabile. Dopodiché si sceglie il metodo per ridurre i tannini, i quali creano una sensazione sgradevole in bocca, cercando comunque di mantenere il più possibile i composti fenolici per giovare i consumatori delle loro caratteristiche favorevoli come le capacità antiossidanti e anti-invecchiamento. Le metodiche disponibili sono le seguenti:

- a. Lisciviazione delle ghiande in acqua corrente fredda: il tannino è idrosolubile quindi l'acqua usata come solvente lo discioglie e lo allontana. È un sistema tecnico che si adoperava con le ghiande fresche, lavate intere e non sbucciate, consiste nel metterle in un sacco traforato o in un panierino e immergerle in acqua corrente o con un minimo flusso. Alcune aziende prese in esame, effettuano ripetuti cicli di lavaggi con acqua e ammollo per la durata di circa 15 giorni. Dopo questo processo le ghiande risulteranno essere più dolci.
- b. Lisciviazione della farina in acqua corrente calda o fredda: la farina contenuta in un bacino di sabbia, viene fatta attraversare da flussi di acqua per dilavare il tannino e renderla dolce. Il lato negativo di questo metodo è la difficoltà di riproduzione e la possibilità di perdere prodotto che se ne va via con l'acqua. Il processo può essere fatto in acqua fredda e calda, nell'ultimo caso risulta essere un metodo più veloce, ma secondo alcuni puristi ritengono che il sapore della farina sia meno autentico rispetto alla lisciviazione in acqua fredda.
- c. La bollitura, in ambito casalingo è un sistema più o meno rapido e di facile utilizzo in quanto la durata di questa fase continuerà fino ad avere acqua ragionevolmente chiara e sapore non amaro. Il processo è più o meno lungo in base alla tipologia di ghianda utilizzata. Mentre, in ambito industriale si ricorre all'utilizzo dell'autoclave, dove l'acqua all'interno è mossa in continuazione e si fa riferimento all'estrazione turca di tannini che avviene a 85°C per 80 minuti. Le acque scure ritirate dalla pentola sono ricche di acido tannico e possono essere utilizzate in agricoltura in quanto hanno un effetto di stimolazione di crescita e di potenziamento delle difese naturali delle piante.
- d. L'utilizzo del vapore, le ghiande si dispongono in setacci e sottoposte a flusso di vapore per il tempo necessario per eliminare il più possibile i tannini. Al termine del processo le ghiande vengono successivamente essiccate al forno

e macinate. Il lato negativo di questa procedura è la breve durabilità del prodotto finito di circa 3 mesi al fronte dei 6 mesi tradizionali.

- e. La fermentazione delle ghiande in recipienti chiusi con l'acqua che viene cambiata ogni certo numero di giorni, tipicamente, una volta a settimana. Durante questo tempo le ghiande hanno la tendenza a subire un piccolo e lento processo di fermentazione, che riprende dopo ogni cambio durante i diversi cicli di sostituzione dell'acqua. È da ritenersi che questa leggera fermentazione favorisca la degradazione dei tannini, ed è anche molto probabile che migliori la digeribilità del prodotto. Non vi sono informazioni sull'utilizzo del liquido fermentato come bevanda o starter da utilizzare per altri utilizzi.
- f. Congelamento delle ghiande fresche, lavate e intere vengono congelate per alcune settimane e conservate. Metodo vantaggioso perché subito dopo la raccolta vengono congelate al riparo di ogni attacco di insetti, roditori e muffe fino al momento e nella quantità del bisogno. A quel punto le ghiande vengono scongelate, essiccate (ciò può risultare più semplice se nel frattempo è arrivata la primavera), sgusciate e macinate ottenendo una farina senza astringenza. Tale tecnica viene per il momento usata soprattutto per conservare il colore chiaro del seme delle ghiande che con l'essiccazione tende a scurirsi. Invece le ghiande congelate possono dare, in qualsiasi momento dell'anno, una granella o delle scaglie di colore chiaro, molto utili per adornare la superfici di dolci e biscotti, come si usa fare con le mandorle o le nocciole.
- g. Metodo sotto sale: le ghiande raccolte, lavate e brevemente asciugate, vengono stratificate con il sale da cucina, uno strato di ghiande e uno di sale. Dopo un mese, vengono tolte dal sale e sciacquate. Il risultato finale saranno delle ghiande salate ma senza tannini.
- h. Metodo con bicarbonato di sodio, si fanno riposare le ghiande in acqua e bicarbonato per 12-15 ore e si sciacquano bene successivamente. È stata dimostrata l'efficacia di un ambiente basico per diminuire di molto la concentrazione di tannini in quanto si ha una loro idrolisi. Questo fenomeno spiega probabilmente anche il motivo per cui, in tempi passati, i popoli sardi e gli indiani Californiani, aggiungevano durante la bollitura delle ghiande della cenere o dell'argilla che apportava caratteri basici alla miscela. A questo

