

ALMA MASTER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

CAMPUS DI CESENA

SCUOLA DI AGRARIA E MEDICINA VETERINARIA

CORSO DI LAUREA IN SCIENZE E TECNOLOGIE ALIMENTARI

Impiego di ingredienti funzionali nel rallentamento del raffermaamento in prodotti da forno

Relazione finale in

Tecnologia dei Cereali e Derivati

Relatore

Dr. Giangaetano Pinnavaia

Presentato da

Caterina Azzarone

Correlatrice

Dr.ssa Federica Balestra

Sessione II°

Anno Accademico 2014/2015

INDICE

Introduzione	1
Capitolo 1 I prodotti lievitati da forno	2
1.1 Cenni storici	2
1.1.1 Il pane	2
1.1.2 La focaccia e la pizza	4
1.2 Classificazione dei prodotti da forno	5
1.3 Principali fasi del processo produttivo	8
1.3.1 L'impastamento	9
1.3.2 La lievitazione	10
1.3.3 Le operazioni di spezzatura e formatura	12
1.3.4 La cottura	12
1.4 Il Pane nel Mondo	14
1.5 I Pani Tipici Italiani	19
1.5.1 I pani DOP	20
1.5.1 Il Pane di Altamura (Puglia)	20
1.5.1.2 La pagnotta del Dittaino (Sicilia)	20
1.5.2 I pani IGP	21
1.5.2.1 La Coppia Ferrarese (Emilia Romagna)	21
1.5.2.2 Il Pane casereccio di Genzano (Lazio)	22

1.5.2.3 Il Pane di Matera (Basilicata)	23
1.6 La focaccia	23
1.6.1 La focaccia Genovese (Liguria)	24
1.6.2 La focaccia di Recco con il formaggio (Liguria)	25
1.6.3 La Focaccia Novese (Piemonte)	25
Capitolo 2 il rafferimento dei prodotti lievitati da forno	27
2.1 Il rafferimento	27
2.2 Strategie in grado di rallentare il fenomeno del rafferimento	31
2.2.1 Gli idrocolloidi	33
2.2.2 I pentosani	33
2.2.3 Gli enzimi	34
2.2.4 Il lievito naturale	35
2.2.5 Gli emulsionanti	36
2.2.6 Trattamento ad alta pressione idrostatica (HHP)	37
2.2.7 Film ad alta barriera contro il vapore acqueo	37
2.2.8 Il confezionamento in atmosfera modificata	38
2.2.9 L'etanolo	39
2.2.10 Le basse temperature	39
2.3 Nuove tecniche di misurazione	41

Capitolo 3 Materiali e metodi	43
3.1 Materiali	43
3.2 Metodi	46
3.2.1 Determinazioni analitiche effettuate sull'impasto	46
3.2.1.1 Sviluppo in volume dell'impasto	46
3.2.2 Determinazioni analitiche effettuate sulla focaccia	47
3.2.2.1 Analisi dei gas nello spazio di testa delle confezioni	47
3.2.2.2 Determinazione dell'umidità	47
3.2.2.3 Texture profile Analysis (TPA Test)	48
3.2.2.4 Test di rilassamento (Hold until Time test)	51
3.2.2.5 Analisi sensoriale	53
Capitolo 4 Risultati e discussione	55
4.1 Determinazioni analitiche sugli impasti	55
4.1.1 Sviluppo in volume dell'impasto	55
4.2 Determinazioni analitiche sulla focaccia	56
4.2.1 Analisi dei gas nello spazio di testa delle confezioni	56
4.2.2 Determinazione dell'umidità	57
4.2.3 Texture profile Analysis (TPA Test)	58
4.2.4 Test di rilassamento (Hold until Time test)	62
4.2.5 Analisi sensoriale	63
Conclusioni	66

Bibliografia	67
Ringraziamenti	74

Introduzione

La focaccia è un prodotto lievitato da forno molto diffuso e consumato in tutta Italia, ed in alcune zone è un prodotto tradizionale diventato particolarmente famoso. La focaccia viene prodotta in una vastissima gamma di tipi che differiscono per condimento o lavorazione. Al Nord possiamo trovare in commercio focacce condite con olio, strutto, rosmarino, cipolla o olive; al Sud invece sono insaporite con pomodorini, capperi o acciughe. Ogni regione ha una o più focacce tipiche, preparate con ingredienti che l'ambiente mette a disposizione risultato di usi e tradizioni tramandate da generazioni. La focaccia, generalmente acquistata dal fornaio di fiducia, è un prodotto preparato senza uso di miglioranti e additivi venduto fresco e confezionato in un semplice sacchetto di carta. Questa però è un prodotto che il giorno seguente tenderà a perdere gran parte della sua fragranza, diventando più asciutta, dura e mostrando i primi segni del raffermaimento. Oggi sul mercato, oltre ai prodotti da forno freschi è possibile trovare svariati prodotti da forno preparati industrialmente. Nei supermercati, infatti, si possono acquistare pani e focacce decongelati, confezionati in atmosfera modificata, addizionati di additivi o miglioranti o, se la legge lo consente, di etanolo. Si tratta di prodotti che, grazie ai trattamenti subiti hanno una conservazione più lunga rispetto ai prodotti freschi ma che come questi ultimi andranno incontro al fenomeno del raffermaimento o a problemi di natura microbiologica. In questa sperimentazione si è cercato di valutare l'influenza di un enzima (α -amilasi) e di un amido *waxy*, sulle caratteristiche chimico-fisiche, sensoriali e sulla capacità di migliorare la conservabilità, di una focaccia preparata industrialmente, senza l'utilizzo di additivi e confezionata in atmosfera modificata con una *shelf-life* di 10 giorni in ambiente refrigerato. Una delle strategie per ridurre il raffermaimento dei prodotti da forno è l'utilizzo di enzimi. In particolare è noto che l'utilizzo di α -amilasi in panificazione migliora la consistenza il sapore l'aroma e le qualità generali del prodotto stesso (Fiszman *et al.*, 2005). L'amido invece ha una grande importanza tecnologica poiché è in grado di interferire sulla reologia e la consistenza degli impasti ritardando il fenomeno del raffermaimento grazie alla sua caratteristica di idrocolloide (Carrai, 2010).

Capitolo 1

I prodotti lievitati da forno

1.1 Cenni storici

1.1.1 Il pane

La storia del pane segue l'intero arco della civiltà dell'uomo, dalla preistoria all'epoca attuale. Il pane, inteso come il prodotto ottenuto dalla cottura di un impasto a base di acqua, farina e lievito, ha origini molto antiche, le prime testimonianze risalgono alla civiltà egizia (3100a.C). Non ci è giunta leggenda o documentazione di quando e come l'uomo preistorico (dell'età della pietra) introdusse i cereali lavorati nella sua alimentazione. Si pensa che la loro coltivazione ed utilizzazione avvenne verso il 7.000 a.C. quando da cacciatori-raccoglitori iniziarono a stanziarsi nelle zone fertili del Medio Oriente e coltivarono i primi cereali. Che, schiacciati e ammolati in acqua erano consumati come poltiglie senza forma o polente. Con la scoperta del fuoco, l'uomo iniziò a cuocere la miscela di semi e acqua e nacquero i primi pani senza lievito. Gli Egizi sono stati i primi veri panettieri, a loro si deve la scoperta casuale della lievitazione naturale con cui, da un impasto di farina e acqua lasciato all'aria e cotto il giorno dopo, si ottenne un pane soffice leggero e gustoso. Per gli Egizi il pane non era solo una fonte di cibo ma anche di ricchezza. Testi antichi e resti archeologici hanno confermato che il pane era usato dagli antichi Egizi, era un alimento comune presso i Greci e faceva parte degli usi alimentari dei Romani. I Greci aggiunsero nuovi sapori e aromi nella lavorazione, riuscendo a produrre oltre 72 tipi di pane e pasta (www.panealpane.com). I Romani appresero dai Greci l'arte della panificazione e andarono a migliorare la tecnica di macinazione. Ad essi, si deve anche l'invenzione di mulini azionati dalla forza idrica. A Roma il pane entrò nell'uso quotidiano in seguito alla nascita dei forni pubblici nel 168 a.C. e ai tempi di Augusto se ne contavano circa 400. Compare inoltre la categoria dei mugnai e successivamente quella dei fornai panettieri: sotto Traiano (che fu imperatore dal 98 al 117 d. C.), riuniti in corporazioni presero a fornire il pane a tutta la collettività. Il pane che era l'alimento base per l'alimentazione fu assicurato e sottoposto ad una legislazione apposita che consentiva a tutti i cittadini di comprare il frumento dai granai

pubblici ad un prezzo inferiore di quello di mercato. Dopo il trionfo dell'arte panificatoria classica, non si ebbe alcuna innovazione in questo campo (per tutto il Medioevo), se non la diffusione dei mulini a vento; tuttavia è proprio in questo periodo che il pane vede crescere il suo prestigio nella sacralità della religione Cristiana. Diventa, infatti, un simbolo sacro perché per i Cristiani rappresenta il Corpo del Signore (Marinoni, 1988). Durante il Rinascimento la produzione del pane fu migliorata utilizzando farine più raffinate e bianche e innovando il processo di fermentazione introducendo il lievito di birra, il quale fu introdotto per la prima volta nella corte di Maria de Medici che, in seguito, esportò l'arte della panificazione a Parigi. Questa città acquisì nel tempo il primato per la panificazione di lusso che successivamente passò a Vienna. Il pane rimase comunque distinto in due categorie: il pane nero, ottenuto con diverse farine di cereali più poveri e il pane bianco ottenuto da farine raffinate. Il pane ha avuto ed ha un grande ruolo nella storia, perché da sempre la storia del pane si intreccia inestricabilmente con quella della parte più povera e dolente delle popolazioni: è per averne che «l'uomo traffica, si industria, si affatica e lotta». La mancanza di pane (o anche la sola paura di non averne) è un incubo, un incubo che serpeggia costantemente nella storia dell'umanità. Non solo quella più antica, ma anche quella di secoli più vicini a noi. Provate un po' a rileggere il capitolo 12 dei "Promessi sposi" in cui Manzoni tratta con straordinaria efficacia narrativa dell'assalto al forno di Milano durante la carestia del 1628. Tra gli esempi da non dimenticare inoltre la rivolta popolare del 1789 contro Maria Antonietta e il suo re. Nel periodo della rivoluzione industriale si ebbe l'introduzione di impastatrici meccaniche e cominciò la produzione di pane su scala industriale. Durante la prima guerra mondiale si diffuse il "pane militare" una pagnotta con crosta dura e compatta, mollica soffice e porosa che veniva distribuita non solo ai militari, ma anche ai cittadini. Situazione simile fu quella che si ebbe durante la seconda guerra mondiale e fu solo al termine, nel periodo della ricostruzione post-bellica, con l'arrivo degli alleati americani che si diffuse il "pane della liberazione" un pane bianco di forma quadrata, detto anche "pane in cassetta". Con il passare del tempo, ogni Regione o località si è specializzata nella produzione di un proprio pane "tipico" con diverse caratteristiche di forma, ingredienti, lavorazione e modalità di confezionamento. In Italia secondo l'Istituto Nazionale di Sociologia Rurale (INSOR) esistono 200 tipologie di pane diverse con ben 1500 varianti.

1.1.2 La focaccia e la pizza

Isidoro di Siviglia (560-636 d.C.) nelle sue *Etymologia* o *Originum sive etymologiarum libri viginti* (considerata la prima Enciclopedia della cultura occidentale), sostiene che il vocabolo focaccia deriva dal latino “*focus*” o “*focàcia*” (femminile di *focàcius*) e che significhi, quindi, “cotta sul focolare”. La preparazione di una specie di focaccia, con ogni sorta di cereale tra cui orzo, segale e miglio, era diffusa in molte civiltà che si affacciavano sul mediterraneo: Egizi, Greci, Romani. In Egitto era usanza celebrare il genetliaco del Faraone consumando una schiacciata condita con erbe aromatiche. In Grecia si consumava la pita che veniva offerta agli Dei nel rito della libagione. Nel VII sec. a.C. Archiloco poeta-soldato ci informa che la *μᾶζα μεμαγμένη* (una focaccia d’orzo, molto semplice, cibo di schiavi e soldati) é l’alimento principale del soldato.

ArchilocoFr.2D.

ἐνδοριμένμοι μᾶζα μεμαγμένη, ἐν δορι δ’ οἶνος

Ἰσμαρικός, πίνω δ’ ἐν δορι κεκλιμένος.

*“Nel legno per me è la focaccia impastata, nel legno il vino
di Ismaro, bevo appoggiato / sdraiato sul legno”*

A Roma si consumava il “*libum*” una sorta di focaccia di farro, che veniva offerta agli dei Latini. I nobili Romani compivano la *conferratio*, un rito religioso riservato ai patrizi per celebrare il matrimonio, che consisteva nell’assunzione di una focaccia (o di un pane) di farro (Barberis C.,1995). Notizie sulla pizza e la focaccia si ritrovano anche in epoca medioevale e rinascimentale dove si rinvengono variazioni culinarie sul tema, sia per il dolce che salato e differenti metodi di cottura. La distinzione fondamentale era nell’uso o meno del lievito. Da una parte c’erano, quindi, le piadine le crepes, le tortillas, ecc. e, dall’altra le focacce lievitate e le pizze. Anche il poeta latino Virgilio nella sua opera l’Eneide (I sec. a.C.) fa riferimento all’uso di una sorta di piatto commestibile formato da un impasto simile a quello del pane, che veniva mangiato alla fine del pasto:

*“Altro per avventura allor non v'era
di che cibarsi. Onde, finiti i cibi,
volser per fame a quei lor deschi i denti,
e motteggiando allora: «O - disse Iulo -
fino a le mense ancor ne divoriamo?» ”*

Il vocabolo “pizza” potrebbe derivare da patta, un termine con cui gli antichi Greci chiamavano una sfoglia di pane utilizzata per avvolgere carne, verdura e formaggio. Un'altra ipotesi sostiene che derivi dal verbo latino *pinsére* e significhi “schacciare”. La storia della pizza ha inizio a Napoli, capitale del regno spagnolo, dove già dal seicento si era diffusa. Era ancora senza pomodoro, “bianca”, condita solo con aglio, strutto e sale grosso nella versione più economica, o con caciocavallo e basilico, ne esistevano anche prime versioni “alla marinara”. È però nel corso del Settecento, quando il pomodoro entra trionfalmente nella cucina campana (e in parte italiana), che a Napoli la pizza si impone, in una forma sempre più vicina a quella che conosciamo. Oggi la più classica delle pizze, la pizza Margherita venne “inventata” nel 1889 in onore della moglie di re Umberto I, la regina Margherita. (Laniado, 1988). Il più bravo pizzaiolo di Napoli, Raffaele Esposito, le dedicò questa sua creazione preparata con pomodoro mozzarella e basilico per rappresentare i colori della bandiera italiana. La regina ne rimase incantata e la pizza Margherita entrò nella storia.

1.2 Classificazione dei prodotti da forno

La legislazione italiana che regola i prodotti da forno (legge n.580/1967, e successive modifiche; DPR n.502/1998) ha riportato per lungo tempo esclusivamente la definizione di pane, il prodotto più conosciuto e consumato in questa categoria merceologica, e di alcuni prodotti quali grissini e fette biscottate. Secondo l'articolo 14 comma 1 è denominato pane “il prodotto ottenuto dalla cottura totale o parziale di una pasta convenzionalmente lievitata, preparata con sfarinati di grano, acqua e lievito, con o senza aggiunta di sale comune. A seconda degli ingredienti utilizzati nella sua preparazione, il pane che si trova comunemente in commercio si divide in due tipi:

- Pane comune è quello che si ottiene con una pasta lievitata a base di farina di grano, lievito, acqua e sale (quest'ultimo non viene utilizzato in alcuni impasti come quello per il pane "toscano" o, appunto, "senza sale")
- Pane speciale è quello che si ottiene attraverso una grande varietà di impasti dove agli ingredienti di base vengono aggiunti o sostituiti altri ingredienti come ad esempio l'olio, il burro, il malto, lo zucchero, il latte o la frutta, o ancora mescolando alla farina di grano altre farine come quella d'orzo, di segale, di mais, di soia o di riso, o altre ancora.

È soprattutto la qualità della farina a fare la differenza tra il pane comune e quello speciale. Nel pane comune, la farina dovrà essere necessariamente di grano, anche se grano tenero, bianco o integrale. A seconda che la farina sia di tipo 00, 0, 1, 2, o integrale, il pane assumerà la relativa definizione. Altri ingredienti addizionati al pane speciale che hanno lo scopo di migliorare la qualità del pane e di renderlo più invitante sono: estratti di malto, glutine, farine pregelatinizzate di fumento, farine di cereali maltati, zuccheri, alfa e beta amilasi o enzimi presenti negli sfarinati utilizzati, sostanze grasse (non meno di 3% della sostanza grassa totale riferita a sostanza secca). Solo nel 2005 è stata emanata una specifica normativa a tutela di alcune tra le più note specialità della tradizione dolciaria italiana (decreto n.177/2005) quali Pandoro, Panettone, Colomba, Savoiaro, Amaretto, Amaretto morbido. Tale normativa voleva assicurare la trasparenza del mercato e proteggere ed informare il consumatore. I prodotti da forno sono alimenti ottenuti con impasti fermentati a base di varie farine di cereali, sottoposti a procedimenti di lavorazione diversi per categoria merceologica o per tipologia di ingredienti. Poiché sono una famiglia eterogenea i prodotti differiscono per processo tecnologico, caratteristiche fisiche-strutturali, e composizione e risulta quindi difficile dare una definizione univoca ed esauriente. La classificazione dei prodotti lievitati da forno può essere realizzata in base a diversi criteri: merceologici o tecnologici. Il primo criterio di classificazione a livello merceologico, divide i prodotti sulla base della loro formulazione: la presenza di zucchero in quantità superiore o inferiore al 10% del peso della farina permette di distinguere i prodotti salati dai prodotti dolci. Un secondo criterio di classificazione si basa invece sulla consistenza dei prodotti lievitati da forno, facendo riferimento alla loro sofficià/morbidezza o friabilità secchezza. La sofficià è connessa al volume specifico, mentre la morbidezza è correlata all'umidità.

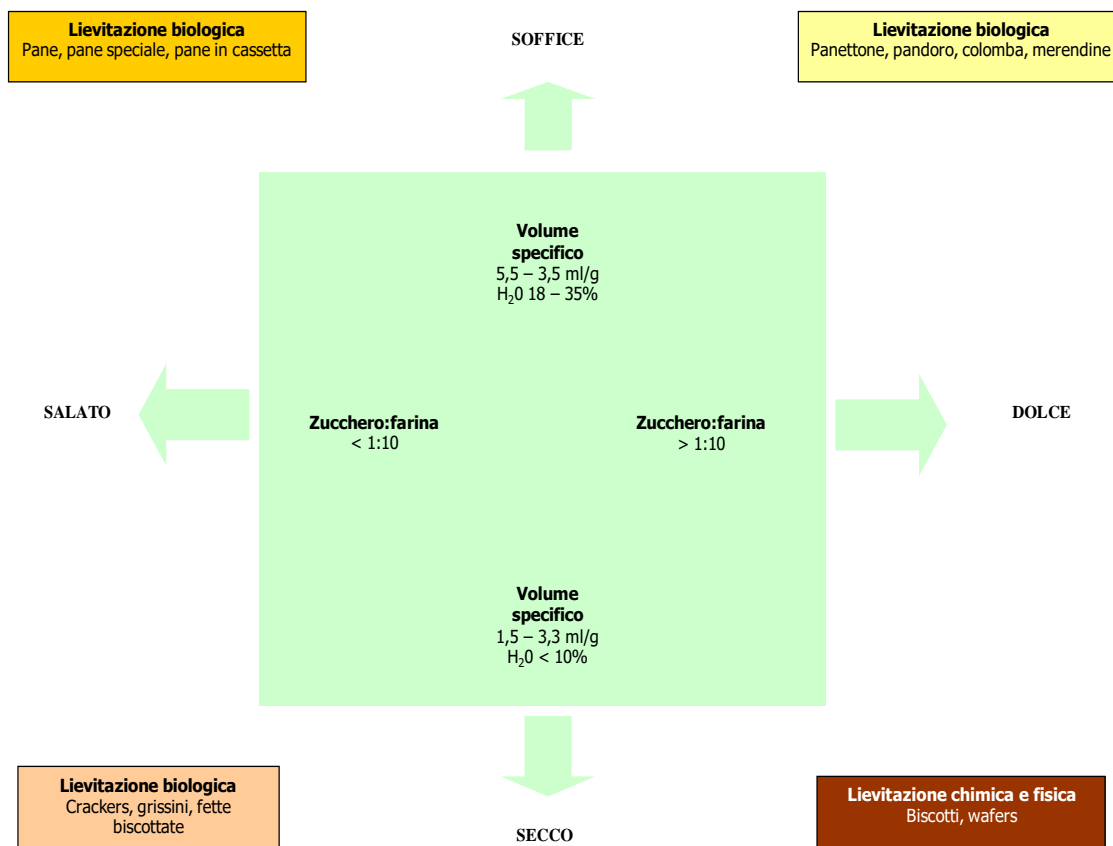


Figura.1.1- Classificazione dei prodotti da forno (modificato da “Tecnologia dei prodotti da forno”, 2010)

Le quattro categorie ottenute possono essere ulteriormente suddivise in base alla tipologia di lievitazione (lievitazione fisica, chimica, biologica o mista) Nonostante le differenze vi sono degli aspetti che accomunano i prodotti da forno. Sono costituiti da ingredienti base che sono farina o semola, acqua e lievito. Qualunque sia il processo tecnologico che porta alla loro produzione, necessaria la presenza delle operazioni di impastamento, lievitazione e cottura.