metodica, si affianca il metodo Turco, che consiste nel raccogliere e lavare le ghiande, perforarle con un ago di legno o di osso (non si metallo per non farle annerire) per far penetrare meglio il bicarbonato di calcio, e seccarle al sole per qualche giorno. Poi si distendono in fosse profonde scavate nel terreno arenoso e soleggiato, si ricopre con altra terra e calce e si lasciano riposare per 15-20 giorni. Al termine si recuperano e si mettono in deposito. Durante il periodo sottoterra avranno subito una fermentazione e con la presenza del carbonato di calcio i tannini saranno stati neutralizzati. Dopo questo trattamento le ghiande si presentano dolci e facilmente digeribili.

Dopo la riduzione dei tannini si procede con la sgusciatura, in cui si ha la separazione tra il guscio legnoso e il frutto mediante macchine sgusciatrici utilizzate per le castagne o per la frutta secca.

La tostatura o essiccamento: le ghiande perdono lo strato di pelle esterno che ricopre il seme (simile a quella che ricopre le noci o le arachidi) il quale contiene molti tannini. Inoltre, solo dopo un certo tempo di essiccamento si riescono a sbucciare le ghiande, questo perché il seme interno diminuisce leggermente le proprie dimensioni e in questo modo si distacca più facilmente dalla scorza legnosa che diventa fragile. Il processo non è molto diverso da quello che si usava tradizionalmente per il caffè. Si pongono le ghiande in un cilindro forato e dotato di piedi, posto sul camino e girato con una manovella. Il tempo e la durata sono variabili, i risultati migliori si sono ottenuti a 200°C per un'ora. A livello casalingo, si possono tostare in forno a una temperatura inferiore di 120°C per due ore, muovendo di tanto in tanto la massa di ghiande. Per ridurre i frutti di ghiande in farina si procede con la molitura, fase in cui i frutti si riducono in farina più o meno grossolana in base all'esigenze del cliente finale e del tipo di prodotto da ottenere.

Ci sono esempi commerciali di aziende italiane ed estere che ad oggi producono farina di ghianda e prodotti con questo ingrediente: c'è l'azienda il Gobbo a Lucca in Toscana, a conduzione familiare, capitanata al femminile da Elisa Ciambelli che con grande maestria e passione segue con gran cura tutte le fasi di raccolta e lavorazione delle ghiande producendo farina e pasta senza glutine con farina di ghiande e riso. Sempre nel territorio toscano c'è l'Azienda agricola Poggio a Cappiano fra Firenze e Pisa, che oltre a produrre olio extravergine di oliva, possiede un buon numero di lecci (circa 120-150 piante) con mediamente 60 anni di età, da cui ricava ghiande, di cui

una parte viene venduta ai produttori di suini di pregio e un'altra viene detannizzata ed essiccata per l'utilizzo umano (Mazzantini Fabrizio 2023).

All'estero, molti sono i paesi che sfruttano su larga scala questa risorsa, per esempio in Polonia, l'azienda Dary Nature produce farina, biscotti e torte con le ghiande.

In Portogallo ci sono vari mulini che si occupano delle ghiande, così come in Turchia che è il maggior produttore al mondo di farina di ghiande. Oltre all'utilizzo umano, in Turchia l'impresa Artu Kimya sfrutta anche gli scarti di lavorazione come il guscio legnoso o la pellicola che ricopre il frutto, ricavando tannino naturale non sintetico utile per l'industria della concia delle pelli.