1.3 Principali fasi del processo produttivo

A livello tecnologico le operazioni che vengono effettuate per la realizzazione dei prodotti da forno sono:

- Impastamento: includere aria sotto forma di bolle;
- Lievitazione /fermentazione: aumentare il volume dell'impasto;
- Formatura: dare forma all'impasto;
- Cottura: completare lo sviluppo in volume e consentire la differenziazione di mollica e crosta
- Raffreddamento: consentire l'eventuale confezionamento del prodotto.

La panificazione è un processo che può essere definito continuo o discontinuo a seconda del metodo utilizzato e del paese in cui ci troviamo. In Italia la produzione di pane, sia artigianale che industriale, è un processo discontinuo, in quanto le diverse fasi di impastamento, lievitazione e cottura sono condotte su quantità discrete di materiale e in impianti separati. I processi discontinui possono essere realizzati attraverso il metodo "diretto", "indiretto" o mediante "biga". Inoltre la panificazione con lievito naturale può essere considerata una forma particolare di metodo indiretto. Rispetto alla lavorazione discontinua, il processo continuo è caratterizzato da una netta riduzione dei tempi di lavoro e manodopera, da una maggior compattezza delle apparecchiature e da una maggiore costanza delle caratteristiche del prodotto. I principali processi continui (processi Do-Maker e Amflow) prevedono la preparazione di un prefermento liquido costituito da zucchero, lievito, acqua, materiale nutritivo per i lieviti ed eventualmente una piccola percentuale di farina. Questa fase, durante la quale si ha lo sviluppo del lievito e la produzione degli aromi del pane, è seguita da una seconda fase di impastamento finale. Questi due processi diffusi rispettivamente in Gran Bretagna e negli Stati Uniti tanto che più del 60% del pane commercializzato lì, è ottenuto con questa tecnologia. Frequentemente alla lievitazione biologica viene affiancata una lievitazione di tipo fisico (metodo Chorleywood), ottenuta per inglobamento di aria in un impasto fluido, o per forte azione meccanica da parte delle impastatrici o per insufflamento di aria sotto pressione

nell'impasto. Il Chorleywood Bread Process è il processo di panificazione più usato nei paesi anglosassoni, in particolare in Gran Bretagna.

1.3.1 L'impastamento

In Italia esistono tre metodi di panificazione: metodo diretto, metodo semidiretto con pasta di riporto e il metodo indiretto (con biga o poolish).

Il metodo diretto consiste nell'impastamento di tutti gli ingredienti in un'unica fase.

Il metodo semidiretto con pasta di riporto consiste nell'impastamento in un'unica fase, ma adoperando pasta di riporto (un pezzo dell'impasto, avanzato dalla lavorazione precedente, che ha maturato in seguito ad un certo periodo di fermentazione e contiene tutti gli ingredienti di un impasto normale).

Il metodo indiretto prevede due fasi: nella prima si prepara il preimpasto (che può essere biga o poolish), nella seconda si aggiungono ai preimpasti, precedentemente fermentati, tutti gli altri ingredienti durante i cosiddetti "rinfreschi". I due preimpasti principali sono la biga e la poolish. Il poolish è stato introdotto dai panettieri viennesi al tempo di Maria Antonietta. Si tratta di un preimpasto liquido ottenuto da acqua e farina (in uguale quantità) e lievito compresso. La quantità di lievito compresso da aggiungere varia in base al tempo di fermentazione e alla temperatura dell'ambiente (da 2,5-3% di lievito a 1-2 ore di lievitazione fino a 0,1% di lievito a 15-18 ore) Il poolish deve avere una temperatura di +23-25°C mentre la temperatura per la sua fermentazione è più bassa, intorno a +20-22°C. La biga è un preimpasto asciutto che può avere molte ore di fermentazione (da 16 a 48), ottenuto con farina (100% "00" forte) acqua (44%) e lievito compresso (1%). La temperatura della biga varia a seconda della temperatura esterna può andare dai 16°C in estate ai 20°C in inverno (Giorilli e Lipetskaia, 2003). I lunghi tempi di lievitazione necessari per ottenere la biga, assicurano l'ottenimento di un prodotto finito con un'alveolatura caratterizzata da numerose bolle, alcune di dimensioni rilevanti. La prima fase del processo di panificazione e dei prodotti da forno è l'impastamento. Questa fase oltre a distribuire gli ingredienti in maniera uniforme all'interno della massa, forma il glutine, reticolo indispensabile per ottenere una massa coesa, omogenea in ogni parte, non collosa e con caratteristiche reologiche ben definite. Il processo di impastamento può variare per: presenza, o meno, di fasi di riposo, durata, energia apportata nell'unità di tempo.

Si è comunque soliti distinguere nell'impastamento due fasi:

- impastamento a bassa velocità, breve periodo (circa 5 minuti) in cui gli ingredienti sono miscelati e inizia l'inclusione di bolle d'aria. In questo periodo sono possibili eventuali interventi per correggere il prodotto;
- impastamento ad alta velocità, durante il quale è necessario fornire energia affinché la miscela di farina ed acqua sviluppi la struttura glutinica. In questa fase inoltre termina l'inclusione di bolle d'aria nell'impasto. L'impastamento può essere condotto a mano o, più comunemente viene condotto mediante impastatrici che operano generalmente in discontinuo (impastatrici a forcella, a spirale, a bracci tuffanti, ecc.). L'operazione può essere resa continua utilizzando sistemi di impastatrici a carosello che lavorano per cariche successive ed alimentano sistemi continui (Lucisano, 2005). Lo sviluppo dell'impasto si considera terminato quando l'impasto si stacca dai bracci dell'impastatrice dando al tatto una sensazione vellutata e priva di collosità (raggiunta del massimo grado di "setificazione"). L'impasto se sottoposto a un impastamento prolungato, diventa colloso, perde elasticità e capacità di lievitazione.

1.3.2 La lievitazione

La lievitazione è un'azione dinamica che induce un aumento di volume. Produce una trasformazione del prodotto originale, creandone un altro dalle caratteristiche proprie: forma, struttura, colore, aroma, sapore, consistenza, conservabilità (Carrari, 2010). Esistono almeno cinque tipi di lievitazione a seconda dell'agente lievitante utilizzato.

- La lievitazione fisica in alcuni prodotti viene ottenuta per incorporazione di aria nella pasta. Questo avviene per mezzo di un intenso lavoro meccanico delle impastatrici, come nel caso delle planetarie o delle impastatrici continue provviste anche di un sistema di insufflamento di aria. In questo tipo di lavorazione gli ingredienti hanno importanza nel determinare la capacità dell'impasto di trattenere i gas inglobati nella fase di impastamento o sviluppati in fase di cottura. Questo tipo di lievitazione è molto utilizzata in pasticceria per la produzione ad esempio di pasta sfoglia e meringhe.
- La lievitazione chimica in cui il rigonfiamento dell'impasto è dovuto all'utilizzo di lieviti chimici (baker's powder), quali bicarbonato di sodio, bicarbonato di ammonio o di potassio, sostanze che durante la cottura per reazione chimica con sali acidi liberano anidride carbonica responsabile della lievitazione. La

componente acida facilita e rende completa la produzione di anidride carbonica; gli acidi hanno diverse velocità di solubilizzazione e quindi provocano lo sviluppo di gas in tempi diversi. Quindi si possono distinguere le polveri lievitanti lente e le polveri lievitanti rapide. Più la polvere lievitante è veloce e più rapidamente dovranno essere condotte le operazioni di colatura e infornamento. L'utilizzo delle polveri lievitanti è largamente impiegato in pasticceria mentre è vietato il loro utilizzo in panificazione secondo la legge n.580 del 4 luglio 1967.

- La lievitazione biologica in cui la produzione di anidride carbonica avviene grazie alla presenza di lieviti, in forma pura (“lievito di birra”) o in combinazione con altri microrganismi quali batteri lattici (lievito naturale), che in assenza di aria passano ad un metabolismo di tipo fermentativo trasformando il glucosio presente nell'impasto in anidride carbonica ed etanolo. La CO₂ in seguito si accumula nell'impasto in forma gassosa, esercitando una pressione gassosa sul reticolo impermeabile del glutine, responsabile del rigonfiamento dell'impasto. Il “lievito di birra” può essere compresso o secco attivo, crema di lievito o lievito istantaneo. Il lievito naturale, può essere a base d'impasto acido spontaneo, a base d'impasto madre o a base di colture starter. Nella lievitazione spontanea la miscela acqua/farina viene lasciata ad acidificare a temperatura ambiente. In essa si moltiplicano i microrganismi presenti nelle materie prime e nell'ambiente. Durante la fermentazione si sviluppano molteplici ceppi di fermenti lattici nella maggior parte appartenenti al genere *Lactobacillus*. I batteri lattici producono, insieme ad altre sostanze, acido lattico e acido acetico. In particolare, è importante che acido lattico e acido acetico siano presenti nella proporzione di 3:1, per l'inibizione di muffe e per il miglioramento delle proprietà del glutine. In questa fase è importante il controllo della temperatura per mantenere il giusto rapporto tra acido lattico/acido acetico. L'acido acetico si sviluppa maggiormente a temperature basse. Il lievito madre è una porzione di impasto derivante da una lavorazione precedente e riprodotta in modo perpetuo per essere aggiunta agli impasti successivi. Il lievito di birra, a differenza del lievito naturale, provoca una lievitazione indotta, cioè non spontanea. La lievitazione avviene per fermentazione alcolica e non per fermentazione lattica e acetica.
- La lievitazione mista si divide in due tipologie. La prima detta “pasta battuta” o “pan di spagna” che unisce la lievitazione fisica derivante dall'impastamento a quella chimica in cottura. L'altra chiamata “pasta danese”, invece è lievitata

biologicamente e poi laminata in modo da porre la materia grassa in strati alternati con l'impasto.

Le variabili da considerare per avere una buona lievitazione sono: quantità di agente lievitante impiegato, caratteristiche dell'impasto (quantità di acqua e caratteristiche della farina) e i parametri di processo quali temperatura e umidità dell'ambiente. La lievitazione, in panificazione, avviene in due momenti: subito dopo l'impastamento e prima della spezzatura e formatura. La prima denominata "puntata" è effettuata su quantitativi elevati di impasto, per tempi variabili da 30 minuti a 3 ore e ha come obiettivo quello di ottenere un impasto meno estensibile, e che abbia, perciò, le caratteristiche ottimali per la sua formazione, lievitazione e cottura. La seconda detta "appretto" è effettuata sull'impasto già spezzato e formato.

Lo scopo di questa è quello di ottenere un prodotto soffice e con la mollica ben sviluppata. Questa operazione è necessaria poiché, con la formatura, fuoriesce dall'impasto parte dell'anidride carbonica e viene distrutta la struttura porosa dell'impasto. La fermentazione avviene in celle di lievitazione in cui sono mantenute condizioni costanti di temperatura e umidità relativa. La temperatura non deve superare i 27-30°C mentre l'umidità non deve scendere sotto il 75-80%

1.3.3 Le operazioni di spezzatura e formatura

Le due fasi di lievitazione, come già illustrato, sono intervallate dalle operazioni di spezzatura e formatura. L'operazione di spezzatura, condotta con macchine automatizzate, consente di dividere l'impasto in pezzi della quantità necessaria. L'impasto spezzato viene poi sottoposto a operazione di formatura condotta con macchine differenti, quali laminatrice, l'arrotondatrice, la chiffelatrice, le filonatrici e le stampanti. Tali operazioni sono determinanti per assegnare la forma finale sia per ridare una struttura omogenea, capace di sopportare al meglio l'appretto, sia per eliminare bolle di grandi dimensioni, favorendo una distribuzione più omogenea degli alveoli.

1.3.4 La cottura

L'operazione conclusiva del processo tecnologico è la cottura, operazione durante la quale l'impasto aumenta di volume per l'espansione dei gas e dove si ha la solidificazione del film elastico che circonda ogni bolla di gas, condotta in forno per tempi proporzionali alla pezzatura del prodotto. La cottura induce trasformazioni radicali all'impasto lievitato che acquisisce così le caratteristiche peculiari di un "prodotto da forno". Da essa dipendono i caratteri sensoriali e l'aspetto dell'alimento, nonché la sua conservabilità (Corsetti e Gobbetti, 2010). Durante la cottura l'impasto è sottoposto a uno scambio di calore dall'esterno verso l'interno e uno scambio di materia nel senso opposto; ovvero si riscalda e perde umidità contemporaneamente. Questi fenomeni promuovono cambiamenti di natura fisica, chimica e biochimica che determinano il passaggio dallo stato di "schiuma" a quello di "spugna" e la differenziazione di crosta e mollica. La temperatura dell'impasto aumenta gradualmente dal momento dell'infornamento e ciò comporta un'accelerazione delle attività degli enzimi e dei lieviti. Fino a che la temperatura dell'impasto è inferiore ai 50° C le attività enzimatiche e fermentative riescono a proseguire. Al di sopra di tale temperatura i gas di lievitazione, l'anidride carbonica ed i vapori della miscela etanolo-acqua si espandono in maniera sempre più vistosa. Contemporaneamente i lieviti vanno incontro ad una morte rapida, buona parte delle attività enzimatiche si riduce ed inizia ad aver luogo il fenomeno della gelatinizzazione dell'amido (intorno ai 56-60°C). Le proteine del reticolo glutinico, che si sono ulteriormente estese a seguito della dilatazione termica dei gas di lievitazione (fenomeno dell'*oven spring*) vanno incontro a denaturazione (reazione di Maillard), perdendo così la loro capacità di estendersi, si fissa così la forma del pane e la struttura alveolata della mollica. Durante la cottura la temperatura si avvicina a quella del forno, raggiungendo ed oltrepassando i 150° C, solo a livello del sottile strato di crosta, invece, all'interno del prodotto, si raggiungono temperature vicine ai 100° C, ed è dunque possibile assistere alla differenziazione tra crosta e mollica. A temperature comprese tra 150 -200°C assistiamo alla formazione del colore bruno e di sostanze aromatiche dovute in parte alla reazione di Maillard. Al di sopra di questa temperatura avviene la carbonizzazione. La cottura è importante anche per l'allontanamento di una buona parte dell'acqua presente nell'impasto, così da consentire al prodotto di non oltrepassare i limiti imposti dalla legge. Il pane, infatti, essendo venduto a peso, deve avere un contenuto

massimo di umidità in funzione della sua pezzatura, come specificato nella Legge n. 580 del 1967.

1.4 Il Pane nel Mondo

Il pane è il cibo più consumato in tutto il mondo, ci sono infatti diversi tipi di pane, che differiscono per forma, varianti o per modalità e momento di consumo a seconda del paese in cui ci troviamo. “Paese che vai pane che trovi”

- Pão de queijo – Brasile. Piccoli panini tondi ripieni di formaggio, in assoluto una colonna della colazione brasiliana.



Figura 1.1- Pão de queijo- da www.dissapore.it

- Bammy - Giamaica. Realizzato mescolando nell’impasto la manioca, un diffuso tubero sudamericano, è un pane piatto tradizionalmente cotto su di una piastra rovente e servito a colazione per accompagnare il pesce.



Figura 1.2- Bammy- da www.dissapore.com

- Bauernbrot – Germania. È uno dei più famosi nella moltitudine di pani tedeschi, diffuso e amato per l'innata semplicità. La ricetta prevede solo quattro ingredienti: acqua, farina, lievito e sale, ma vengono spesso aggiunti semi di girasole o frutta secca.



Figura 1.3- Bauernbrot- da www.dissapore.com

- Lefse – Norvegia. Simile alle tortilla (di farina), questa focaccina è invece impastata con le patate. Un tripudio di carboidrati che si mangia come involtino ripieno, dolce o salato, o nel segno di una grande versatilità prende il posto del panino nell'hot dog.



Figura 1.4- Lefse- da www.dissapore.com

- Arepas – Venezuela, Colombia. A prima vista questi paninetti morbidi si potrebbero prendere per delle tortillas. Mangiati al naturale o più spesso farciti con formaggio e carne, sono un complemento indispensabile sulle tavole venezuelane.



Figura 1.5- Arepas- da www.dissapore.com

- Dark Rye bread – Finlandia. Il pane di segale finlandese è diverso da quelli che si fanno nel resto del mondo a causa della farina impiegata, che è al 100 % di segale. Più spesso, però abbastanza gommoso, ha un sapore leggermente acidulo.



Figura 1.6- Dark Rye bread- da www.dissapore.com

- Pane cubano – Cuba. Al pane cubano, ispirato a quello francese, viene data la forma di una pagnotta lunga e sottile meno croccante rispetto al celebre modello. Questo in particolare per l'aggiunta dello strutto nell'impasto.



Figura 1.7- Pane cubano- da www.dissapore.com

- Naan – India. Tipicamente indiano (ma comune anche in altre parti del Centro e Sud-Est asiatico), a base di grano è essenziale durante i pasti tradizionali. Cotto in uno speciale forno tandoori viene servito caldo e spalmato di ghee, burro chiarificato ottenuto dal comune burro non salato.



Figura 1.8- Naan- da www.dissapore.com

- Baguette – Francia. È famosa per il contrasto tra la crosta croccante e la mollica delicata. Con il dolce (burro e marmellata) per colazione, con il salato, come accompagnamento ai pasti principali. Le leggi francesi del cibo definiscono come «pane della tradizione francese» un prodotto contenente solo i seguenti 4 ingredienti: acqua, farina, lievito (di birra o pasta madre) e sale.



Figura 1.9- Baguette- da www.dissapore.com

- Himbasha – Eritrea. E' il pane delle feste, leggermente dolce, anche se realizzato in molte versioni diverse. A conferire un sapore spiccatamente aromatico sono i semi di cardamomo, usati in quantità. All'impasto viene dato un tocco decorativo prima della cottura. Il design varia nei dettagli, ma in generale gli viene data la forma di una ruota con dei solchi disposti in modo tale da creare dei raggi.



Figura 1.10- Himbasha- da www.dissapore.com

- Curry Bread – Giappone. L'idea abbastanza complessa dietro questo pane giapponese con farcitura al curry, è di friggere (o cuocere al forno) un pezzo d'impasto cui viene data forma circolare, e di avvolgerlo con del pangrattato sfarinato. Curry Bread si trova di solito in panetterie e negozi di alimentari.



Figura 1.11- Curry Bread- da www.dissapore.com

1.5 I Pani tipici Italiani

Il pane è un formidabile esempio della ricchezza gastronomica del Made in Italy. A torto temuto come fonte di calorie eccessive, con 250 tipi e un migliaio di varianti, è un alimento immancabile sulla tavola degli italiani. In ogni regione la panificazione è prodotta a seconda degli ingredienti a disposizione. Sebbene vi siano molte varianti di pani pochi sono i prodotti che godono dei marchi comunitari: IGP (Indicazione geografica protetta) e DOP (Denominazione d'origine protetta). I pani che hanno il marchio DOP sono il Pane di Altamura (Puglia) e la Pagnotta del Dittaino (Sicilia) mentre quelli riconosciuti come IGP sono la Coppia Ferrarese (Emilia Romagna), il Pane casereccio di Genzano (Lazio), il Pane di Matera (Basilicata). I pani tipici, pur essendo prodotti molto eterogenei, presentano alcune caratteristiche comuni. La maggior parte dei pani regionali è fermentata attraverso l'utilizzo del lievito naturale che viene sottoposto ad una serie di rinfreschi prima di essere impiegato. In quasi tutti i casi subiscono due o più lievitazioni e l'ultima fermentazione prima della cottura risulta sempre la più breve. Acqua e farina sono la base universale della ricetta del pane, mentre gli altri ingredienti variano lungo la Penisola, assumendo i tratti della tradizione locale. Cambiano le farine, di grano duro al Sud più vocato, di mais e di riso al Nord. La farcitura, quando presente, tradisce la natura delle coltivazioni tipiche locali, olive, noci e sesamo. E assieme al piacere alza l'asticella delle calorie, generalmente attorno a 350 per 100 g. Il pane si priva completamente del

sale, laddove la cucina è particolarmente saporita, per questo motivo in Toscana, Umbria e parte del Lazio è diffuso il “pane sciapo”. Inoltre il pane assume le forme più varie. Trecce, filoni, pagnotte, panini, sottili sfoglie croccanti. Talvolta in base alla zona d’origine sono presenti ingredienti aggiuntivi (strutto nella Coppia Ferrarese, olive nella Puccia Salentina, farina di castagne nel Pane di castagne, ecc.) La maggior parte dei pani tipici, essendo preparata con lievito naturale, si conserva per un periodo superiore del pane prodotto con solo lievito di birra.