3.1 Altre applicazioni alimentari

La farina di ghianda oltre ad essere utilizzata come ingrediente si può usare per produrre molteplici bevande, ad esempio è un ottimo sostituto del caffè. Negli anni passati di povertà si usavano le ghiande quando le famiglie non disponevano del caffè, oggi invece è diventato un sostituto del caffè e bevanda tipica di alcuni paesi come la Turchia, dove si prepara una modalità di caffè che si chiama "caffè alla turca". Il procedimento per ottenere il caffè di ghiande è lo stesso per la farina, l'unico passaggio che cambia è il tempo di essiccazione delle ghiande, sostano per un tempo maggiore per innescare un processo di fermentazione utile a rendere il sapore più rotondo e "nutty", oltre a rendere i frutti anche più facili da lavorare nelle fasi successive. Dopodiché come per il caffè tradizionale si procede con la macina per ridurre il composto in polvere mediante l'utilizzo di un pestello e mortaio. La polvere ottenuta dovrà essere ulteriormente tostata in forno per evitare il rischio di muffa e irrancidimento. Per preparare il caffè di ghianda si usano due o tre cucchiaini di polvere in un bricco e si aggiungono 200 ml di acqua, si porta a bollore per 3 minuti, si filtra con un colino e si gusta da solo o con aggiunta di zucchero, latte, miele, cacao. Il gusto di questa bevanda ricorda il caffè d'orzo e non risulta per nulla amaro. Il vantaggio del caffè di ghianda è che non ha caffeina.

Il caffè di ghianda si trova prettamente su internet, in erboristerie specializzate o in negozi etnici, a un prezzo che oscilla tra 3,00 - 11,00 €. Esempio confezione da 200 g di caffè di ghiande in polvere con cardamomo e zenzero "Kawa" di Dary Nature costa 14,49 zloty polacchi che in euro sono €3,35.

Tra le bevande ci sono anche i liquori, in Italia Fabio Depperu ha creato la prima acquavite “Làndhe” al mondo con le ghiande della Sardegna per questo rientra nella guida 2021 Euro-Toques Italia.

4. Conclusione

Il presente studio integra la letteratura già esistente riguardante l'uso della farina di ghiande nel consumo umano odierno. Poiché studi precedenti avevano già fornito del materiale a riguardo sulla sotto valorizzazione delle ghiande come alimento o ingrediente per diete senza glutine. In questa tesi, è stata analizzata l'importanza dell'integrazione della farina di ghiande nell'alimentazione, prendendo in esame i benefici per la salute umana, l'impatto positivo sulla reologia degli impasti senza glutine e la tecnologia per produrre questa particolare farina.

Sulla base dei risultati ottenuti, possiamo affermare che l'innovazione della farina di ghiande, può contribuire alla crescita economica di una nicchia italiana sia come ingrediente da utilizzare singolarmente, sia da miscelare ad altre formulazioni di ricette con e senza glutine, oltre a creare bevande alcoliche e sostituti del caffè.

I risultati hanno importanti implicazioni per la pratica e la ricerca futura. Le indagini potrebbero concentrarsi sulla valutazione di nuove tecnologie o applicazioni per costituire alimenti funzionali.

Questa ricerca, si concentra esclusivamente su aspetti di tipo tecnologico alimentare e benessere umano. Una volta messi a fuoco anche i fattori storici, geografici e botanici i risultati risultano essere interessanti.

Le ghiande, il frutto della quercia di tipo bianca, può essere resa commestibile dopo una serie di lavorazioni atte ad a diminuire il contenuto di tannini, composti che rendono amari e poco appetibili i frutti. Dopodiché le ghiande si lasciano essiccare e tostare così come sono o macinate per essere ridotte in farina o in un surrogato del caffè. La polvere che si ottiene è naturalmente priva di glutine, ricca di amminoacidi essenziali, vitamine, fibre e grassi buoni. Utile per essere incorporata ad alimenti senza glutine per aumentarne il volume di crescita, il colore, l'aroma, il valore nutrizionale per le diete povere di glutine, utilizzata per creare altre tipologie di panificati o usata per le sue proprietà addensanti e stabilizzanti. Inoltre, la farina di ghiande è molto bassa sulla scala dell'indice glicemico, il che significa che causa molto meno il picco di zucchero nel sangue rispetto a un prodotto a base di mais e frumento. L'aggiunta di ghiande nella dieta migliora il sapore e aumenta la quantità di grassi sani (alto contenuto di acido oleico, un acido grasso monoinsaturo indicato per abbassare il colesterolo LDL e aumentare il colesterolo HDL).

La mia esperienza di ricerca mi ha fatto apprezzare l'importanza di una dimenticata materia prima, un tempo utilizzata in anni di carestia, oggi invece un alimento di cui vantarsi e per pochi visto il prezzo di vendita molto alto.