1.5.1 I pani DOP

1.5.1.1 Il Pane di Altamura (Puglia)

Il pane di Altamura, perno essenziale del sistema alimentare delle popolazioni altomurgiane è simbolo di tutti i pani pugliesi a lievitazione naturale oggi è al centro di una intensa produzione di tipo artigianale, che risponde efficacemente alle esigenze e ai gusti del mercato nazionale e che presenta caratteri di forte continuità con la tradizione. Questo é ufficialmente il primo prodotto in Europa a fregiarsi del marchio DOP nella categoria merceologica "Panetteria e prodotti da forno"(EC Reg 1291/2003). La produzione del Pane di Altamura prevede l’utilizzo di semola rimacinata di grano duro che secondo il disciplinare, almeno per l’80% deve appartenere a particolari varietà di frumento quali Apullo, Arcangelo, Duilio o Simeto oppure a loro miscele. Gli altri ingredienti con cui è preparato il Pane di Altamura sono: acqua, lievito naturale e sale marino. Essi sono miscelati e la fase di impastamento dura 20 minuti poi l’impasto e lasciato riposare a temperatura ambiente coperto da un telo di cotone e per almeno 90 minuti. In seguito l’impasto viene formato, modellato a mano in pezzi da 0,5 l o 2 kg, fatto poi fermentare mezz’ora e di nuovo modellato a mano e lasciato riposare 15 minuti. Infine è cotto in forno a 250°C per 15 minuti a forno aperto poi 45 minuti a forno chiuso e altri 5 minuti a forno aperto per consentire la formazione di una crosta asciutta e croccante (GURI n.190 del 16 /08/2000).

1.5.2.1 La Pagnotta di Dittaino (Sicilia)

La Pagnotta di Dittaino è un prodotto tipico della Valle del Dittaino, in provincia di Enna e insieme al Pane di Altamura è l'unico prodotto ad aver ottenuto il riconoscimento DOP con il Reg CE n.516 del 17/06/09 (GUCE L.155 del 18/06/09) ora anche il riconoscimento Europeo con il Reg UE n. 613 del 03/06/14 (GUCE L 168 del 07.06.14). Questa si distingue dagli altri prodotti appartenenti alla stessa categoria per la consistenza della crosta e per il colore giallo tenue ed alveolatura grana fine compatta ed uniforme della mollica. Altra particolare caratteristica è la sua capacità di mantenere per ben 5 giorni le caratteristiche sensoriali quali odore, sapore e freschezza. La materia prima utilizzata per la produzione della Pagnotta di Dittaino è la semola rimacinata di grano duro che secondo il disciplinare deve provenire almeno per il 70% da frumento appartenenti alle varietà Simeto, Arcangelo, Mangibello, Ciccio, Colosseo. Gli altri ingredienti utilizzati sono acqua, sale e lievito naturale. L'impasto si effettua mediante l'utilizzo di un'impastatrice a braccia tuffante per un tempo di 12 minuti e poi si lascia riposare l'impasto per 15 minuti. Dopodiché si procede con la lievitazione che dura circa due ore e poi alla divisione in forme rotonde da 0,5 o 1,1Kg circa. Infine si procede con la cottura in forno a 230°C per circa un'ora (www.agraria.org).

1.5.2 I Pani IGP

1.5.2.1 La Coppia Ferrarese (Emilia Romagna)

La prima testimonianza della coppia Ferrarese si ha grazie al cuoco Cristoforo da Messisbugo, il quale nel suo trattato di scalcheria afferma che in occasione del Carnevale del 1536, durante un banchetto, venne offerto al Duca d'Este un "pane ritorto". Nel 1694 lo storico Antonio Frizzi parla della raffinatezza del pane ferrarese, unico per la forma, per i tipi di farina che venivano impiegati, per la particolarità della lavorazione, al punto da essere già allora un vanto della gastronomia cittadina (www.taccuinistorici.it). Ma gli statuti comunali del XIII secolo parlano già di un pane confezionato nelle forme con gli "orletti" cioè le classiche doppie corna. La Coppia Ferrarese è un prodotto di panetteria tipico della zona di Ferrara dalla forma a nastro, originata da due pezzi di pasta legati assieme nel corpo centrale, ciascuno con le estremità ritorte in modo da formare un ventaglio di quattro corna, le cui estremità sono dette "crostini". Ha ricevuto il marchio

IGP nel 2001 (EC REG 2036/2001) e il 27 febbraio 2004 è nato il “Consorzio di Tutela per la coppia ferrarese IGP” Questo pane è preparato con farina di grano tenero tipo “0” (proveniente in prevalenza dalla provincia di Ferrara), acqua, strutto, di suino puro, olio extravergine di oliva, lievito naturale, sale, malto o come tale o sotto forma di estratto. Secondo il disciplinare, l’acqua deve essere 35 o 50% rispetto alla farina a seconda se sia pasta morbida o dura, lo strutto il 6%. L’olio il 3-4% e il lievito 10%. L’impastamento dura 20 minuti ed è effettuato con impastatrici a forcilla. Successivamente c’è la fase di “raffinatura” dell’impasto che avviene mediante 15-20 passaggi all’interno di macchine laminatrici (GURI n.265 del 14/11/2001). L’impasto poi è tagliato in strisce di 4 cm di spessore e 20cm di lunghezza e vengono lavorate fino ad ottenere la tipica forma a spirale. Dopodiché il prodotto è lasciato lievitare in cella per almeno 70-90 minuti e cotto a 210-230°C per 20-25 minuti.

1.5.2.2 Il pane casereccio di Genzano (Lazio)

Testimonianze storiche riportano inoltre che già attorno al 1600 era diffusa la cultura del pane, tanto che il principe Cesarini Sforza, accanto al cui palazzo sorgeva il borgo, lo offrì in dono al Papa. Si narra a tal proposito che il Pontefice fosse rimasto estremamente colpito dal gusto e dal profumo di questo particolare prodotto. Apprezzato già agli inizi del XX secolo, è solo dagli anni Quaranta che il prodotto ha visto ampliare le proprie prospettive, grazie all’introduzione delle impastatrici e dei forni elettrici che hanno alleviato, nel tempo, le fatiche dei fornai. Il pane di Genzano ha così iniziato a registrare consensi prima presso gli abitanti di Roma, dove veniva trasportato di notte e venduto il giorno successivo nei panifici locali, e poi anche al di là dei confini regionali. I motivi della particolarità e inimitabilità del prodotto si devono però in larga parte all’impiego di strumenti che fanno parte della tradizione locale ed alle procedure di lavorazione tramandate di generazione in generazione. Il Pane casereccio di Genzano è stato il primo prodotto da forno italiano ad aver ottenuto, nel 1997, la denominazione IGP (EC Reg 2325/1997).

L’impasto è preparato con farina di frumento tenero di tipo “0” o “00”, acqua, lievito di birra o lievito naturale, è lasciato fermentare a temperatura ambiente per un’ora circa, poi è suddiviso in pezzi di peso compreso tra 0,5 e 2,5 Kg. Le forme, tonde o filoni larghi e allungati, vengono fatte lievitare, dopo essere state cosparse di cruschetto, in appositi

contenitori di legno per altri 40 minuti. La cottura avviene in forni a legna a 300-320°C per 35-80 minuti a seconda della pezzatura (GUCE L: n. 322 del 25/11/1997).

1.5.2.3 Il pane di Matera (Basilicata)

Si tratta di un pane dalla pasta gialla e con pori dalle dimensioni variabili che possono arrivare anche a 60 mm di diametro ed oltre mentre l'aroma ed il sapore sono caratteristici grazie all'utilizzo proprio di semole particolari. Oltre alle forme tradizionali, alta e bassa (denominati pane alto e pane basso), è presente anche la forma a cornetto (forma simile alla brioche dolce); si presenta all'esterno con una gradevole crosta croccante di colore bruno, e all'interno con una mollica alveolata di colore giallo paglierino. Il Pane di Matera ha ricevuto nel 2008 il marchio IGP (EC Reg 160/2008). Questo è prodotto utilizzando esclusivamente semola di grano duro, di cui almeno il 20 %, secondo il disciplinare produttivo, deve provenire da ecotipi o vecchie cultivar coltivate in provincia di Matera. Gli altri ingredienti sono acqua, sale e lievito naturale. Il Pane di Matera è ottenuto dalla fermentazione di farina e polpa di frutta fresca matura precedentemente macerata in acqua e rinfrescata fino ad ottenere un impasto in grado di lievitare in 3-4 ore (GUCE Cn.128 del 09/06/2007). Gli ingredienti vengono miscelati in un'impastatrice per 25-35 minuti e poi fermentati per lo stesso tempo. In seguito l'impasto è modellato in forme da 1,2 o 2,4 Kg che sono lasciate lievitare per un'ora e poi infornate a 250°C per un'ora e mezza-due ore. Infine una caratteristica di questo pane è la sua prolungata conservabilità, fino a 6 giorni dalla sua produzione.

1.6 **La focaccia**

La focaccia, o la schiacciata, o la stiacciata, o la fugassa, o ancora la fitascetta regna sovrana fra i cibi che, a dispetto dei diktat modaioli e della crisi del mercato, restano saldamente in testa alla classifica del buon mangiare all'italiana, ed è l'esempio per eccellenza del cibo semplice, stradaiole e genuino. Ma anche un ricettacolo di storia e tradizioni, con le mille declinazioni e i diversi ingredienti che arricchiscono il connubio pane più olio a seconda delle regioni, o perfino delle città. La sua nascita, si fa risalire alla necessità del panettiere di mitigare la temperatura del forno a legna, prima della cottura del pane. I forni a legna non permettevano il controllo della temperatura costante che occorre per la cottura del pane e la focaccia consentiva di accertare i tempi di cottura

della pasta stessa e mostrava al panettiere il momento in cui la temperatura era al punto giusto per iniziare ad infornare il pane (www.piemonteagri.it).

La focaccia è un impasto di farina, acqua lievito e sale cotta al forno o alla brace. La Focaccia è un prodotto che pur avendo gli ingredienti base, è molto diversa a seconda della regione in cui si produce. Da Nord a Sud la focaccia viene condita con gli ingredienti più svariati. Le più note sono la Focaccia Genovese(Liguria), la Focaccia di Recco col formaggio (Liguria), la Focaccia Novese (Piemonte), la Schiacciata fiorentina (Toscana), la Focaccia con ciccioli o Chisola (Emilia Romagna), la Crescia umbra e marchigiana e la Focaccia Barese (Puglia). Tutte queste sono PAT: Prodotti Agroalimentari Tradizionali e sono incluse in un apposito elenco aggiornato periodicamente e predisposto dal Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali con la collaborazione delle Regioni. Tra tutte le regioni quella che detiene il maggior numero di prodotti agroalimentari è la Toscana. I PAT sono prodotti caratterizzati da “metodiche di lavorazione, conservazione e stagionatura consolidate nel tempo” (Decreto n 350 del 08/09/1999) e rappresentano produzioni di nicchia, ottenute in termini qualitativi limitati e relativi ad aree territoriali molto ristrette, tali da non giustificare il marchio DOP o IGP (GURI n.151 del 30/06/2008, Supplemento Ordinario n,157).

1.6.2 La focaccia Genovese (Liguria)

Fin dal 1500, come ricorda l'archivio storico delle tradizioni, era uso mangiarla in chiesa, bevendo insieme vino, in occasione di sposalizi, nel momento della benedizione. La Focaccia Genovese o fugàssa, che in genovese vuol dire cotta al focolare è una specialità tipica della cucina ligure preparato con una pasta di pane alta al massimo 2 cm e la si può consumare già a colazione, come "rompi digiuno" nella mattinata o come aperitivo-antipasto. Gli ingredienti sono: farina di grano tenero, acqua lievito naturale e sale. Si distingue perché prima dell'ultima lievitazione la pasta, precedentemente lasciata a riposare e lavorata fino ad ottenere la forma desiderata, viene spennellata con un'emulsione composta da olio extravergine d'oliva, acqua e sale grosso e altri ingredienti quali cipolla, olive o ciccioli (incorporati nell'impasto). Può essere cotta a forno moderato o se invece è fatta con sola farina e lievito è cotta direttamente sul fuoco. La Focaccia Genovese rientra nell' elenco dei PAT.

1.6.3 La Focaccia di Recco col formaggio (Liguria)

Le prime notizie di questa focaccia si hanno intorno al XII secolo. Si narra che il prodotto oggi conosciuto come Focaccia di Recco col formaggio venne inventato grazie alla disponibilità di olio, formaggetta e farina e poi alla cottura della pasta ripiena di formaggio su una pietra d'ardesia coperta. La Focaccia di Recco col formaggio, che già fa parte dei PAT, ha ricevuto il marchio IGP nel gennaio 2015 (EC Reg n. 39/2015).

“La Focaccia di Recco, è entrata nell'Olimpo della produzione agroalimentare europea, diventando uno dei duecentosettantaquattro prodotti d'eccellenza che rappresentano l'Italia nel mondo” (www.focaccia di Recco.it). Gli ingredienti sono: farina di grano tenero di tipo “00”, olio extravergine d'oliva italiano, acqua e sale. Essi vengono lavorati assieme fino all'ottenimento di un impasto liscio che poi si lascia riposare per circa 30 minuti a temperatura ambiente, coperto da un telo di tessuto naturale oppure in appositi contenitori alimentari a norma di legge. In seguito si procede con il porzionamento dell'impasto in forme (tonde, quadrate o rettangolari) che vengono spianate fino a rendere lo spessore inferiore al millimetro, posizionate su teglie unte di olio, farcite con formaggio fresco a pasta molle e ricoperte con un'altra sfoglia di impasto. Si saldano, schiacciandoli, i bordi sovrapposti delle due sfoglie per impedire la fuoriuscita del Formaggio durante le operazioni di cottura. Infine, si cuoce la focaccia in forno tra 270 e 340°C per 4-8 minuti. Rispetto alle altre focacce la Focaccia di Recco col formaggio è prodotta senza l'utilizzo di lievito.

1.6.4 La Focaccia Novese (Piemonte)

La Focaccia Novese è una specialità da forno tipica della cucina piemontese, prodotta artigianalmente dalle panetterie della zona di Novi Ligure ed Ovada. Le sue origini sono remote e probabilmente si fanno risalire all'età Medievale. Con la deliberazione della Giunta Regionale del Piemonte del 15 aprile 2002 n. 46-5823 la Focaccia Novese è stata riconosciuta prodotto agroalimentare tradizionale (PAT) del Piemonte (D.lgs. n. 173/98, art. 8 e D.M. n. 350 dell'8 settembre 1999).

Questa ha uno spessore di circa di circa 1 cm ed una crosta dal colore del grano maturo. L'olio di oliva caratterizza in modo preponderante sia l'aroma sia il profumo di questo prodotto. La Focaccia Novese è caratterizzata da un contenuto di grassi superiore alle altre focacce commercializzate in Piemonte e da una minore umidità (max 25%). La sua

tecnologia di produzione è caratterizzata da una doppia lievitazione, una “stiratura” della pasta e una “bucatura” per ottenere alveoli che trattengono meglio l’olio. Per questa focaccia è stato richiesto, inoltre, il marchio IGP. Il disciplinare di produzione, proposto ai fini dell’ottenimento di tale marchio, comprende i seguenti ingredienti: farina di frumento tenero tipo “00”, acqua, olio extravergine d’oliva, strutto commestibile, lievito sale ed estratto di malto (www.piemonteagri.it).

Il ciclo di produzione della Focaccia Novese è complesso e richiede tempi di esecuzione lunghi. La prima fase è l’impastamento (30 minuti con impastatrice a forcella e 15 con impastatrice a spirale) a cui segue il riposo. In seguito la pasta viene estratta, fatta poi riposare 15 minuti, piegata e fatta riposare per altri 15 minuti. Successivamente l’impasto viene poi spezzato in forme da 1 o 1,5Kg e stirato in teglie 40x60cm precedentemente unte, dove viene spennellato olio e lasciato riposare per altri 15 minuti. Trascorso questo tempo, la pasta viene nuovamente oliata, spruzzata leggermente con acqua salata, adattata alla teglia con la pressione dei polpastrelli in modo da creare dei buchi e lasciarla riposare per 20-30 minuti. Infine si effettua la cottura in forno a 230°C per 20 minuti circa e appena sfornata si spennella con olio crudo.

Capitolo 2

Il raffermamento dei prodotti lievitati da forno

2.1 Il raffermamento

I prodotti da forno sono alimenti elaborati, complessi e instabili soggetti a cambiamenti dovuti essenzialmente a:

- differenza di umidità tra le diverse zone (crosta e mollica);
- caratteristica organizzazione di proteine e amido in seguito alla cottura.

Le forme più frequenti di deterioramento a cui i prodotti da forno possono andare incontro dopo il trattamento termico e la cottura sono:

- il raffermamento o *staling*;
- contaminazione microbica e in particolare ammuffimento ;
- modificazioni delle caratteristiche reologiche e di colore;
- alterazioni del profilo aromatico dovuto sia alla volatilizzazione di composti aromatici sia a fenomeni degradativi di natura ossidativa;
- perdita o assorbimento di umidità.

Il raffermamento è quel processo chimico-fisico attraverso il quale i prodotti lievitati da forno, dopo la cottura, durante la conservazione perdono le caratteristiche di freschezza diventando nella maggior parte dei casi secchi e duri, quindi meno graditi dal consumatore. Il pane fresco, anche se confezionato, è senza dubbio il prodotto lievitato da forno maggiormente soggetto a questa problematica (Corsetti e Gobbetti, 2010). Cambiamenti più evidenti sono a carico della crosta e della mollica. La prima va incontro a un rammollimento e perdita della croccantezza, da attribuire alla migrazione di acqua dalla mollica verso la crosta; la seconda a progressivo indurimento e perdita di sofficità dovuto sia alla cessione di acqua verso l'ambiente esterno sia al processo di retrogradazione dell'amido. Si può osservare una diminuzione della durezza della mollica, in alcuni casi, qualora si verifichi il passaggio di acqua dalle farciture (creme, confetture) verso la mollica e la crosta.

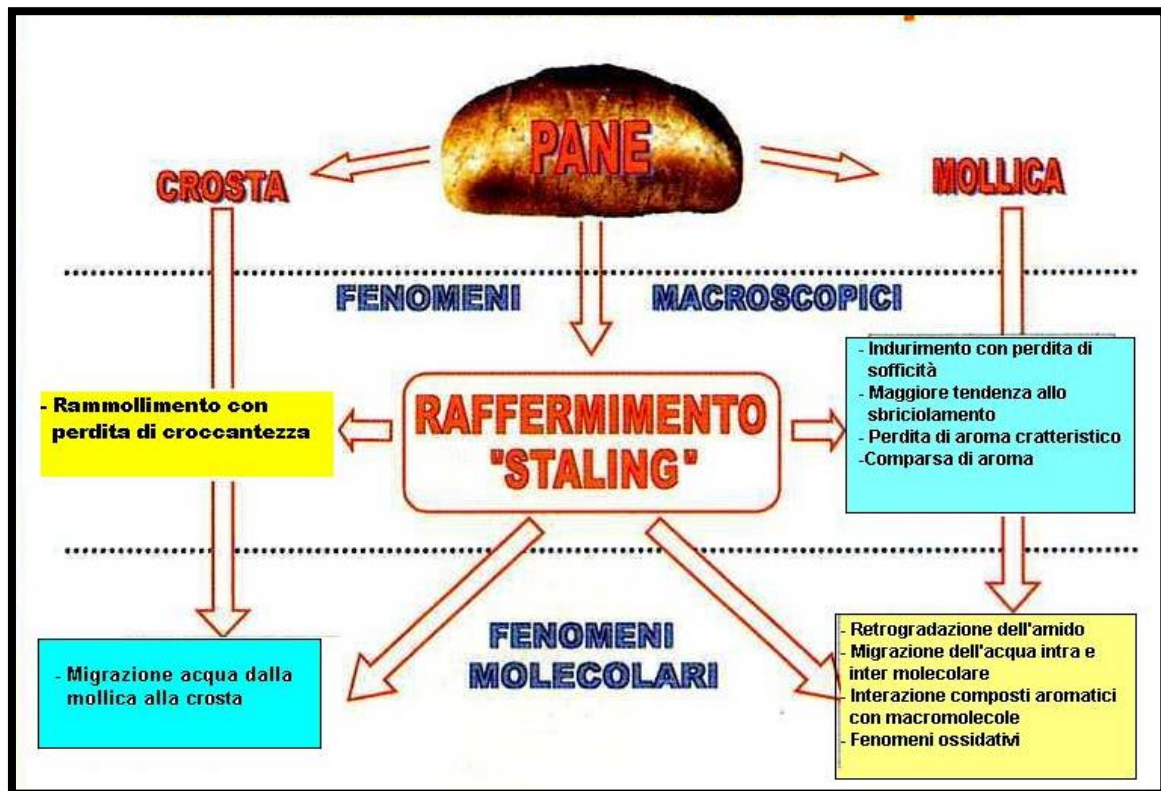


Figura 2.1- Fenomeni macroscopici e molecolari associati al raffermamento del pane (schema tratto da M.A Pagnani e F.Antoniazzi).

Anche se il meccanismo di raffermamento non è stato ancora del tutto chiarito la causa più importante responsabile di questa modifica è la retrogradazione dell'amido specialmente a livello delle macromolecole di amilopectina (Schiraldi e Fessas, 2001). Gli altri fattori che sono in grado di influenzare la retrogradazione sono la percentuale di umidità, la concentrazione di glutine e lipidi. Il glutine è un complesso proteico (fisicamente un materiale viscoelastico) che si forma quando le proteine insolubili, presenti nella farina (in particolare gliadine e glutenine), interagiscono tra loro, si idratano e assorbono acqua. L'amido dal punto di vista chimico, è un polisaccaride formato da due polimeri del glucosio: l'amilosio e l'amilopectina. Il primo è un polimero lineare che tende ad avvolgersi ad elica, in cui le unità di glucosio sono legate tra loro con legami glicosidici α (1 \rightarrow 4). L'amilopectina è invece un polimero ramificato che presenta catene di base di struttura simile all'amilosio che si dispongono a formare una struttura ramificata attraverso legami α (1 \rightarrow 6). Al microscopio elettronico l'amido si presenta sotto forma di granuli sferici che in funzione dello stato in cui si trovano, assumono forme e dimensioni diverse. Un granulo di amido è formato per il 20-25 % di amilosio e per il restante

75-80% da amilopectina. L'amilosio e l'amilopectina all'interno dei granuli di amido sono orientate radialmente formando così anelli concentrici che partono dal centro. Con l'aumentare del raggio aumenta il numero di ramificazioni dell'amilopectina che porta alla formazione di regioni concentriche formate a loro volta da zone cristalline e zone amorfe. L'alternanza si deve alla struttura dell'amilopectina che è formata da tre tipi di catene: una sola catena contenente il gruppo riducente (A), catene più interne che vanno a formare lo strato amorfo (B) e catene più esterne che, per effetto della propria organizzazione in strutture a doppia elica, danno origine alla struttura cristallina (C). Di conseguenza nell'amido le frazioni a corta catena dell'amilopectina sono responsabili delle proprietà semi-cristalline mentre l'amilosio si trova in uno stato amorfo (Zeleznak e Hosenev, 1986).

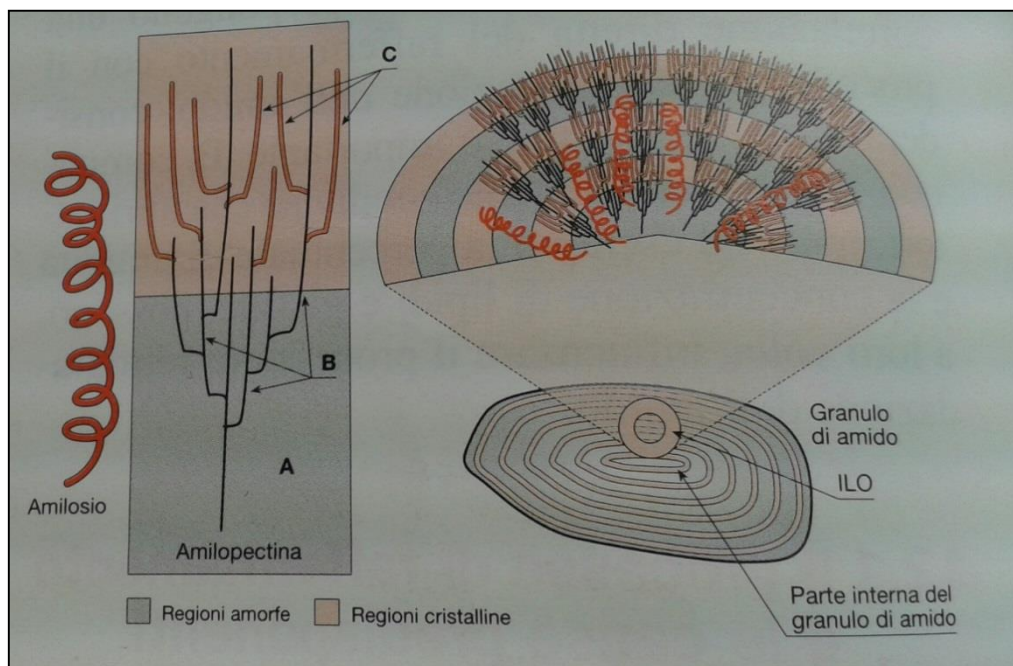


Figura 2.2- Presumibile disposizione di amilosio e amilopectina all'interno dei granuli di amido (modificato da "Biotecnologie dei prodotti levitati da forno", 2010).

Durante la cottura e la conservazione si assiste ad un notevole cambiamento delle proprietà dell'amido (Zobel e Kulp, 1996). L'amido presente nella mollica dopo la cottura gelatinizza e acquisisce una struttura amorfa che conferisce la caratteristica di sofficità al prodotto (Primo Martin *et al.*, 2007). Nel tempo l'amido contenuto nel pane tende piano a ritornare alla sua forma cristallina togliendo morbidezza alla mollica che si indurisce, questo fenomeno è chiamato retrogradazione dell'amido (lento fenomeno in

cui lo stato di disordine dell'amido si modifica). Si assiste, nello specifico, alla nucleazione e alla crescita di cristalli di amilopectina che portano al passaggio da uno stato amorfo a uno cristallino. E poiché le molecole di acqua sono incorporate nei cristalli, l'acqua passa dal glutine al complesso amilosio/amilopectina modificando la struttura reticolare del glutine. Contribuiscono inoltre alla rigidità della struttura anche i cristalli di amilosio che si rigonfiano, dopo essere stati solubilizzati durante la cottura.

Non tutti gli amidi sono uguali, essi differiscono soprattutto per il diverso rapporto di amilosio e amilopectina. L'amilosio tende a ricristallizzare molto più velocemente dell'amilopectina; per cui il tempo che impiega l'amido a ricristallizzare dipende dalla quantità di amilosio che contiene. Ne consegue che amidi ricchi di amilosio (mais, frumento, legumi) gelatinizzano con più difficoltà e ricristallizzano più facilmente, rispetto agli amidi contenuti percentuali più elevate di amilopectina (patata, riso). La quantità di amido retrogradato è quindi direttamente proporzionale al contenuto di amilosio. Esistono attualmente in commercio tantissimi tipi di amido nativo o modificato per le diverse applicazioni. Infatti anche modificazioni strutturali (esempio: cross linked, derivatizzazione, ossidazione) alterano le capacità dell'amido di gelificare e di retrogradare. L'amido ottenuto da mais o riso modificato viene indicato come *waxy* ed è caratterizzato da una bassissima percentuale di amilosio (1-2%) ed un'altissima percentuale di amilopectina (99-98%); queste caratteristiche rendono gli amidi *waxy* molto resistenti alla retrogradazione.

La retrogradazione dell'amido sembra essere dunque la principale causa in grado di determinare l'indurimento della mollica dei prodotti lievitati da forno.

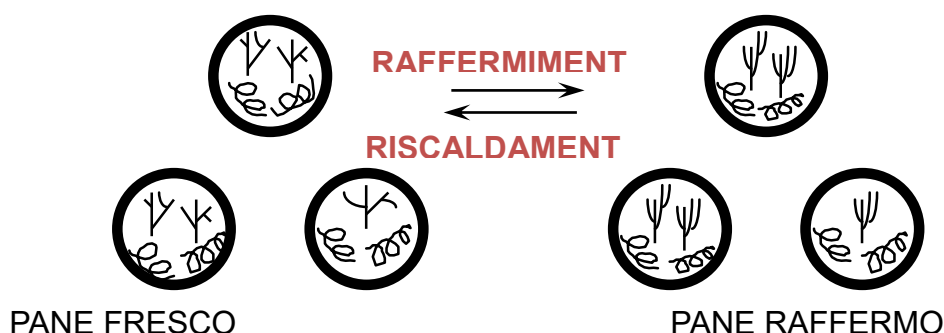


Figura 2.3- Ruolo dell'amilosio e dell'amilopectina durante l'invecchiamento del pane (modificato da "Biotecnologie dei prodotti lievitati da forno", 2010).

Altri fattori importanti che influenzano l'andamento del raffermaimento nei prodotti lievitati da forno sono la temperatura e il tempo di conservazione. È possibile prevenire l'invecchiamento conservando il prodotto sopra i 55° C o al di sotto dei -18°C, mentre a circa 4-5°C la velocità di formazione dei cristalli di amilopectina è massima. Pertanto il pane conservato in frigorifero rafferma più velocemente di quello conservato a temperatura ambiente. Il fenomeno si arresta a temperature al di sotto dei -10°C e il pane dopo lo scongelamento riacquista le sue caratteristiche di freschezza. Inoltre sottoponendo a riscaldamento un pane rafferma la sua mollica riacquista la sofficità originaria poiché il calore restituisce uno stato di disordine dell'amido. In tale prodotto tuttavia, durante la conservazione successiva il fenomeno del raffermaimento sarà più rapido. Nel determinare il fenomeno del raffermaimento, oltre alla retrogradazione dell'amido ci sono altre importanti modificazioni chimico-fisiche nella matrice glutine-amido della mollica. Kim e D'Appolonia (1977) hanno osservato come all'aumentare delle proteine la velocità di raffermaimento diminuisca, secondo altri studi invece il glutine ricopre un importante ruolo poiché all'aumentare della sua quantità si osserva una diminuzione della ricristallizzazione dell'amido (Eliasson, 1983). L'effetto anti-raffermaimento del glutine, può essere attribuito o ad una maggiore diluizione dell'amido o all'effetto del glutine sull'incremento di volume dei prodotti lievitati da forno (farine con più alta percentuale di proteine danno prodotti più sviluppati in volume e quindi più morbidi) (Whillhoft, 1973). Un altro elemento da non sottovalutare è il cambiamento di umidità che contribuisce al raffermaimento attraverso l'evaporazione e la redistribuzione dell'acqua tra crosta e mollica e tra glutine ed amido. È stato dimostrato che un maggior contenuto di acqua nell'impasto è in grado di aumentare la *shelf-life* dei prodotti da forno e rallentare la retrogradazione dell'amido. Sono stati studiati diversi metodi per rallentare il fenomeno del raffermaimento. Additivi o coadiuvanti tecnologici, quali emulsionanti ed enzimi, sono alcuni degli strumenti impiegati con più successo per contrastare questo fenomeno (Armero e Collar, 1966; Guarda *et al.* 2004; Rossel *et al.*, 2001).

2.2 Strategie in grado di rallentare il fenomeno del rafferimento

Per contrastare il processo del rafferimento si può intervenire su diversi fronti. Un metodo indiretto può essere la massimizzazione del volume mediante l'aggiunta di ingredienti (glutine, latte, yogurt, latte di soia ecc) per ottenere prodotti di partenza più sviluppati e quindi più morbidi. È stato dimostrato che la caseina ed altre proteine del latte possono essere impiegate come miglioranti della struttura e inoltre sono in grado di rallentare la perdita di qualità del pane sottoposto a tre cicli di congelamento e scongelamento (Yun e Eun, 2006). Le caseine e le siero proteine infatti, hanno proprietà funzionali simili al glutine in quanto sono capaci di formare un reticolo proteico in grado di trattenere l'amido. L'effetto del cloruro di sodio nel rafferimento del pane è stato recentemente ben studiato ed attribuito principalmente all'incremento di ritenzione gassosa, l'aggiunta di NaCl in un impasto permette un incremento della porosità della mollica e una conseguente diminuzione della sua compattezza. L'inclusione di Na⁺ in molecole di amido durante lo stoccaggio sembrano svolgere un'azione ritardante nei confronti del rafferimento (Beck *et al.*, 2012). Un altro ingrediente che ha particolare influenza sul rafferimento è la farina. Negli ultimi dieci anni sono state ampiamente studiate farine diverse da quelle di grano ottenute da derivati o cereali minori. La particolare composizione di alcune farine o l'assenza di amilosio (che ha un ruolo importante nel rafferimento) sono state proposte nella produzione di pane con farine miste per migliorare gli spetti nutrizionali e di invecchiamento del pane. Salehifar e Shahedi (2007) confermano gli effetti benefici della farina d'avena nel ridurre la durezza di pane conservato a temperatura ambiente e congelato per un massimo di tre giorni, purché vi sia massimo il 20% di sostituzione di farina d'avena in modo da non conferire un sapore amaro al prodotto. Secondo Gujral *et al.* (2003) l'alto contenuto di β -glucani nella farina di orzo contribuisce a diminuire la cristallizzazione dell'amido, ritardando significativamente il tasso di rafferimento del pane quando è utilizzata al 20% anche se è aumentata la durezza del prodotto fresco. Inoltre, quando il β -glucano è utilizzato con glutine umido e acido ascorbico si riduce sia durezza iniziale sia il tasso di rafferimento, soprattutto quando è stato utilizzato il livello più alto dei 3 additivi Per agire invece sulla sofficità si può aumentare il contenuto di acqua nell'impasto ma solo fino a un certo punto

per non incorrere in problemi quali “il pane filante”. Per preservare il contenuto di umidità si può agire sulle modalità di cottura cuocendo a temperature più basse.

Vi sono inoltre sostanze che aggiunte all’impasto sono in grado di rallentare il fenomeno del rafferimento. Tra queste abbiamo:

- Gli idrocolloidi
- I pentosani
- Gli emulsionanti
- Gli enzimi
- Il lievito naturale

Un altro fronte per contrastare il rafferimento in aggiunta o in alternativa a queste sostanze è l’utilizzo dei seguenti fattori di processo:

- Trattamento ad alta pressione idrostatica (HHP);
- Film ad alta barriera di vapore acqueo;
- Confezionamento in atmosfera modificata;
- L’etanolo;
- Le basse temperature.

2.2.1 Gli idrocolloidi

L’effetto anti rafferimento degli idrocolloidi è stato ampiamente studiato e sembra sia dovuto alla loro capacità di controllare e mantenere il contenuto di umidità, stabilizzare l’impasto, e influenzare la struttura della crosta (Davidou *et al.*, 1996). Gli idrocolloidi sono dei polimeri idrofilici di diversa natura (animale, vegetale, microbica o sintetica) con un numero elevato di gruppi idrossilici. Grazie alla loro capacità di trattenere l’acqua conferiscono maggiore stabilità al prodotto, anche quando sottoposto a cicli di congelamento e scongelamento (Lee *et al.*, 2002). Nella produzione di prodotti lievitati da forno, l’utilizzo di idrocolloidi permette di migliorare le caratteristiche reologiche dei prodotti, e di rallentare il rafferimento. L’utilizzo di gomma xantano al 2% conferisce una notevole morbidezza al campione grazie ad un ostacolo all’interazione tra glutine ed amido in presenza di molecole di idrocolloidi (Shittu *et al.*, 2009). I derivati della cellulosa (metilcellulosa, cabossimetilcellulosa-CMC e idrossipropilmetilcellulosa-HPMC) sono ottenuti per modificazione chimica della cellulosa e assicurano proprietà più uniformi e costanti, rispetto agli idrocolloidi naturali che hanno invece maggiore

variabilità (Guarda et al., 2004). È stato dimostrato, inoltre, che idrocolloidi diversi come HPMC (idrossipropilmetilcellulosa), gomma guar, gomma xantano e CMC (carbossimetil cellulosa) riducono il raffermamento del pane a causa della limitata mobilità dell'acqua che influenza il processo di gelatinizzazione diminuendo (ΔH) l'entalpia (Maleki *et al.*, 2012). L'HPMC in particolare, inibisce la retrogradazione dell'amido poiché lega preferenzialmente l'amido (Collar *et al.*, 2001) evitando di conseguenza che si stabiliscano interazioni glutine-amido. Un significativo effetto anti raffermamento è svolto anche dalla K-carragenina soprattutto quando è integrata allo 0,5% (Ghanbari e Farmani, 2013). Infine, risultati molto incoraggianti nel contrastare il fenomeno del raffermamento dei pani congelati sono stati ottenuti mediante l'impiego dell'HPMC (Bàrcenas *et al.*, 2004).

2.2.2 I pentosani

Per pentosani si intendono i polisaccaridi non-amido di origine vegetale, che, in seguito ad idrolisi, liberano pentosi. La loro principale proprietà è la capacità di legare acqua, poiché in un impasto possono arrivare a legare più del 15% dell'acqua presente. Essendo termostabili, non vengono degradati dalla cottura, non retrogradano durante il raffermamento e possono mantenere legata l'acqua. Numerosi studi hanno dimostrato il ruolo dei pentosani nel ritardare il fenomeno del raffermamento del pane. Sembra infatti che essi siano in grado di rallentare la retrogradazione dell'amido, contrastando le interazioni tra le molecole di amilosio. Arabinoxilani e arabinogalattani sono i pentosani della farina. Gli arabinoxilani sono quelli presenti in quantità maggiore nella farina e sono divisi in due categorie "solubili in acqua" e "insolubili in acqua". Per il loro impatto significativo su molte proprietà del pane come il volume e la texture della mollica, gli arabinoxilani sono stati studiati molto di più degli arabinogalattani (Fessas e Shardi, 1998). Alcuni autori hanno infatti dimostrato che i pentosani "solubili in acqua" consentono non solo di aumentare il volume del pane, ma anche di rallentare la retrogradazione dell'amido agendo sull'amilopectina e sull'amilosio (Kim e D'Appolonia, 1997). I ricercatori hanno opinioni contrastanti riguardo al ruolo che queste sostanze giocano nel fenomeno del raffermamento. I risultati discordanti che si trovano in letteratura potrebbero essere motivati da differenze del peso molecolare, dal tipo di pentosani (solubili o non solubili in acqua) e dalla loro concentrazione nel prodotto, dalla cultivar di grano usata e/o anche dalle diverse caratteristiche di cottura. Secondo

Krishnarau e Hosene (1994) l'aggiunta di pentosani "insolubili in acqua" riduce la qualità dei prodotti da forno. Basandosi sull'analisi calorimetrica si è osservato che un pane addizionato di arabinoxilani, pur avendo mollica più soffice, a causa della capacità dei pentosani di trattenere più acqua mostra una retrogradazione dell'amido più rapida (Rogers *et al.*, 1988). In seguito a ciò, possiamo notare come sia da chiarire il ruolo giocato dai pentosani nella qualità e nel fenomeno del rafferimento del pane.

2.2.3 Gli enzimi

Una strategia per ridurre il tasso di rafferimento del pane prevede l'utilizzo di enzimi. Alcuni di essi infatti possono rallentare questo fenomeno e permettere quindi il mantenimento delle caratteristiche di freschezza di crosta e mollica. In particolare un ruolo importante è svolto dalle α -amilasi. Queste sono degli esoenzimi che idrolizzando i legami α -(1-4) glucosidici dei polimeri di amido, generano destrine a basso peso molecolare (Goesaert *et al.*, 2009). L'impiego di alcune α -amilasi batteriche sembra avere un effetto ritardante sull'indurimento della mollica e sul processo di rafferimento in generale (Goesaert *et al.*, 2009; Fitzman *et al.*, 2005; Maeda *et al.* 2003). Infatti, l'amilopectina che deriva dall'idrolisi risulta meno suscettibile alla cristallizzazione mentre l'amilosio forma un reticolo cristallino che prevede il collasso della struttura (il prodotto finale, quindi, è più soffice ed indurisce più lentamente). Secondo Kim *et al.*, (2006) l'aggiunta di α -amilasi fungina comporta un miglioramento della distribuzione del gas cellulare e la morbidezza della mollica con conseguente ritardo del rafferimento senza diminuire il volume del pane. Secondo Butt *et al.*, (2008) anche le endoxilanasie sono in grado di ritardare il rafferimento del pane. Queste si dividono in xilanasi A e xilanasi B. Le prime in particolare dimostrano di essere più efficaci nel ridurre il tasso di rafferimento, mentre le seconde, invece, sono in grado di ritardare il rafferimento di pane congelato con una notevole diminuzione della durezza della mollica, agendo sulla cristallizzazione dell'amilopectina ritardandola. Martin e Hosene (1991) hanno supposto un effetto inibitorio delle maltodestrine sulla formazione di legami amido-glutine durante lo stoccaggio dei prodotti lievitati da forno. Recentemente diversi autori hanno studiato gli effetti additivi o sinergici di mix di enzimi per ritardare lo "staling". Leon *et al.*, (2002) hanno studiato gli effetti positivi di due miscele enzimatiche contenenti α -amilasi e lipasi, sul tasso di rafferimento. Entrambe le miscele hanno contribuito a rallentare il tasso di rafferimento, soprattutto la miscela con l'attività α -amilasi superiore. L'effetto benefico

è stato attribuito ad un ritardo della retrogradazione dell'amilopectina e alla formazione di complessi amilasi-lipide. L'aggiunta di una miscela di α -amilasi e endoxilanasi è in grado di prolungare la *shelf-life* di pane integrale ritardando il raffermaimento (Gambaro *et al.*,2006).