Spero che i risultati di questa mia ricerca possano essere utilizzati per sviluppare nuove strategie efficaci per sviluppare ricette di alimenti con e senza glutine e dare maggiore rilevanza economica alle querce che sono un'eccellente carta da giocare per il ripristino degli ambienti deforestati, impoveriti, denaturalizzati. Le querce per l'ambiente e le ghiande per la nutrizione detengono quindi un potere "salvifico" agli occhi di molte persone e movimenti preoccupati per le sorti del pianeta e dell'umanità.

5. Bibliografia e Sitografia

«<https://eleonoramatarrese.com/caffè-di-ghiande/>», s.d.

«<https://foodcom.pl/it/la-lisina-e-le-sue-applicazioni-nell'alimentazione-animale/>», s.d.

«https://funghimagazine.it/quercia-quercus-querce-ditalia-varietà-diffusione/#I_BOSCHI_DI_QUERCIA_IN_ITALIA», s.d.

«<https://www.parcforestecasentinesi.it/sites/default/files/Ventesima.pdf>», s.d.

«<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665927122002064>», s.d.

«Nutritional Properties and Ultra-Structure of Commercial Gluten Free Flours from Different Botanical Sources Compared to Wheat Flours». *Journal of Cereal Science* 56, fasc. 2 (settembre 2012): 239–47.

<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.06.005>.

Alberti, Marco. *Conoscere gli alberi e gli arbusti d'Italia*. 1e edizione. Treviso (TV): Editoriale Programma, 2018.

An, Ting, Mengxia Tang, e Juhui An. «Ethnological approach to acorn utilization in prehistory: A case study of acorn mook making in South Korea». *Frontiers in Plant Science* 13 (18 ottobre 2022): 996649.

<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.996649>.

Bainbridge D. A. «Acorn as Food.» Sierra nature Prints, 2001.

https://www.academia.edu/3829415/Acorns_as_Food_Text_and_Bibliography.

Beltrão Martins, R., M. C. Nunes, L. M. M. Ferreira, J. A. Peres, A. I. R. N. A. Barros, e A. Raymundo. «Impact of Acorn Flour on Gluten-Free Dough Rheology

- Properties». *Foods* 9, fasc. 5 (2 maggio 2020): 560.
<https://doi.org/10.3390/foods9050560>.
- Beltrão Martins, Rita, Irene Gouvinhas, Maria Cristiana Nunes, José Alcides Peres, Anabela Raymundo, e Ana I.R.N.A. Barros. «Acorn Flour as a Source of Bioactive Compounds in Gluten-Free Bread». *Molecules* 25, fasc. 16 (6 Agosto 2020): 3568. <https://doi.org/10.3390/molecules25163568>.
- Beltrão Martins, Rita, Irene Gouvinhas, Maria Cristiana Nunes, José Alcides Peres, Anabela Raymundo, e Ana I.R.N.A. Barros. «Acorn Flour as a Source of Bioactive Compounds in Gluten-Free Bread». *Molecules* 25, fasc. 16 (6 agosto 2020): 3568. <https://doi.org/10.3390/molecules25163568>.
- Bland, R. D., T. L. Clarke, e L. B. Harden. «Rapid Infusion of Sodium Bicarbonate and Albumin into High-Risk Premature Infants Soon after Birth: A Controlled, Prospective Trial». *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 124, fasc. 3 (1 febbraio 1976): 263–67. [https://doi.org/10.1016/0002-9378\(76\)90154-x](https://doi.org/10.1016/0002-9378(76)90154-x).
- Bollati Boringhieri. «La quercia. Storia sociale di un albero.», 2009.
- Come funziona il cibo*. Milano, London: Gribaudo : Dorling Kindersley, 2019.
- EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA Panel), Dominique Turck, Torsten Bohn, Jacqueline Castenmiller, Stefaan de Henauw, Karen-Ildico Hirsch-Ernst, Helle Katrine Knutsen, et al. «Scientific Opinion on the Tolerable Upper Intake Level for Folate». *EFSA Journal* 21, fasc. 11 (novembre 2023).
<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.8353>.
- Eimear Gallagher. *Functionality of starches and hydrocolloids in gluten-free foods*. Oxford, Regno Unito, 2009.
- Fabio Molinari. L'acquavite fatta con le ghiande che arriva dalla Sardegna di Fabio Molinari LA REPUBBLICA https://www.repubblica.it/il-gusto/2023/03/26/news/acquavite_di_ghiande_il_progetto_europeo_di_fabio_dep_peru_in_sardegna-393386135/], s.d.
- Flora: le piante viste da vicino*. Milano: Gribaudo, 2019.
- Giovannoni, Marco. *Ghiande e uso alimentare umano: storia e tecniche*. Arezzo: Compagnia delle foreste, 2019.
- Gurioli, Mauro, e Massimo Marconi, trad. da. *E. enciclopedia: scienze*. Milano: Fabbri, 2005.