2.2.4 Il lievito naturale

I prodotti da forno ottenuti con lievito naturale risultano più conservabili, più resistenti all'invecchiamento e qualitativamente superiori. Questo grazie a un maggior sviluppo in volume e alla produzione di metaboliti ed enzimi di origine microbica. Inoltre l'uso di lievito naturale ha effetti nutrizionali positivi attraverso l'aumento della biodisponibilità dei minerali (Larsson e Sandberg, 1991). Da diversi studi è emerso che il raffermaimento è influenzato dal livello di acidificazione dell'impasto e dal ceppo di batterio lattico utilizzato come starter. I migliori risultati contro il raffermaimento sono stati ottenuti con l'utilizzo di *Lactobacillus sanfrancensis*, *lactobacillus plantarum* addizionati di α -amilasi fungine o batteri amiolitici e *saccharomyces cerevisiae* addizionati di farine con basso contenuto di ceneri per ottimizzare la fermentazione del lievito naturale (Katina *et al.*, 2006). Inoltre Tamari *et al.*, (2013) hanno ottenuto un effetto simile dovuto alla maggiore produzione di EPS (esopolisaccaridi) durante la fermentazione dell'impasto, dopo l'inoculazione di colture starter di *lactobacillus delbrueckii*.

2.2.5 Gli emulsionanti

Gli emulsionanti sono sostanze in grado di stabilizzare un'emulsione, cioè la dispersione della fase lipidica nelle fase acquosa, agendo da tensioattivo. Questi non solo permettono di ottenere una mollica più leggera meno gommosa e più uniforme ma sono anche importanti per il loro effetto anti-raffermamento. I lipidi, e i mono gliceridi in particolare, condizionano direttamente la retrogradazione dell'amido e sono comunemente usati per migliorare la sofficità e il volume del pane. I mono gliceridi infatti diminuiscono la retrogradazione dell'amilopectina e formano complessi insolubili con l'amilosio, portando quindi ad una minore ricristallizzazione post-cottura sia dell'amilosio solubilizzato sia dell'amilopectina amorfa. È proprio all'interno della configurazione a elica dell'amilosio che le catene lineari dei mono gliceridi si inseriscono. Grazie a questo si forma un complesso, detto amilosio-monoacil-lipide, che protegge la superficie dei granuli di amido impedendo lo scambio di acqua tra amido e glutine così da ridurre i contatti in cottura tra i granuli di amido parzialmente gelatinizzati (Gray e Bemiller, 2003). Secondo alcune ricerche anche la lecitina è in grado di rallentare il fenomeno del rafferimento. Infatti la lecitina di soia inibisce la cristallizzazione dei granuli di amido e l'invecchiamento del pane. La lecitina di avena invece, non agisce sulla retrogradazione dell'amido ma è più efficace nel ritardare il fenomeno del rafferimento. Da poco è stato proposto l'utilizzo di un nuovo tensioattivo biologico ottenuto dal *Bacillus subtilis* come agente anti rafferimento rispetto alla lecitina di soia. L'aggiunta di questo tensioattivo biologico riduce significativamente il rafferimento del pane e la suscettibilità alla crescita microbica durante la conservazione dello stesso (Minf *et al.*, 2012). Secondo uno studio l'architettura fisica dei lipidi utilizzati nella formulazione potrebbe contribuire a modulare la velocità di retrogradazione dell'amido (Manzocco *et al.*, 2012).

2.2.6 Trattamento ad alta pressione idrostatica (HHP)

L'uso delle alte pressioni idrostatiche rappresenta uno dei più moderni processi tecnologici applicati all'industria conserviera. Questa operazione unitaria può cambiare le proprietà strutturali e funzionali di proteine e di amidi di cereali ed è stata studiata per migliorare la qualità del pane fatto con farine alternative al grano. In particolare, Hunter *et al.*, (2010) in uno studio sull'uso di HHP per migliorare la performance della farina d'avena nella produzione di pane, hanno scoperto che il tasso di raffermaimento si è ridotto notevolmente in seguito alla sostituzione di farina al 10% e al 40%, con batteri d'avena trattati a 200 MPa. Questo trattamento indebolisce le proteine, influenza la distribuzione di umidità ed anche l'interazione tra proteine e amido, causando così un rallentamento del tasso di raffermaimento nel pane d'avena. Vallons *et al.*, (2010) invece hanno dimostrato che il pane contenente il 2% di sorgo trattato a 600 MPa ha un tasso di raffermaimento più lento del controllo ottenuto con farina di grano. Più recentemente Angioloni e Collar (2012) partendo dalla stessa quantità di farina (sorgo, miglio e avena) trattata a 350MPa e sostituita con farina di grano (60% per avena, 40% per miglio e sorgo) hanno dimostrato che il trattamento HHP in pane di grano e d'avena abbassa i valori finali di durezza della mollica dando pani più morbidi con una cinetica di raffermaimento più lenta rispetto al pane standard.

2.2.7 Film ad alta barriera contro il vapore acqueo

Il prodotto da forno, dopo la cottura tende a perdere acqua sotto forma di vapore acqueo e contemporaneamente subisce un diminuzione di peso. In questa fase è necessario evitare che il prodotto si inumidisca in superficie e vada in contro ad alterazioni e rammollimento della crosta. Quando il prodotto è caldo, infatti, bisogna evitare il confezionamento con involucri impermeabili al vapore, poiché tali condizioni favorirebbero una condensazione del vapore all'interno della confezione e l'instaurarsi di condizioni ideali per lo sviluppo di muffe. Risolto il problema dell'ammuffimento è importante impiegare film ad alta barriera al vapore acqueo in modo da conservare l'umidità nei prodotti da forno e ritardare di conseguenza il raffermaimento. In Italia secondo ISMEA (2002) il 98-99% del pane commercializzato è veduto come prodotto sfuso. Infatti per il confezionamento del pane artigianale che viene consumato in tempo breve dopo l'acquisto è possibile utilizzare il

sacchetto di carta Kraft. Questo materiale è il più diffuso tra i materiali cellulosici ed è caratterizzato da una notevole resistenza e tenacità, viene utilizzato per la produzione di sacchetti multistrato molto resistenti alla trazione e allo strappo e costituisce un'ottima barriera all'umidità. Negli Stati Uniti uno dei materiali più usati per il confezionamento è il sacchetto LDPE (polietilene a bassa densità) che impedisce il passaggio diretto di umidità dalla mollica alla crosta, provocando un indurimento della prima. I pani speciali, come ad esempio il pane francese sono confezionati in sacchi di OPP (propilene orientato) caratterizzato da piccoli fori che consentono l'uscita di umidità e di conseguenza il mantenimento di una crosta croccante. Le dimensioni e la quantità media dei fori per unità di superficie variano in funzione del tipo di prodotto e dal suo rapporto superficie/volume. Il confezionamento sotto vuoto, invece, non è consigliabile per i prodotti da forno morbidi perché si schiaccerebbero, ma è usato per prevenire l'ammuffimento di pani piatti, pita e basi per pizza. Un' alternativa al confezionamento sotto vuoto può essere il confezionamento in atmosfera modificata.

2.2.8 Confezionamento in atmosfera modificata

Il confezionamento in atmosfera modificata (MAP, Modified Atmosphere Packaging) è uno dei metodi per estendere la *shelf-life* dei prodotti lievitati da forno. Questo metodo consiste nella modificazione della componente gassosa in cui l'alimento è confinato. I gas che solitamente vengono utilizzati sono ossigeno, anidride carbonica e azoto in diverse percentuali. L'azoto è uno dei gas più comuni, spesso usato solo per completare la formula di varie miscele data la sua inerzia e la limitata attività antimicrobica. Per la scarsa solubilità, la sua presenza nell'atmosfera modificata può prevenire il collasso delle confezioni nel caso in cui vengano impiegate elevate quantità di CO₂, che invece risulta essere molto solubile in acqua e grassi. La CO₂ è il gas più importante dal punto di vista microbiologico per la sua attività antistatica e fungistatica. Per avere efficacia, però, la CO₂ deve essere utilizzata in concentrazioni superiori al 20% (Corsetti e Gobbetti, 2010). In particolare all'aumentare della percentuale di CO₂ si ha un progressivo aumento della *shelf-life* (Robertson, 2009). Le miscele utilizzate più di frequente prevedono la presenza di ossigeno residuo in percentuali inferiori al 2% e rapporti CO₂/N₂ da 20/80 a 100/0. Basse pressioni parziali di ossigeno, dovute a una inadeguata evacuazione durante la fase

di confezionamento o ad una eccessiva permeabilità del materiale di imballaggio potrebbero agevolare lo sviluppo di muffe sulla superficie dei prodotti da forno anche in presenza di alte pressioni parziali di CO₂. Alcuni autori hanno dimostrato che l'anidride carbonica possiede un effetto di anti-raffermamento sul pane che può essere dovuto al blocco dei siti di legame dell'acqua nell'amiolopectina (Avital *et al.*, 1990). In particolare, campioni di pane confezionati in atmosfera modificata con il 100% di CO₂ e sottoposti a compressione mostravano una minore durezza e quindi un processo di raffermaimento più lento rispetto a campioni conservati all'aria o confezionati con atmosfera modificata al 50% di CO₂ e 50 % di N₂ (Cenc *et al.*, 1996).

2.2.9 L'etanolo

Un'altra tecnica rilevata efficace per la conservazione dei prodotti lievitati da forno, è quella che consiste nella modificazione dell'atmosfera che circonda l'alimento con vapori di etanolo. L'etanolo infatti ha proprietà battericida, è un efficiente agente antimuffa ed è in grado di prolungare la *shelf-life* dei prodotti da forno. Può essere usato in vari modi: sotto forma di spray, incorporato nel materiale plastico o inserito all'interno della confezione prima della chiusura in un sacchetto di carta-EVA, copolimero contenente gel di silice in polvere, a lento rilascio. Grazie all'uso di etanolo infatti sembra sia ritardata la crescita di muffe, lieviti ed altri contaminanti microbici e ridotta la velocità di raffermaimento (Kotsianis *et al.*, 2002). Tuttavia, l'etanolo non è un additivo ma un ingrediente e come tale deve essere dichiarato in etichetta. In Italia nel pane in cassetta può raggiungere fino al 2% sulla sostanza secca (Decreto Ministeriale 04/03/1985).

2.2.10 Le basse temperature

La richiesta dei consumatori di avere pane "fresco", disponibile in qualsiasi momento della giornata e la necessità di trasporto, distribuzione e conservazione richiedono l'applicazione della catena del freddo anche ai prodotti da forno. Le basse temperature (refrigerazione e congelamento) sono state utilizzate nell'industria dei prodotti da forno al fine di sviluppare prodotti innovativi, nonostante la refrigerazione abbia un effetto deleterio in quanto accelera il raffermaimento del pane e simili. Il congelamento, infatti, riduce lo sviluppo microbico e le reazioni enzimatiche responsabili del deterioramento

degli alimenti ma determina anche notevoli modificazioni delle caratteristiche strutturali e sensoriali dei prodotti. Sempre più spesso il prodotto che viene congelato/surgelato non è il prodotto finito ma un impasto o un semilavorato la cui lievitazione e/o cottura verrà terminata dal cliente finale. Bisogna considerare che un impatto sulla cinetica del raffermaimento è dato dal metodo di raffreddamento utilizzato: il raffreddamento sotto vuoto provoca una maggiore perdita di umidità del prodotto rispetto al raffreddamento convenzionale, con minore resa e più rapida perdita di umidità interna, bilanciata, però, da una maggiore sofficità del prodotto (Le-Bail *et al.*, 2011). Rispetto alla surgelazione del pane totalmente cotto possiamo avere una maggiore stabilità ossidativa surgelando il pane parzialmente cotto o meglio l'impasto. Il pane cotto e congelato ha mostrato un indurimento della mollica simile a quello del pane conservato a temperatura ambiente, mentre un maggiore indurimento si è rilevato nel pane parzialmente cotto, facendo sì che tale prodotto avesse un raffermaimento più veloce rispetto a quello convenzionale sia a quello cotto surgelato o surgelato come impasto (Novotni *et al.*, 2011). Durante la conservazione del pane esiste un equilibrio tra l'umidità della mollica e della crosta. In particolare in pani conservati ad una temperatura di -18°C (temperatura inferiore alla temperatura di transizione vetrosa) possiamo notare un'attività dell'acqua costante dopo 23 giorni e una cristallizzazione più lenta dell'amido, dovuta al rallentamento della crescita dei cristalli (Aguirre *et al.*, 2011). I prodotti da forno cotti e surgelati, apprezzati per la praticità, sono solitamente scongelati e riscaldati dal consumatore. Durante il riscaldamento si ha un'inversione del processo di raffermaimento, ma questo fenomeno non permette di preservare e recuperare la caratteristica sofficità e croccantezza di un prodotto fresco. Al contrario, il pane cotto congelato e poi rigenerato ha caratteristiche simili a quelle del prodotto fresco ma rafferma più velocemente per:

- Una maggiore perdita di umidità dovuta alla doppia cottura;
- Un elevato numero di passaggi a 4°C (temperatura a cui il raffermaimento è più rapido) durante il raffreddamento-riscaldamento.

Secondo alcuni studi inoltre anche il tempo di surgelazione condiziona la qualità del prodotto finito ed in particolare il raffermaimento.

2.3 Nuove tecniche di misurazione

Diversi sono i metodi di misurazione utilizzati per valutare il rafferimento del pane, ma fino ad ora non è stato trovato un metodo che permetta una misurazione completa del fenomeno del rafferimento nella stessa misura a quella descritta dal consumatore (Sidhu *et al.*, 1996).

Tra le tecniche classiche utilizzate per la misurazione del rafferimento del pane abbiamo il TPA, il test di rilassamento (Hold until Time Test), la Calorimetria differenziale a scansione (DSC) e l'analisi colorimetrica.

Il TPA (Texture Profile Analysis) è un test di compressione che ci permette di valutare le caratteristiche strutturali del pane ottenendo i seguenti parametri: la forza in g, la coesività, la capacità di recupero, l'elasticità, la gommosità e la masticabilità. Pani raffermi infatti mostrano valori alti di durezza, gommosità e masticabilità rispetto a pani appena sfornati. Invece la capacità di recupero collegata all'elasticità istantanea del campione e la coesività in pani raffermi mostrano valori bassi rispetto al pane appena sfornato.

Il test di rilassamento (Hold until Time Test) come il TPA è un test di compressione e ci permette di valutare la forza in g, indice di durezza e l'elasticità del pane. In particolare ci mostra come i pani raffermi abbiano valori di elasticità bassi, poiché questa tende a diminuire durante la conservazione.

La Calorimetria differenziale a scansione (DSC) è un metodo termico che misura la temperatura differenziale o flusso di calore verso o da un campione rispetto a un materiale di riferimento in funzione del tempo e può essere utilizzata per monitorare cambiamenti come transizioni di fase, cambiamenti conformazionali molecolari, interazioni con altri componenti e il degrado pirolitico del campione. In particolare il DSC si basa sulla misura della differenza di flusso termico tra il campione in esame e uno di riferimento. Il principio di base di questa tecnica consiste nel ricavare informazioni sul materiale riscaldandolo o raffreddandolo in maniera controllata. In particolare misura la differenza di entalpia raggiunta in seguito alla cristallizzazione dell'amilopectina in pane raffermo.

L'analisi colorimetrica, è un metodo che consiste nell'assorbimento di particolari lunghezze d'onda della luce da parte di soluzioni colorate mediante l'utilizzo del colorimetro. Grazie a questo strumento siamo in grado di misurare i cambiamenti di colore della crosta del pane prima e dopo il rafferimento. Ci mostra, infatti, come pani raffermi hanno maggiore riflettanza media rispetto a pani appena cotti. Quindi la

variazione di colore è considerata una conseguenza diretta del raffermamento. Durante l'ultimo decennio sono state utilizzate nuove metodologie e /o nuove applicazioni per la misurazione del raffermamento del pane. In particolare sono:

- Cristallografia a raggi X è una tecnica della cristallografia in cui l'immagine, prodotta dalla diffrazione dei raggi X attraverso lo spazio del reticolo atomico in un cristallo, viene registrata e quindi analizzata per rivelare la natura del reticolo. In particolare è utilizzata perché esamina la natura cristallina dell'amido nel sistema ovvero ci mostra come l'amido in pane appena sfornato è più amorfo, ma poi lentamente ricristallizza durante lo stoccaggio in seguito al raffermamento.
- La Risonanza Magnetica Nucleare (NMR) è una tecnica di indagine sulla materia basata sulla misura della precessione dello spin di protoni o di altri nuclei dotati di momento magnetico quando sono sottoposti ad un campo magnetico. È utilizzata per determinare le interazioni tra acqua e biopolimeri e relazionarli al fenomeno del raffermamento. Man mano che il processo del raffermamento insorge, l'acqua diventa meno mobile e quella che rimane risulta caratterizzata da un tempo di rilassamento inferiore (Fadda *et al.*, 2014).
- Spettroscopia nel vicino infrarosso (NIRS) è un metodo spettroscopico che utilizza il vicino infrarosso regione dello spettro elettromagnetico per studiare i cambiamenti fisici e chimici che avvengono durante il raffermamento.

Capitolo 3

Materiali e metodi

3.1 Materiali

Lo scopo della sperimentazione è stato quello di valutare l'influenza di un amido *waxy* e un enzima sulle caratteristiche chimico-fisiche e sensoriali di un prodotto da forno tipo focaccia durante lo stoccaggio.

Le focacce sono state realizzate utilizzando i seguenti ingredienti:

- farina di grano tenero tipo "00";
- acqua a temperatura ambiente;
- olio extravergine di oliva;
- sale fino da cucina;
- lievito di birra fresco;
- estratto di malto;
- coadiuvante di lievitazione;

olio extravergine di oliva e sale grosso per la finitura; Gli ingredienti aggiunti in formulazione per contrastare il fenomeno del raffermaimento sono i seguenti:

- ✓ Panenzyme AM 100 (CHIMAB S.P.A.). L'ingrediente è stato aggiunto in formulazione al 5 e 10%. E' una preparazione enzimatica contenente un'amilasi maltogenica derivata da ceppi selezionati di *Bacillus subtilis*. Questo ingrediente esplica la propria attività durante la cottura, "destrinizzando" l'amido e formando composti più semplici che richiedono un tempo maggiore per rafferma.
- ✓ Novation TM 2700 (amido) (Prodotti Gianni s.r.l). L'ingrediente è stato aggiunto in formulazione al 2.5 e 5%.

I campioni di focaccia oggetto della sperimentazione sono stati realizzati secondo il processo produttivo riportato nello schema di Figura 3.1.

Le focacce con l'aggiunta di nuovi ingredienti prevedevano:

- 2.5% di NOVATION 2007 sul peso della farina. Il campione è stato indicato con la sigla N2.5;

- 5% di NOVATION 2007 sul peso della farina. Il campione è stato indicato con la sigla N5;
- 0,005% di PANENZYME AM100 sul peso della farina. Il campione è stato indicato con la sigla E5;
- 0,01% PANENZYME AM100 sul peso della farina. Il campione è stato indicato con la sigla E10.

I campioni di controllo è stato indicato con la sigla “C”

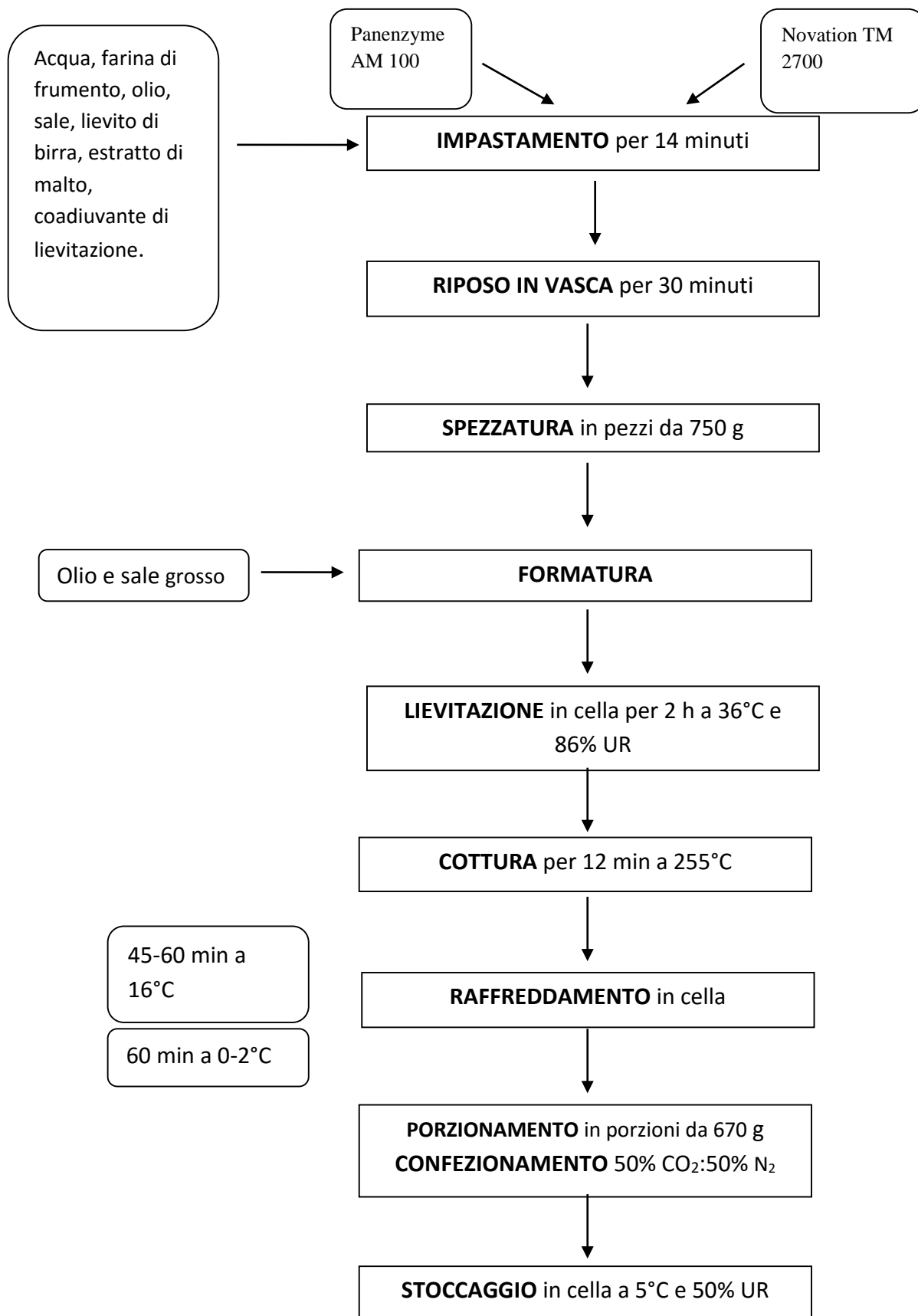


Figura 3.1- Schema processo produttivo focacce

Stoccaggio

I campioni sono stati stoccati in cella termostata con controllo dell'umidità relativa (*Constant Climate Chambers* con tecnologia Peltier) modello HPP 108/749 (Memmert, Germany). Le condizioni ambientali adottate per i test di *shelf-life* sono state le seguenti: 5°C e 50% RH.

I campioni sono stati prelevati per essere sottoposti alle determinazioni analitiche ai seguenti intervalli di tempo:

- Dopo 24 ore dalla preparazione (T1)
- Dopo 48 ore dalla preparazione (T2)
- Dopo 3 giorni dalla preparazione (T3)
- Dopo 1 settimana dalla preparazione (T7)
- Dopo 10 giorni dalla preparazione (T10)

3.2 Metodi

3.2.1 Determinazioni analitiche effettuate sugli impasti

Sugli impasti realizzati è stato valutato lo sviluppo in volume durante la fermentazione.

3.2.1.1 Sviluppo in volume dell'impasto

Sull'impasto sono state eseguite prove di lievitazione attraverso il calcolo della variazione di volume dell'impasto nel tempo.

Sono stati utilizzati due cilindri graduati in plastica da 100 ml per ogni campione.

In ogni cilindro sono stati inseriti circa 20 g di impasto, facendolo ben aderire alla base e alle pareti del cilindro in modo da eliminare il più possibile le bolle d'aria eventualmente presenti.

I cilindri sono stati posti in cella termostata a 36°C e 86% di UR per 2 ore. Lo sviluppo in volume è stato valutato ogni 30 minuti durante la lievitazione in cella a 36°C e 86% UR.

3.2.2 Determinazioni analitiche effettuate sulle focacce

- ❖ Analisi dei gas nello spazio di testa delle confezioni;
- ❖ Determinazione dell'umidità;
- ❖ Texture Profile Analysis (TPA) test;
- ❖ Test di rilassamento (Hold until Time test);
- ❖ Analisi sensoriale.

3.2.2.1 Analisi dei gas nello spazio di testa delle confezioni

La misura della concentrazione di O₂ e CO₂ (%) nello spazio di testa delle confezioni, prima della loro apertura, è stata effettuata con un analizzatore dei gas mod. MFA III S/L (Witt-Gasetechnik, Witten, Germany). Per ogni tipologia di focaccia sono stati testati due campioni, effettuando tre misure per ogni confezione.

3.2.2.2 Determinazione dell'umidità

Il metodo si basa sull'essiccamento del campione ad una temperatura di 105 °C a pressione atmosferica fino a peso costante, per circa 12 ore.

Per effettuare l'analisi si è proceduto ponendo le capsule in alluminio porta campione in stufa a una temperatura di 105 °C per un'ora circa. Trascorso questo tempo sono state estratte e poste in essiccatore per un'ora circa.

La determinazione dell'umidità percentuale dei campioni di focaccia è stata eseguita pesando esattamente circa 3 grammi di campione di mollica nelle capsule, le quali vengono poi poste in stufa a 105°C per 12 ore, fino a peso costante.

Ogni analisi è stata effettuata in triplo.

L'umidità del campione si ricava dalla seguente equazione (1):

$$\frac{(\text{Peso netto Fresco} - \text{Peso netto Secco})}{\text{Peso netto Fresco}} * 100 \quad (1)$$

3.2.2.3 Texture Profile Analysis (TPA) test

Il TPA, definito anche test di masticazione, è il metodo universale per la misura della *texture* e si basa sull'applicazione di due cicli dinamometrici in successione. I parametri che si ottengono sono facilmente correlabili con test di tipo sensoriale, proprio perché la doppia compressione dello strumento simula la masticazione. Ogni ciclo è composto da due fasi. Una compressione, durante la quale il campione viene compresso di una percentuale della sua altezza normale (la percentuale è diversa a seconda del tipo di prodotto considerato); il materiale viene compattato e, al termine dello sforzo, si ottiene un picco massimo. Segue una decompressione, durante la quale il campione recupera una parte della sua forma iniziale. Dopo un certo periodo di tempo (stabilito in base al tipo di prodotto da analizzare) inizia la seconda compressione e il ciclo si ripete. Dal momento, però, che gli alimenti non sono materiali del tutto elastici, la struttura interna del campione durante il secondo ciclo cambia e la risposta del prodotto sarà diversa. Nello specifico, il secondo profilo di texture sarà tanto più diverso dal precedente quanto più la struttura del materiale sarà stata modificata dalla prima sequenza di compressione/decompressione.

Dal Texture Profile Analysis test si ottengono i seguenti parametri (Figura 3.4):

- Hardness (*Durezza*), che corrisponde al picco di forza massimo ottenuto durante la prima compressione. Questo parametro descrive un'eventuale perdita di sofficietà della mollica e indurimento generale del campione, dovuti a perdita di umidità della crosta o retrogradazione dell'amido e quindi al fenomeno del rafferramento;
- Fracturability (*Fratturabilità*), che corrisponde al picco che si verifica nella curva durante la prima compressione. Non sempre è presente perché non tutti i prodotti sono soggetti a fratturabilità (come nel caso delle focacce in esame);
- Cohesiveness (*Coesività*) (A_2/A_1), che è data dal rapporto tra l'area delimitata dalla curva che rappresenta la seconda compressione e l'area delimitata dalla curva che rappresenta la prima compressione. La coesività si ha perché normalmente la mollica del pane forma con la saliva un aggregato tale da richiedere uno sforzo di masticazione. Questo parametro dipende in parte dal contenuto di umidità e in parte dalla forza della maglia glutinica che circonda gli

alveoli della mollica. In linea di massima la coesività è una caratteristica positiva sebbene si debba evitare la gommosità;

- Resilience (*Capacità di recupero*), indice di come il campione lotta per tornare alla sua forma originale. È correlata all'elasticità istantanea, perché la capacità di recupero è misurata al momento in cui il pistone torna indietro dopo la prima compressione e prima che inizi il tempo di attesa. La capacità di recupero è data dal rapporto tra l'area sottesa alla curva durante il prelievo del pistone nella prima compressione e l'area sottesa alla curva durante la prima compressione (A_5/A_4);
- Springiness (*Elasticità*), (L_2/L_1) indice della capacità di recuperare parte della struttura originaria. È una caratteristica tipica del prodotto fresco, manifestata nel momento in cui viene rimossa una forza applicata e nel conseguente rilassamento. È correlata alla forza della maglia glutinica. Durante la conservazione la mollica perde questa elasticità, si indurisce e prende avvio il processo di raffermaimento;
- Gumminess (*Gommosità*), che è data dal prodotto del valore della durezza per il valore della coesività ed è una caratteristica generalmente negativa;
- Chewiness (*Masticabilità*), che è fornita dal prodotto del valore della gommosità per quello dell'elasticità;
- Adhesiveness (*Adesività*), che è data dall'area che nel grafico appare "negativa", dovuta all'adesione del prodotto sulla superficie del pistone.

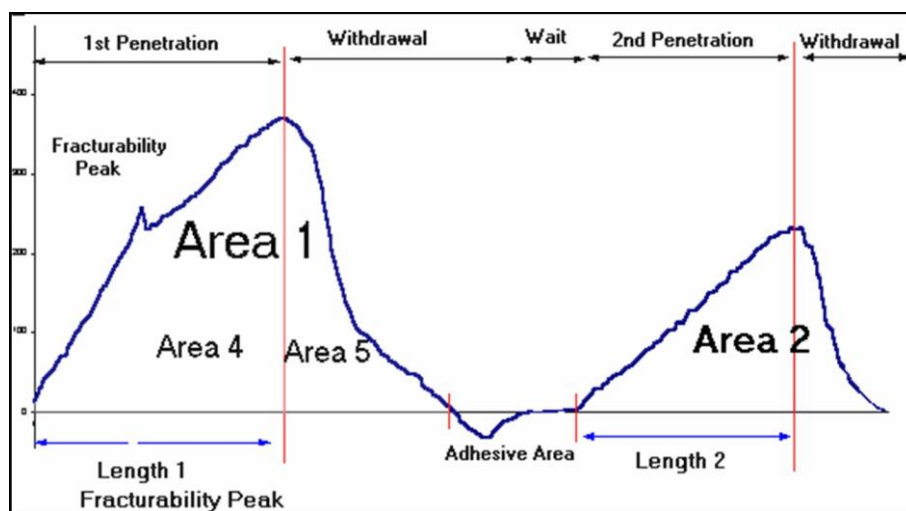


Figura 3.4- Esempio di curva ottenuta dal TPA test

Parametro	Origine
Forza (g)	Picco massimo
Adesività (g*s)	Area ₃
Elasticità (mm)	L ₂ /L ₁
Capacità di recupero	Area ₅ /Area ₄
Coesività	Area ₂ /Area ₁
Gommosità	Coesività * Hardness
Masticabilità	Gommosità * Elasticità

Tabella 3.1- Parametri del TPA test

Il test di masticazione è stato effettuato mediante lo strumento Texture Analyser mod. TA.HDi 500 (Stable Micro System, Godalming, Surrey, UK) utilizzando il programma *Texture Expert Exceed*.

Le focacce testate sono state private della crosta superiore che avrebbe inficiato l'analisi e tagliate in pezzi dalle dimensioni di 4cm x 4cm e di 2cm di spessore.

Per l'analisi sono stati utilizzate le impostazioni riportate di seguito.

Impostazioni operative (Gàmbaro *et al.*, 2002):

- Mode TPA;
- Pre-test Speed 2.0 mm/s;
- Test Speed 3.0 mm/s;
- Post-test Speed 3.0 mm/s;
- Strain 40,0%;
- Time 5 s;
- Load Cell 25 kg;
- Trigger Force auto-10 g.

Il test è stato effettuato su dodici pezzi di focaccia ed immediatamente dopo l'apertura delle confezioni per evitare un'eccessiva disidratazione del campione (Hallberg e Chinachoti, 2002).

3.2.2.4 Test di rilassamento (Hold until Time test)

Il test di rilassamento permette di misurare la durezza e l'elasticità di un campione. Questo tipo di analisi è stato effettuato utilizzando lo strumento Texture Analyser mod. TA.HDi 500 (Stable Micro System, Godalming, Surrey, UK).

Il test prevede tre fasi:

- fase di compressione, durante la quale il campione viene compresso fino al 25% della sua altezza normale;
- fase di riposo, durante la quale il campione viene mantenuto compresso per 60 secondi;
- fase di decompressione.

Per l'analisi sono stati utilizzati una cella da 25 kg e le impostazioni riportate qui di seguito.

- Mode Measure Force Compression;
- Option Hold until Time
- Pre-test Speed 1.0 mm/s;
- Test Speed 1.0 mm/s;
- Post-test Speed 10.0 mm/s;
- Strain 25%;
- Time 60 s;
- Trigger Type Auto- 5 g;
- Data Acquisition Rate 200 pps.

La durezza è data dalla forza necessaria a comprimere il campione. L'elasticità si ottiene dividendo la forza misurata dopo i 60 secondi di compressione per la forza massima e moltiplicando il risultato per 100%.

$$\frac{F_{60}}{F_{max}} * 100\% = \% \text{ di elasticità}$$

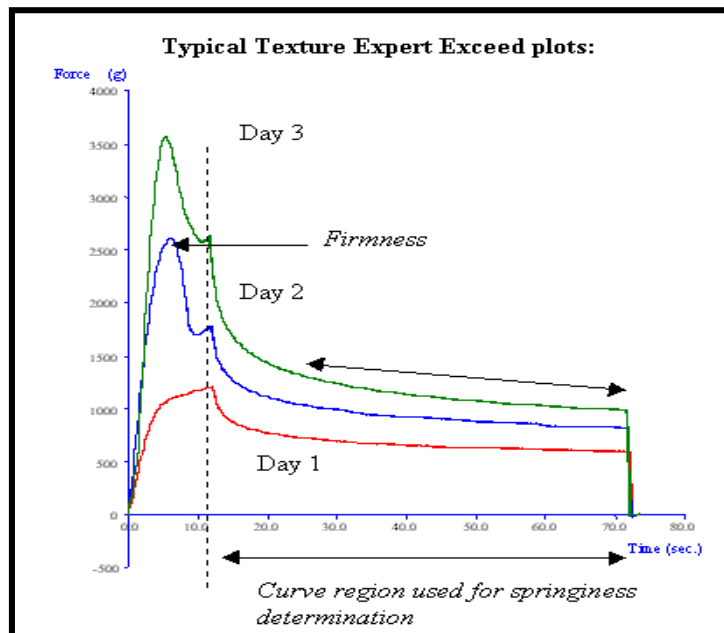


Figura 3.5- Esempio di curva ottenuta dal Hold until Time test.

Come per il TPA test le focacce sono state private della crosta superiore che avrebbe inficiato l'analisi e tagliate in pezzi dalle dimensioni di 4cm x 4cm e di 2cm di spessore.

3.2.2.5 Analisi sensoriale

L'analisi sensoriale è stata effettuata da panelisti addestrati ai quali è stato chiesto di valutare i cinque campioni di focacce, Controllo, N2.5, N5, E5ed E10. Il test prevedeva una valutazione visiva, gustativa, olfattiva e complessiva dei cinque prodotti. Per l'analisi è stata utilizzata una scala di categoria discreta con punteggi che andavano da 1 a 9. La scheda utilizzata per l'analisi sensoriale è riportata di seguito.

Le focacce sono state prelevate dalla cella a 5°C e lasciate a temperatura ambiente per 2 ore prima di procedere con l'assaggio.

Ai giudici è stato mostrato un campione di focaccia affinché potessero osservarlo, testarne la consistenza, l'alveolatura, la sofficità ed è stato loro spiegato su quali caratteristiche del prodotto soffermarsi e quali tralasciare perché troppo soggette a variabilità (diverso spessore, doratura, quantità di sale sulla superficie, ecc. L'odore, l'alveolatura, la sofficità

e l'accettabilità visiva sono stati valutati sulla focaccia intera mentre l'accettabilità olfattiva, quella di *texture*, quella gustativa e la gradevolezza complessiva su un pezzetto di focaccia.

PROFILO ANALITICO FOCACCIA

Data:

Campione:

Giudice:

Da valutare sul prodotto intero:

Odore tipico:

1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____ 6 _____ 7 _____ 8 _____ 9 _____

Poco odore tipico, prodotto
raffermo

Molto odore tipico,
prodotto fresco

Alveolatura:

1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____ 6 _____ 7 _____ 8 _____ 9 _____

Poco uniforme

Molto uniforme

Sofficità:

1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____ 6 _____ 7 _____ 8 _____ 9 _____

Poco soffice

Molto soffice

Accettabilità:

1) Visiva:

1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____ 6 _____ 7 _____ 8 _____ 9 _____

Poco accettabile

Molto accettabile

Da valutare sul pezzo tagliato:

2) Olfattiva:

1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____ 6 _____ 7 _____ 8 _____ 9 _____

Poco accettabile

Molto accettabile

3) Texture:

1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____ 6 _____ 7 _____ 8 _____ 9 _____

Poco accettabile

Molto accettabile

4) Gustativa:

1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____ 6 _____ 7 _____ 8 _____ 9 _____

Poco accettabile

Molto accettabile

Gradevolezza complessiva

1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____ 6 _____ 7 _____ 8 _____ 9 _____

Poco accettabile

Molto accettabile

Capitolo 4

Risultati e discussione

4.1 Determinazioni analitiche effettuate sugli impasti

4.1.1 Sviluppo in volume dell'impasto

Nel grafico in Figura 4.1 è riportato l'andamento dello sviluppo in volume degli impasti analizzati nel corso delle due ore di lievitazione a 36°C e 86% di umidità relativa.

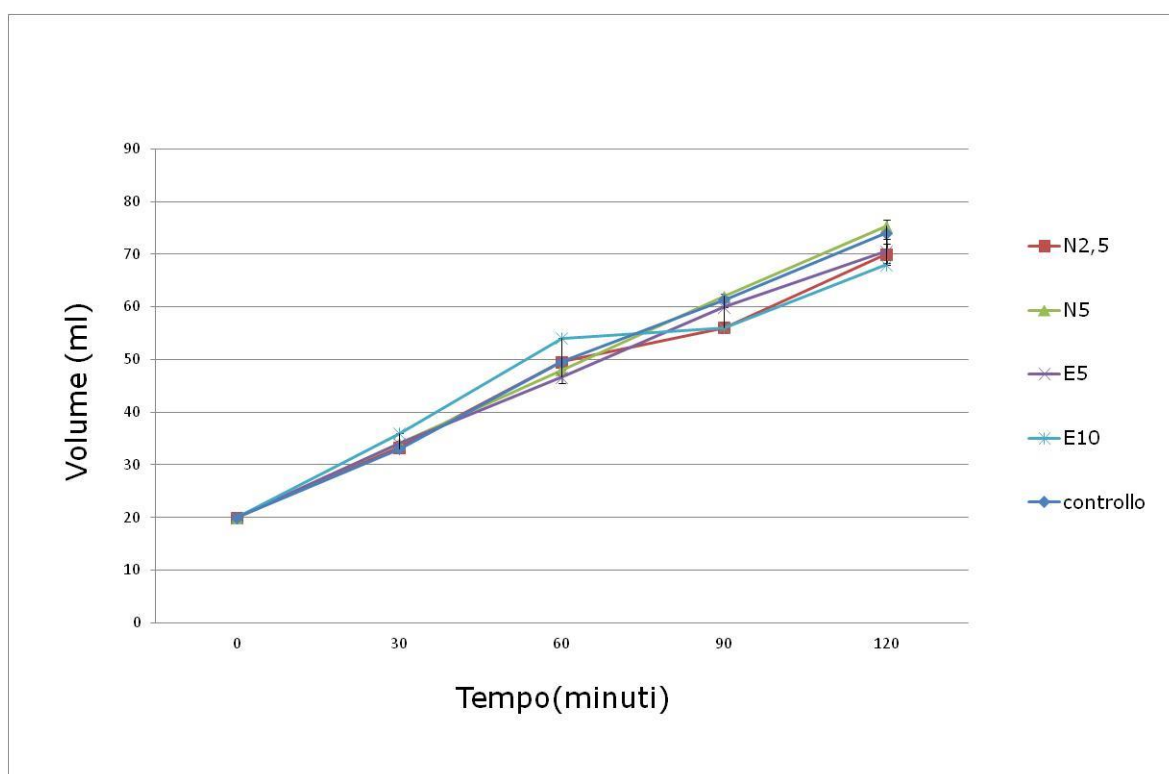


Figura 4.1- *Andamento del volume degli impasti nel corso della lievitazione a 36 °C*

Le curve degli impasti realizzati mostrano, alla temperatura di 36 °C, un andamento simile.

Il campione N5 è l'unico che, al termine delle due ore di fermentazione, mostra valori di sviluppo in volume non statisticamente differenti dal Controllo.

4.2 Determinazioni analitiche effettuate sulle focacce

4.2.1 Analisi dei gas nello spazio di testa delle confezioni

Durante i 10 giorni di conservazione a 5°C, le focacce confezionate in atmosfera modificata hanno mantenuto una concentrazione di anidride carbonica e di ossigeno superiore al 40% ed inferiore al 4% rispettivamente come riportato in tabella 4.1

Tempo	Controllo		N2.5		N 5		E 5		E 10	
	CO2%	O2%	CO2%	O2%	CO2%	O2%	CO2%	O2%	CO2%	O2%
1	47,2	1,55	40,47	4,16	39,16	5,14	42,51	3,22	43,44	2,88
2	41,02	4,2	33,83	6,83	41,68	3,67	43,32	2,40	42,50	2,70
3	45,37	1,80	48,65	1,05	47,85	1,18	46,38	1,45	47,02	1,30
7	47,35	1,22	45,92	1,70	50,05	0,55	45,67	0,90	48,77	0,15
10	49,71	0,83	44,84	2,72	49,72	0,92	42,57	3,21	46,52	1,63

Tabella 4.1-Variazione della concentrazione di anidride carbonica e ossigeno dei cinque campioni in funzione del tempo.