- Gyr, Ueli, e Tobias Scheidegger. «Heinrich Brockmann-Jerosch (1879–1939). Spurensuche zwischen Botanik, Brauch und Bauernhaus», 2013.
<https://doi.org/10.5167/UZH-87804>.
- Hager, Anna-Sophie, Anika Wolter, Fritz Jacob, Emanuele Zannini, e Elke K. Arendt. «Nutritional Properties and Ultra-Structure of Commercial Gluten Free Flours from Different Botanical Sources Compared to Wheat Flours». *Journal of Cereal Science* 56, fasc. 2 (September 2012): 239–47.
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.06.005>.
- <https://www.valori-alimenti.com/cerca/lisina.php>
<https://novoma.com/it/blogs/articles/les-aliments-riches-en-lysine-et-notre-recette-parfaite-pour-lete>», s.d.
- Innamorati, Mario. «La Struttura dei Granuli di Amido Dell’Endosperma Maturo di *Triticum Durum* Desf.» *Caryologia* 16, fasc. 1 (gennaio 1963): 159–90.
<https://doi.org/10.1080/00087114.1963.10796096>.
- Kahn, T., J. Bosch, M. F. Levitt, e M. H. Goldstein. «Effect of Sodium Nitrate Loading on Electrolyte Transport by the Renal Tubule». *The American Journal of Physiology* 229, fasc. 3 (September 1975): 746–53.
<https://doi.org/10.1152/ajplegacy.1975.229.3.746>.
- Logan, William Bryant. *La quercia: storia sociale di un albero*. Torino: Bollati Boringhieri, 2008.
- London, Jack. *The Acorn-Planter: A California Forest Play: Planned To Be Sung By Efficient Singers Accompanied By a Capable Orchestra By Jack London*. London: Mills & Boon, Limited, 1916.
- López-Hidalgo, Cristina, Macedonia Trigueros, Macarena Menéndez, e Jesús V. Jorriño. «Phytochemical Composition and Variability in *Quercus Ilex* Acorn Morphotypes as Determined by NIRS and MS-Based Approaches». *Food Chemistry* 338 (febbraio 2021): 127803.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127803>.
- Martins, Rita Beltrão, Irene Gouvinhas, Maria Cristiana Nunes, Luís Mendes Ferreira, José A. Peres, Anabela Raymundo, e Ana I.R.N.A. Barros. «Acorn Flour from Holm Oak (*Quercus Rotundifolia*): Assessment of Nutritional, Phenolic, and Technological Profile». *Current Research in Food Science* 5 (2022): 2211–18.
<https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.11.003>.

- Massone, Sarah L. R. «Acorn in Human subsistence». *Sociologia*, Institute of Archaeology, University College London, s.d.
- Mier, P. D., e J. J. van den Hurk. «Lysosomal Hydrolases of the Epidermis. I. Glycosidases». *The British Journal of Dermatology* 93, fasc. 1 (luglio 1975): 1–10. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.1975.tb06468.x>.
- Ou, Juanying. «Incorporation of Polyphenols in Baked Products». In *Advances in Food and Nutrition Research*, 98:207–52. Elsevier, 2021. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2021.02.009>.
- Paragrafo 2 e 3
- Preti, Lorenzo, e Antonio Zucco. *Tutto sulle altre farine*. Milano: Tecniche nuove, 2015.
- Psomiadou, Eleni, Maria Tsimidou, e Dimitrios Boskou. « α -Tocopherol Content of Greek Virgin Olive Oils». *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48, fasc. 5 (1 maggio 2000): 1770–75. <https://doi.org/10.1021/jf990993o>.
- Rakić, S., D. Povrenović, V. Tešević, M. Simić, e R. Maletić. «Oak Acorn, Polyphenols and Antioxidant Activity in Functional Food». *Journal of Food Engineering* 74, fasc. 3 (giugno 2006): 416–23. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.03.057>.
- S.d.
- Schmoltdt, A., H. F. Bente, e G. Haberland. «Digitoxin Metabolism by Rat Liver Microsomes». *Biochemical Pharmacology* 24, fasc. 17 (1 September 1975): 1639–41.
- Signore, Giancarlo. *Storia delle abitudini alimentari: dalla preistoria ai fast food*. Milano: Tecniche nuove, 2010.
- Silen, W., T. E. Machen, e J. G. Forte. «Acid-Base Balance in Amphibian Gastric Mucosa». *The American Journal of Physiology* 229, fasc. 3 (September 1975): 721–30. <https://doi.org/10.1152/ajplegacy.1975.229.3.721>.
- Silva, Sara, Eduardo M. Costa, André Borges, Ana Paula Carvalho, Maria João Monteiro, e M. Manuela E. Pintado. «Nutritional Characterization of Acorn Flour (a Traditional Component of the Mediterranean Gastronomical Folklore)». *Journal of Food Measurement and Characterization* 10, fasc. 3 (1 settembre 2016): 584–88. <https://doi.org/10.1007/s11694-016-9340-1>.

Sitografia

Stefano Ciaurelli. «Alimenti ricchi di arginina», 2019.

- Taib, Mehdi, Lahboub Bouyazza, e Badiaa Lyoussi. «Acorn Oil: Chemistry and Functionality». A cura di Susana Fiszman. *Journal of Food Quality* 2020 (29 December 2020): 1–11. <https://doi.org/10.1155/2020/8898370>.
- Vinha, A.F., A.S.G. Costa, João C.M. Barreira, R. Pacheco, e M. Beatriz P.P. Oliveira. «Chemical and Antioxidant Profiles of Acorn Tissues from *Quercus* Spp.: Potential as New Industrial Raw Materials». *Industrial Crops and Products* 94 (December 2016): 143–51. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.08.027>.
- Vinha, Ana F., João C. M. Barreira, Anabela S.G. Costa, e M. Beatriz P. P. Oliveira. «A New Age for *Quercus* Spp. Fruits: Review on Nutritional and Phytochemical Composition and Related Biological Activities of Acorns». *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 15, fasc. 6 (novembre 2016): 947–81. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12220>.
- Wiesmann, U. N., S. DiDonato, e N. N. Herschkowitz. «Effect of Chloroquine on Cultured Fibroblasts: Release of Lysosomal Hydrolases and Inhibition of Their Uptake». *Biochemical and Biophysical Research Communications* 66, fasc. 4 (27 October 1975): 1338–43. [https://doi.org/10.1016/0006-291x\(75\)90506-9](https://doi.org/10.1016/0006-291x(75)90506-9).

Ringraziamenti

Mi è doveroso dedicare questo spazio del mio elaborato alle persone che hanno contribuito, con il loro instancabile supporto, alla realizzazione dello stesso.

In primis, un ringraziamento speciale al mio relatore Vincenzi Simone, per la sua immensa pazienza, disponibilità e tempestività ad ogni mia richiesta. Grazie per avermi fornito consigli e materiale utile alla stesura dell'elaborato.

Senza il supporto morale dei miei genitori, non sarei mai potuta arrivare fin qui. Grazie per esserci sempre stati soprattutto nei momenti di sconforto. Un grazie particolare alle mie sorelle, Elena e Giulia: la piccola per avermi ascoltato e fatto domande più e più volte sugli argomenti come i “i porci e il porridge “. Giulia per condiviso rabbia, scleri, momenti imbarazzanti in aula o nei corridoi con la suoneria di emergenza del cellulare.

Ringrazio i miei colleghi di università, Marilisa, Fabiola, Marco, Aurora, in particolare Manola per essermi stata accanto in questo periodo intenso, ricco di avventure, gioie, piantini e app meravigliose per studiare scoperte solo alla fine degli ultimi esami. Grazie anche per il viaggio in Portogallo, quanto camminare, quanto sole, quanti scalini, per trovare la signora Maria e assaggiare la Ginjinha per scoprire solo dopo che c'era il trenino panoramico. E poi senza di te non avrei mai provato l'emozione di rimanere bloccata in un ascensore della stazione , in una capitale straniera a 2 mila chilometri da casa.

Ringrazio il mio fidanzato Davide, per la santa pazienza ad avermi sopportato e supportato in questo percorso ansioso fatto di uscite sfuggenti, momenti di pura pazzia e follia e per rischiato la vita nell'interagire ugualmente nonostante la mia visibile alterazione emotiva.

Infine, non per importanza ringrazio Laura, mia cugina che con Santa Pazienza ha sistemato layout di questa tesi rendendola ordinata e super.