Il mantenimento di una percentuale così elevata di CO₂ risulta di notevole rilievo poiché la CO₂ è importante dal punto di vista microbiologico dal momento che possiede attività batteriostatica e fungistatica; per avere efficacia, deve essere impiegata a concentrazioni superiori al 20% (Corsetti e Gobbetti, 2010). In particolare, la *shelf-life* aumenta all'aumentare della concentrazione di CO₂ con effetti più evidenti a basse temperature (Robertson, 2009). La combinazione della miscela gassosa in grado di garantire la migliore inibizione microbica, senza influenzare le caratteristiche sensoriali dei prodotti, deve essere determinata specificatamente per ciascuna tipologia di prodotto (Smith e Simpson, 1996). In generale le proporzioni di gas raccomandate sono comprese tra 20 e 50% di CO₂ e 50 e 80% di N₂ (Kotsianis *et al.*, 2002). Rodriguez *et al.*, (2000) hanno inoltre verificato che, conservando campioni di pane in atmosfera modificata composta da CO₂ : N₂ (50:50), è possibile estendere la *shelf-life* del 117% e del 158% a 22-25°C e 15-20°C rispettivamente. Alcuni autori hanno dimostrato che l'anidride carbonica possiede anche un effetto antiraffermamento sul pane che può essere dovuto al blocco dei siti di legame dell'acqua nell'amilopectina (Avital *et al.*, 1990). In particolare, campioni di pane confezionati in ATM con il 100% di CO₂ e sottoposti a test di compressione

mostravano una minore durezza della mollica e quindi un processo di raffermamento più lento rispetto a campioni conservati all'aria o confezionati con ATM al 50% di CO₂ e 50% di N₂ (Cencic *et al.*, 1996).

4.2.2 Determinazione dell'umidità

Nel grafico di Figura 4.2 è riportato il cambiamento di umidità dei cinque campioni di focaccia durante la conservazione.

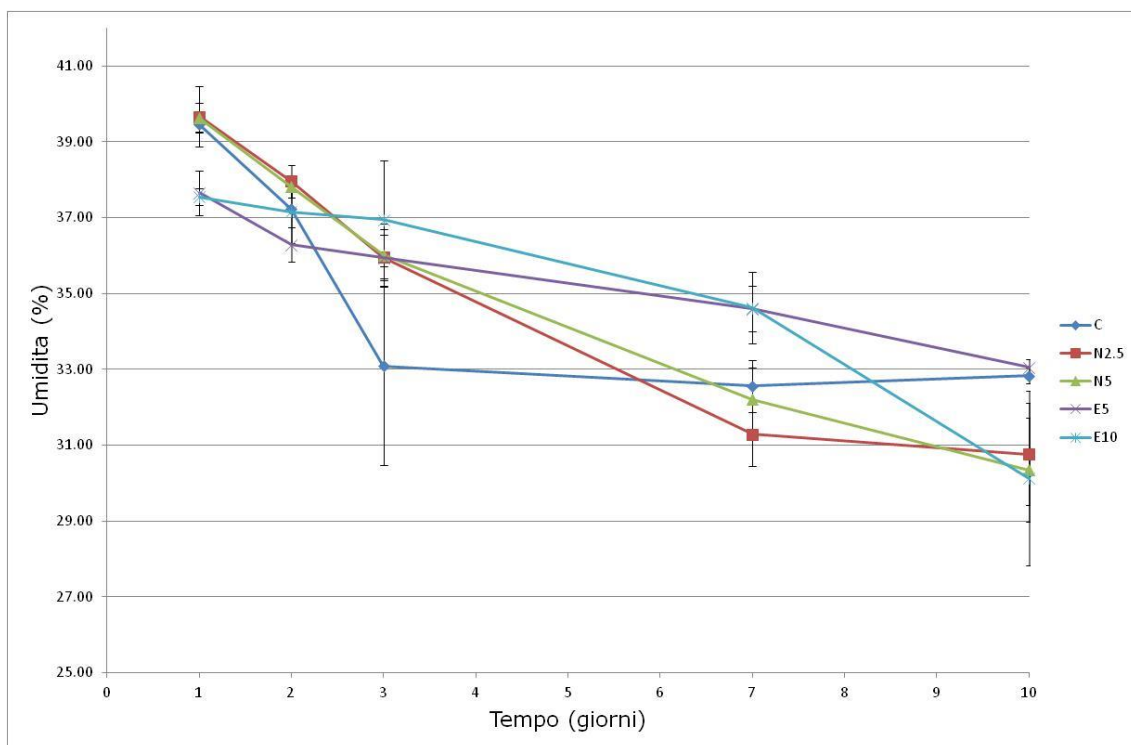


Figura 4.2- Variazione dell'umidità dei cinque campioni in funzione del tempo di conservazione.

	C	N2.5	N5	E5	E10
T1	39,46±0,19Aa	39,67±0,80Aa	39,64±0,40Aa	37,66±0,59Ba	37,55±0,22Ba
T2	37,23±0,48ABb	37,96±0,43Ab	37,82±0,28ACb	36,29±0,46Cb	37,15±0,83Ba
T3	33,09±2,63Bc	35,95±0,60Ac	36,01±0,82Ac	35,95±0,76Ab	36,95±1,56Aa
T7	32,56±0,69Bc	31,29±0,84Cd	32,20±0,85BCd	34,60±0,60Ac	34,62±0,95Ab
T10	32,83±0,21Ac	30,77±1,36Bd	30,34±1,37Be	33,05±0,21Ad	30,13±2,31Bc

Tabella 4.2- Valori di umidità dei cinque campioni in funzione del tempo di conservazione.

Valori riportati per ogni campione nel corso della conservazione con lettere minuscole differenti sono risultati significativamente diversi ($p<0.05$)

Valori riportati per ogni tempo di controllo con lettere maiuscole differenti sono risultati significativamente diversi ($p<0.05$)

In accordo con la bibliografia, i dati ottenuti confermano una graduale ma costante diminuzione dell'umidità delle focacce durante la conservazione.

I cambiamenti di umidità contribuiscono al rafforzamento attraverso l'evaporazione e la redistribuzione dell'acqua (Baik e Chinachoti, 2000; Bollain *et al.*, 2005) tra crosta e mollica e tra amido e glutine. Durante il rafforzamento, infatti, cambia la distribuzione di acqua nel prodotto e si ha una diminuzione di umidità (Pisesookbuterng e D'Appolonia, 1983).

L'acqua, dunque, gioca un ruolo critico nel rafforzamento dei prodotti da forno. Quando, infatti, si verifica la retrogradazione dell'amilopectina, le molecole di acqua vengono incorporate nei cristalli e l'acqua migra dal glutine all'amido modificando la struttura della maglia glutinica (Gray e Bemiller, 2003). Quindi, anche l'acqua gioca un importante ruolo nell'indurimento della mollica a causa del suo effetto "plasticizzante" sulla struttura della mollica stessa (Hug-Iten *et al.*, 2003).

Le focacce realizzate mediante l'aggiunta della percentuale minore di enzima mantengono una percentuale di umidità leggermente superiore (33.05%) durante lo stoccaggio rispetto agli altri campioni analizzati. Poiché il valore di umidità iniziale dei tre campioni presentava differenze significative, per meglio comprendere come varia il contenuto in acqua durante la conservazione si è deciso di applicare la seguente equazione (1):

$$\Delta p t_n = \frac{p t_n - p t_0}{p t_0} * 100 \quad (1)$$

dove p è il parametro valutato.

Dai risultati ottenuti si può affermare che il campione realizzato con l'aggiunta della minore percentuale di enzima, pur partendo da un contenuto di umidità leggermente inferiore rispetto agli altri campioni analizzati, si è mantenuto comunque il più umido rispetto alle altre focacce. Infatti, i campioni C, N 2.5, N5, E5 ed E10 hanno mostrato una perdita di umidità pari al 16,79%, 22,45%, 23,44%, 12,23% e 19,76 % rispettivamente. E' stato dimostrato che un maggior contenuto di acqua permette di aumentare la *shelf-life* dei prodotti da forno (Rogers *et al.*, 1988; He e Hosenev, 1990) e ritardare la retrogradazione dell'amido (Andreu *et al.*, 1999).

4.2.3 Texture Profile Analysis (TPA) test

Le misure reologiche imitative (nel caso specifico quelle dinamometriche) possono essere utili al fine di studiare le proprietà fisiche e strutturali dei prodotti da forno allo scopo di caratterizzarli in funzione della diversa formulazione, sia subito dopo cottura sia per seguirne i cambiamenti dovuti al raffermaimento nel corso della conservazione.

I cambiamenti strutturali hanno un impatto negativo sulla qualità del prodotto: la mollica diventa più dura (aumento della consistenza) e sono richiesti più energia (aumento della gommosità) e più tempo (aumento della masticabilità) per la masticazione.

Carson e Sun (2001) hanno utilizzato il TPA per misurare la durezza e altri parametri di texture (coesività, gommosità, masticabilità) di sei tipi di pane e hanno concluso che i risultati ottenuti erano fortemente correlati con l'analisi sensoriale.

	C					N2.5					N5				
	T1	T2	T3	T7	T10	T1	T2	T3	T7	T10	T1	T2	T3	T7	T10
DUREZZA (g)	322eAC	445dA	621cAB	829bAC	980aBC	321dAD	484cA	530cC	835bAB	1029aAB	339eA	478dA	633cA	754bBCD	1145aA
COESIVITA'	0,645aA	0,569bAB	0,471dB	0,537bcA	0,491cdA	0,595aBCD	0,506bC	0,508bAB	0,470bB	0,523bA	0,608aAD	0,589aA	0,566aA	0,472bB	0,491bA
CAPACITA' DI RECUPERO	0,288aA	0,316aA	0,255aBC	0,306aA	0,279aA	8,606aA	0,256aB	0,263aBC	0,249aBC	0,261aA	0,323aA	0,331aA	0,301abA	0,271bAC	0,278bA
ELASTICITA'	0,993bcdA	0,996abA	0,995acBCD	0,996adBC	0,997aAD	0,279bB	0,995aA	0,997aAB	0,997aAB	0,998aAC	0,998aA	0,996aA	0,998aA	0,998aA	0,997aBCD
MASTICABILITA' (g)	206cA	251bcAD	290bB	443aAB	482aAC	0,460dC	243cBCD	268cB	390bBCD	542aAB	205cA	281bcA	358bA	352bD	569aA

	E5					E10				
	T1	T2	T3	T7	T10	T1	T2	T3	T7	T10
DUREZZA (g)	297dBCD	468cA	539bC	819aAD	804aD	311dAB	485cA	594bB	863aA	901aCD
COESIVITA'	0,692aAB	0,553bcAC	0,502cdB	0,560bA	0,477dA	0,618aAC	0,530bBC	0,512bdAB	0,514bcAB	0,481cdA
CAPACITA' DI RECUPERO	0,329aA	0,272bB	0,271bAB	0,288bA	0,261bA	0,314aA	0,266bB	0,265bAC	0,280bAB	0,256bA
ELASTICITA'	0,994bA	0,997aA	0,996abAC	0,998aA	0,988aAB	0,998aA	0,997abA	0,996bcAD	0,997acAC	0,999aA
MASTICABILITA' (g)	186dB	257cAB	270cB	459aA	385bC	192dAB	256cAC	303bB	442aAC	434aBC

Tabella 4.3- Caratteristiche strutturali dei diversi campioni valutate con il TPA test

Valori riportati per ogni campione nel corso della conservazione con lettere minuscole differenti sono risultati significativamente diversi ($p < 0.05$)

Valori riportati per ogni tempo di controllo con lettere maiuscole differenti sono risultati significativamente diversi ($p < 0.05$)

La durezza (hardness), in particolare, è una caratteristica importante ed è comunemente utilizzata come indice di qualità del pane (Wang *et al.*, 2007). Nel pane la durezza, inoltre, è il parametro più misurato a causa della forte correlazione tra la durezza della mollica e la percezione del consumatore della freschezza del prodotto (Axford *et al.*, 1968; Baker e Ponte, 1987).

Al fine di meglio comprendere il cambiamento delle caratteristiche strutturali dei campioni durante la conservazione nel grafico seguente viene riportata la variazione del parametro durezza nel corso dello stoccaggio.

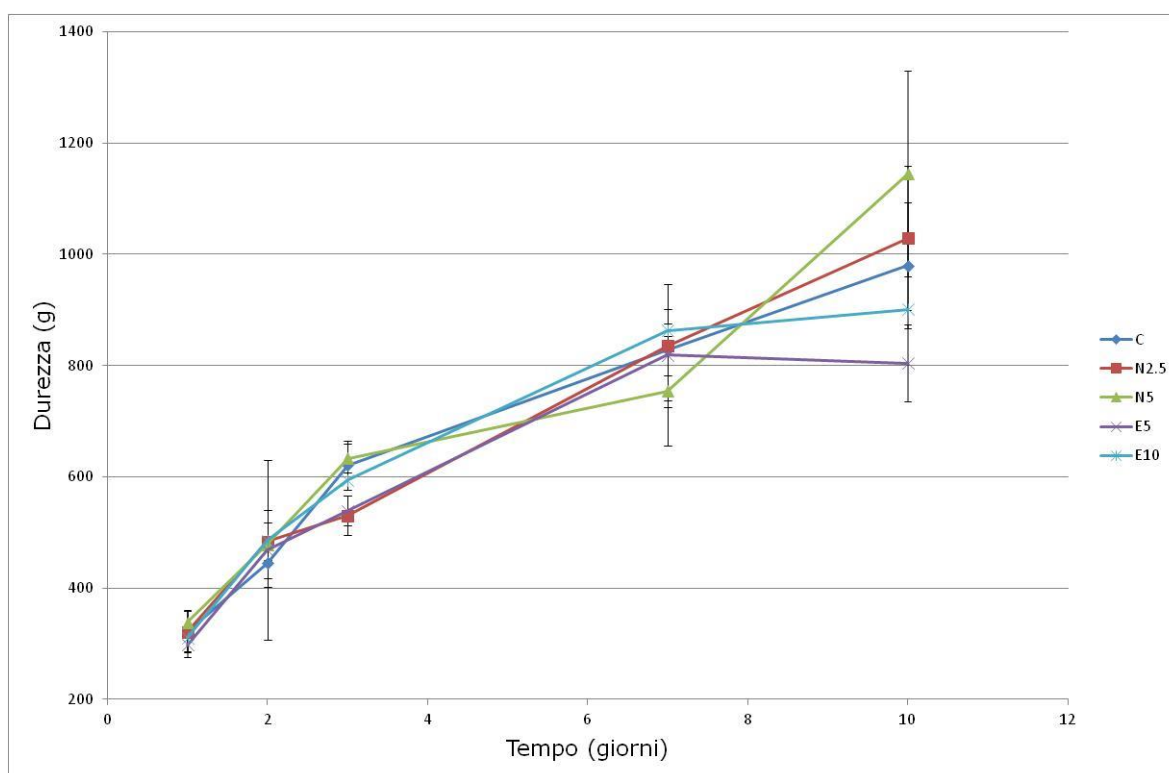


Figura 4.3- Valori di durezza dei campioni di focaccia durante la conservazione

In Figura 4.3 si può osservare come i campioni realizzati con l'aggiunta dell'enzima presentino i valori minori di durezza rispetto agli altri campioni analizzati. In particolare la focaccia E5 realizzata con la minor percentuale di enzima, è quella con il minor valore di durezza (804g) al tempo T10. E' stato dimostrato l'effetto ritardante delle α -amilasi batteriche sull'indurimento della mollica (Goesaert *et al.*, 2009; Fitzman *et al.*, 2005; Maeda *et al* 2003). Inoltre, queste amilasi sono in grado di rallentare il rafforzamento idrolizzando i legami α -(1-4) glucosidici dei polimeri di amido, generando destrine a

basso peso molecolare (Goesaert *et al.*, 2009). Questo valore può essere posto in relazione con il più elevato valore di umidità riscontrato al termine della conservazione.

Il campione di Controllo (C) presenta, dopo 10 giorni di conservazione, valori di durezza intermedi (980g) tra i campioni realizzati con l'aggiunta di amido di mais e quelli realizzati con l'aggiunta dell'enzima.

Per quanto riguarda il parametro masticabilità i valori subiscono un brusco e significativo aumento passando dal tempo T3 al T7 per tutti i campioni ad eccezione del campione N5. I campioni realizzati con l'aggiunta dell'enzima, ad entrambe le percentuali, presentano i valori più bassi del parametro.

4.2.4 Test di rilassamento (Hold until Time Test)

Nel grafico di Figura 4.5 è riportato il cambiamento dell'elasticità, misurato mediante test di rilassamento, dei cinque diversi campioni durante i 10 giorni di conservazione.

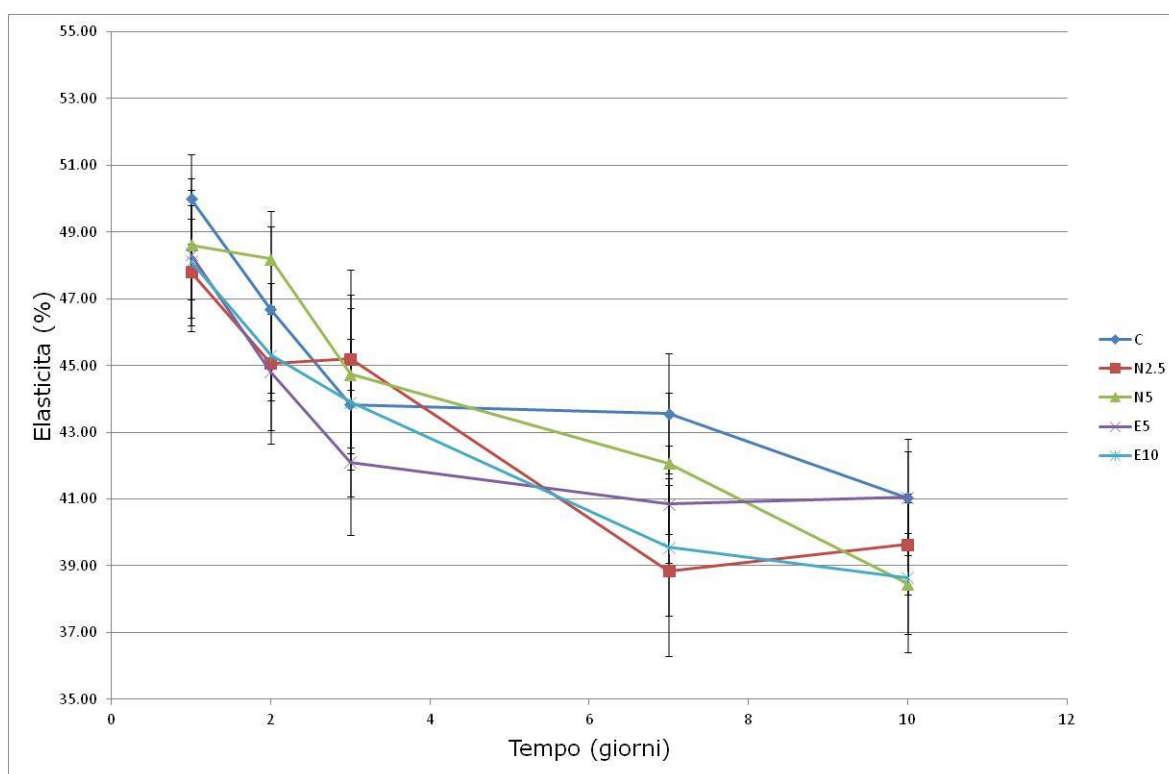


Figura 4.5- Cambiamento dell'elasticità dei diversi campioni durante la conservazione

	C	N2.5	N5	E5	E10
T1	49,99±1,35aA	47,80±1,59aBC	48,61±1,64aAB	48,32±2,28aAC	48,12±1,70aBC
T2	46,68±2,50bAB	45,07±2,41bB	48,19±1,43aA	44,81±1,74bB	45,31±1,37bB
T3	43,83±1,96cAC	45,20±2,67bA	44,74±2,38bA	42,10±2,18cBC	43,90±2,83cAB
T7	43,56±1,80cA	38,85±2,56cC	42,07±2,12cAB	40,84±1,74cBC	39,55±2,07dC
T10	41,03±1,40dA	39,64±1,51cAB	38,46±1,52dB	41,05±1,74cA	38,64±2,25dB

Tabella 4.5- Valori di elasticità dei campioni di focaccia durante la conservazione

Valori riportati per ogni campione nel corso della conservazione con lettere minuscole differenti sono risultati significativamente diversi ($p < 0.05$)

Valori riportati per ogni tempo di controllo con lettere maiuscole differenti sono risultati significativamente diversi ($p < 0.05$)

E' noto che l'elasticità tende a diminuire nel corso della conservazione e questo dato è confermato anche in questa sperimentazione.

Al tempo T0, dopo un giorno di conservazione, il campione Controllo mostrava il valore più elevato di elasticità (49,99%). Al termine del periodo di conservazione il campione Controllo mostra un valore di elasticità non statisticamente differente dal campione E5 realizzato con la minor quantità di enzima.

Applicando nuovamente la seguente equazione (2):

$$\Delta p_t_n = \frac{p_t_n - p_{t_0}}{p_{t_0}} * 100 \quad (2)$$

dove p è il parametro valutato.

si può affermare che i campioni C, N2.5, N5, E5 ed E10 hanno mostrato una perdita di elasticità pari al 17,92 %, 17,07%, 20,87%, 15,04%, 19,69% rispettivamente.

Dai dati ottenuti possiamo osservare come il campione E5 presenti la percentuale minore di perdita di elasticità nel tempo.

4.2.5 Analisi sensoriale

La perdita di sapore e di aroma è tra i cambiamenti più significativi che si verificano durante il raffermaimento dei prodotti da forno (Gray e Bemiller, 2003). Secondo alcuni autori la diminuzione dell'accettabilità del pane dopo cinque giorni di conservazione è da attribuire a una riduzione delle aldeidi e ad un aumento dei chetoni.

I descrittori valutati durante l'analisi sensoriale possono essere raggruppati in caratteristiche visive (alveolatura, accettabilità visiva), strutturali (sofficità e accettabilità di *texture*), organolettiche (odore tipico, accettabilità olfattiva e gustativa) e gradevolezza complessiva.

Graficamente, i risultati dell'analisi sensoriale vengono normalmente espressi mediante grafici a radar (spider plot) allo scopo di poter avere una visione immediata del profilo dei campioni esaminati.

Di seguito vengono riportati i grafici relativi ai profili sensoriali delle diverse focacce analizzate dopo 1 e dopo 10 giorni di conservazione.

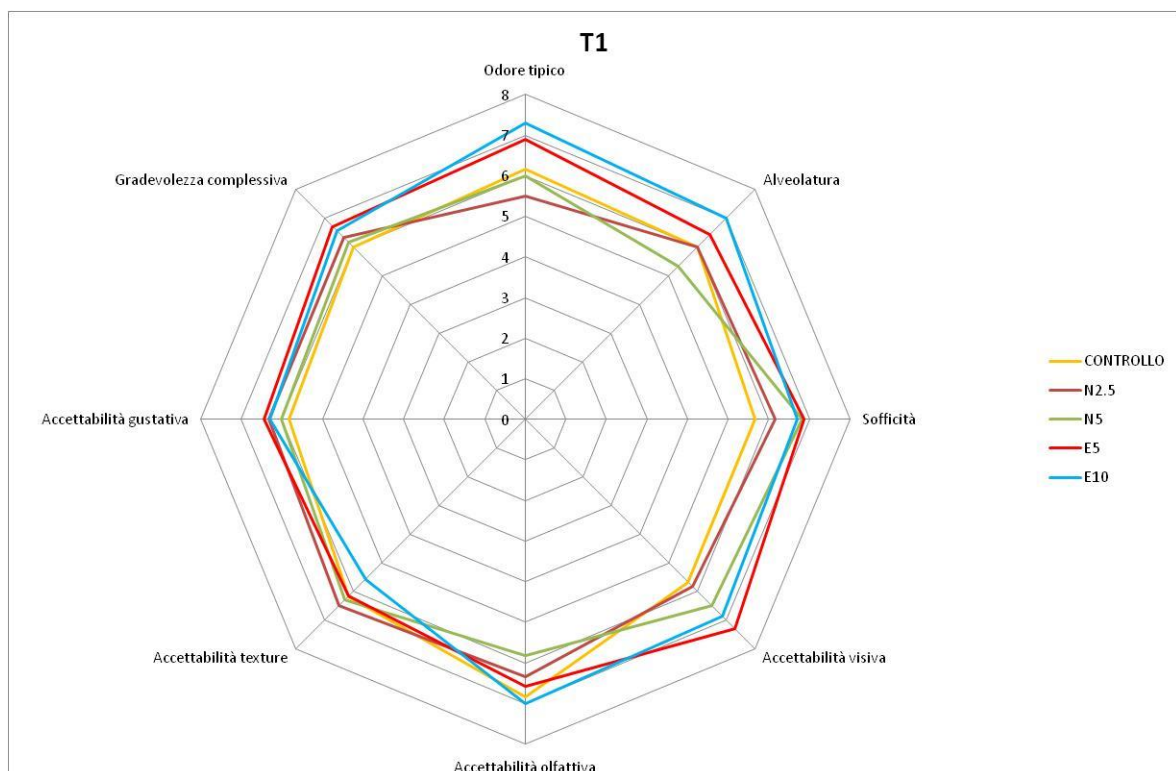


Figura 4.6- Profilo sensoriale delle focacce al tempo 1 (prodotto fresco- dopo 1 giorno di conservazione).

Come mostrato in Figura 4.6, al tempo 1, in generale il profilo sensoriale delle cinque focacce è abbastanza simile per quanto riguarda i descrittori presi in considerazione. Inoltre tutti i campioni mostrano, per tutti i parametri analizzati, valori al di sopra del 5 considerato valore limite al di sotto del quale il prodotto è considerato non accettabile. Il campione E5 mostra i valori maggiori per quasi tutti i parametri presi in considerazione, ad eccezione dell'odore tipico, accettabilità olfattiva e di texture.

Il parametro "sofficità" valutato dai panelisti comprimendo il campione con le dita, può essere posto in relazione al parametro "durezza" valutato con il test TPA. Infatti il campione realizzato con l'aggiunta della minor percentuale dell'enzima (E5) che mostra all'analisi sensoriale i valori maggiori di sofficità è quello che presentava il valore inferiore di durezza al test strumentale.

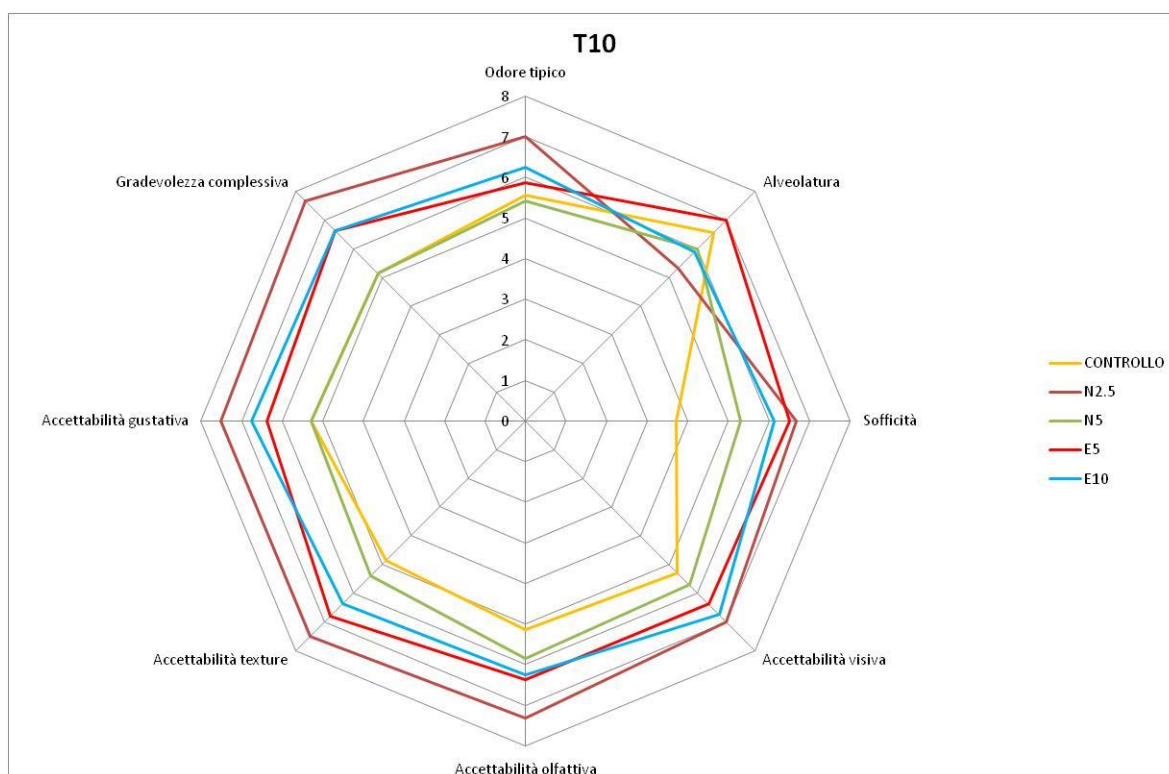


Figura 4.7- Profilo sensoriale delle focacce al tempo 10 (dopo 10 giorni di conservazione).

Come si può notare dal grafico in Figura 4.7 dopo 10 giorni di conservazione i campioni si differenziano tra loro in modo più evidente presentando profili sensoriali nettamente differenti. In particolare si nota un brusco restringimento del profilo del campione di

Controllo che è l'unico che raggiunge per il parametro "sofficità" ed "accettabilità di texture" valori al di sotto del 5 considerata la soglia di accettabilità.

Infine, dopo soli 10 giorni di conservazione, la focaccia Controllo mostra un brusco calo nella gradevolezza complessiva ottenendo il punteggio più basso e uguale al campione N5 tra i campioni analizzati. Questo valore raggiunto dal campione N5 può essere posto in relazione al più elevato valore di durezza misurato strumentalmente attraverso il TPA e al più basso valore di elasticità valutato strumentalmente attraverso l'hold test.

Il campione realizzato con il 2.5% di amido di mais *waxy* (N2.5) nonostante abbia presentato perdite percentuali di umidità e di elasticità leggermente superiori rispetto al campione di controllo (C) presentava a fine conservazione una durezza inferiore ed ha ottenuto i valori più elevati nel test sensoriale.

La gradevolezza complessiva (parametro più importante nel consumer test) è ancora superiore al 5 per tutti gli altri campioni di focaccia e questo dimostra come dopo 10 giorni di conservazione le focacce siano ancora accettabili da parte del consumatore.

Conclusioni

Nel valutare i risultati ottenuti da questo lavoro, bisogna tenere in considerazione il fatto che le focacce oggetto della sperimentazione sono state preparate in modo “artigianale”: le operazioni di spezzatura e formatura sono state effettuate manualmente e i campioni sono stati cotti in tre momenti differenti. Le focacce ottenute, perciò, erano piuttosto diverse tra di loro per spessore, doratura, quantità di olio e sale in superficie, ecc.

In particolare, il campione addizionato con enzima in percentuale dello 0,005% (E5) mostra le caratteristiche chimico-fisiche migliori al termine del periodo di conservazione, presentando il valore più elevato di umidità, il valore inferiore di durezza e maggiore di elasticità valutati strumentalmente. Anche a livello sensoriale il campione E5 presenta punteggi molto elevati. Sono state trovate, inoltre, interessanti correlazioni tra i dati dell’analisi sensoriale e quelli ottenuti dai test strumentali.

Il campione realizzato con il 2.5% di amido di mais *waxy* (N2.5) nonostante abbia presentato a fine conservazione valori di umidità e di elasticità inferiori e risultasse più duro rispetto al campione di controllo (C), ha ottenuto i punteggi più elevati nel test sensoriale, mentre nei confronti del campione con una percentuale maggiore di amido di mais *waxy* (N5) è risultato migliore per tutti i parametri valutati.

Alla luce dei risultati ottenuti si deduce che l’utilizzo di NOVATION 2007 al 2.5% e PANEENZYME AM100 allo 0,005% sono stati in grado di migliorare le caratteristiche strutturali e sensoriali del prodotto durante la conservazione, risultando il secondo il migliore in assoluto.

L’aggiunta di ingredienti con funzione *antiraffermamento* ha mostrato quindi di poter influire sulle caratteristiche chimico-fisiche e sensoriali del prodotto in esame, la focaccia, durante il periodo di conservazione.

Bibliografia

- Aguirre J.F., Osella C.A., Sanchez H.D., del Pilar Buera M. (2011). Effect of storage temperature on starch retrogradation of bread staling. *Starch/Starke* 63, pp. 587-593.
- Andreu P., Collar C., Martínez-Anaya M.A. (1999). *Thermal properties of doughs formulated with enzymes and starters*. *European Food Research Technology* 209, pp. 286-293.
- Angioloni A., e Collar C. (2009). Gel, dough and fibre criche fresh breads: relationships between quality features and staling kinetics. *Journal of Food Engineering* 91, pp. 526-532.
- Armero E., Collar C. (1996) Antistaling additive effects on fresh bread quality. *Food Science and Technology* 2, pp. 323-336.
- Avital Y., Mannheim C.H., Miltz J. (1990). *Effect of carbon dioxide atmosphere on staling and water relations in bread*. *Journal of Food and Science* 55, pp. 413-416.
- Axford D.W.E., Colwell K.H., Cornford S.J., Elton G.A.H. (1968). *Effect of loaf specific volume on the rate and extent of staling in bread*. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 55, pp. 95-101.
- Baik M.Y., Chinachoti, P. (2000). *Moisture redistribution and phase transitions during bread staling*. *Cereal Chemistry* 77, pp. 484-488.
- Baker A.E, Dibben R.A, Ponte J.G. Jr. (1987). *Comparison of bread firmness measurements by 4 instruments*. *Cereal Foods World* 32.
- Bàrcenas M.E., Benedito C. e Rosell C.M. (2004). Use of hydrocolloids as bread improves in interrupted baking process with frozen storage. *Food Hydrocolloids* 18, pp. 769-774.
- Beck M., Jekle M., Becker T. (2012). Sodium chloride-sensory, preserving and technological impact on yeast-leavened products. *Int J Food Sci Technol* 47, pp.1798-1807.
- Bollain C., Angioloni A., and Concepcìon C. (2005). "Bread staling assessment of enzyme-supplemented pan breads by dynamic and static deformation measurements". *European Food Research Technology*, 220, pp. 83-89.

- Butt M.S., Tahir-Nadeem M., Ahmad Z., Tauseef Sultan M. (2008) Xylanases and their applications in the baking industry. *Food Technol Biotechnol* 46, pp. 22-31.
- Carrai B. (2010). *Arte Bianca. Materie prime, processi e controlli*
- Carson L., Sun X.S. (2001). *Creep-recovery of bread and correlation to sensory measurements of textural attributes*. *Cereal Chemistry* 78 pp. 101-104.
- Cencic L., Bressa F., Dalla Rosa M. (1996). Influence of modified atmosphere on a bread staling during storage. *Italian Food & Beverage Technology* 7.
- Collar C., Martinez J: C. Rosell C.M. (2001). Lipid binding of fresh stored formulate wheat breads. Relationship with dough and bread technological performance. *Food Sci. Technol* 7, pp.501-510.
- Corsetti A, Gobbetti M. (a cura di) (2010). *Biotecnologia dei prodotti lievitati da forno*. Casa editrice Ambrosiana.
Cristallinity changes in wheat starch during the breadmaking process: Starch crystallinity in the bread crust. *Journal of Cereal Science* 45, pp.219-226
- Davidou S., Le Mestrel M., Debever E. e Bekaert D. (1996). A contribution to the study of staling of white bread: Effect of water and hydrocolloid. *Food Hydrocolloids* 10, pp. 375-383.
- Donegani G., Menaggia G, Pedrazzi W. *Servizi e tecniche di Enogastronomia – cucina*
- Eliasson, A.C. (1983) « Differential scanning calorimetry studies on wheat starch-gluten mixtures. II. Effect of gluten and sodium stearoyl lactylate on starch crystallisation during ageing of wheat starch gel», *J. Cereal Sci.*, 1, pp. 207-213.
- *Eneide*, Libro VII, vv. 175-179, trad. di Annibal Caro.
- Fadda C, Sanguinetti A.M., Del Caro A., Collar A., and Piga A. (2014). Bread staling: Updating the View. *Institute of food technologists* pp473-487
- Fessas D., Shardi A. (1998). Texture and staling of wheat bread crumb: effect of water extractable proteins and pentosans. *Thermochimica Acta* 323, pp. 17-26.
- Fiszman SM, Salvador A, Varela P 2005. Methodological developments in bread staling assesment: application to enzyme-supplement brown pan bread. *Eur Food Res Technol* 221:616-23
- Gambaro A., Gimenez A., Ares G., Gilardi V. (2006). Influence of enzymes on the texture of brown pan bread. *Journal Texture Study* 37, pp. 300-314.

- Gambaro A., Varela V. and Gimenez A.(2002). Textural quality of white pan bread by sensory and instrumental measurements. *Journal of Texture studies* 33, pp. 401-413.
- Ghanbari M., Farmani J (2013).Influence of hydrocolloids on dough properties and quality of Barbary: an Iranian leavened flat bread. *J Agr Sci Tech* 15, pp. 545-555.
- Giorilli P,Lipetskaia E.(2003). *Panificando*. Franco Lucisano editore
- Giorilli P., Lauri S. *Il pane Un'arte una tecnologia*(2005) Franco, Lucisano editore
- Goesaert H., Slade L., Levine H., Delcour J.A. (2009).Amylases and bread firming an integrated view. *Journal Cereal Science* 50, pp. 345-352.
- Gray J.A., Bemiller J.N. (2003). Bread staling: molecular basis and control. *Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety* 2, pp. 1-21.
- Guarda A., Rosell C.M., Benedito C., Galotto M.J.(2004). Differential hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocollids* 18, pp. 241-247.
- Hallberg L.M., Chinachoti P. (2002) A Fresh Prspective on Staling:The Significance of Starch Recrystallization on the Firming of Bread. *Journal of Food Science* 67, pp.1092-1096.
- He H., e Hosoney R. C. (1990). *Changes in bread firmness and moisture during long-term storage*. *Cereal Chemistry*, 67, 603–605.
- Hug-Iten S., Escher F., Conde-Petit B. (2003). *Staling of bread: role of amylase and amylopectin and influence of starch-degrading enzymes*. *Cereal Chemistry* 80, pp. 654-661.
- Hünter EK., Dal Bello F.,Arend EK. (2010). Fundamental study on the effect of hydrostaic pressure treatment on the bread-making performance of oat flour. *Eur Food Res Technol* 230, pp.827-835
- I.N.S.O.R.(2000). *Atlante dei prodotti tipici: il pane*. RAI-AGRA Ed., Roma.
- Katina K, Salmenkallio-Marttila M, Partanen R, Forsell P, Autio K. (2006). Effects of sourdough and enzymes on staling of high-fibre wheat bread. *WLT* 39, pp. 479-91
- Kim J.H., Maeda T., Morita N. (2006). Effect of α -amilasi on the dough properties and bread quality of wheat flour substituted with polished flours. *Food Res* 39, pp.117-126.

- Kim S.K., D'Appolonia B.L.(1977). Bread staling studies. Effect of protein content on staling rate and breadcrumb pasting properties. *Cereal Chemistry* 54, pp. 207-215.
- Kotsianis I.S., Giannoi V., Tzia C. (2002). Production and packaging of bakery producing using MAP technology. *Trends in Food Science and Technology* 13, pp.319-324.
- Krishnarau L., Hosney R.C. (1994). Enzymes increase loaf volume of bread supplemented with starch tailings and insoluble pentosans. *Journal Food Science* 59, pp. 1251-1254.
- Larsson M., Sandberg A-S., (1991). Phytate reduction in bread containing oat flour, oat bran or rye bran. *Journal of cereal Science*, 14, pp. 141-149
- Le-Bail A. Leray G., Perronet A., Roelens G. (2011). Impact of the chilling conditions on the kinetics of staling of bread. *Journal of Cereal Science* 50, pp. 235-240.
- Lee M.K., Baek M.H., Cha D.S., Park H.J. e Lim S: T. (2002). Freeze-thaw stabilization of sweet potato starch gel by polysaccharide gums. *Food Hydrocolloids* 16, pp. 345-352.
- Legislazione Italiana. Legge n. 580, 4 Luglio 1967. Disciplina per la lavorazione e il commercio di cereali, degli sfarinati, del pane e delle paste alimentari. G.U. n. 189, 29 Luglio 1967. DPR n. 187, 9 Febbraio 2001. G.U. n. 117, 22 Maggio 2001. DPR n. 502, 30 Novembre 1998. G.U. n. 25, 1 Febbraio 1999
- Leon A.E., Duran E., De Barber C.B. (2002). Utilization of enzyme mixtures to retard bread crumb firming. *Journal Agric Food Chem* 50, pp. 1416-1419.
- Lucisano M. Dispense del corso di *Processi delle tecnologie dei prodotti alimentari*, 2005.
- Maeda T., Hashimoto T., Minoda M., Tamagawa S., Morita N. (2003). Effects of mutant thermostabile α -amilase on rheological properties of wheat dough and bread. *Cereal Chem* 80, pp. 722-727.
- Manzocco L, Calligaris S, De Pieve S, Marzona S, Nicoli MC. (2012). Effect of monoglyceride-oil-water gels on white bread properties. *Food Res Int* 49: 778-82
- Marinoni Antonio *Pane storia -tradizione – ricette* (1988) Edizioni Acanthus

- Minf I, Besbes S, Ellouze R, Ellouze-Chaabouni S, Ghribi D. (2012) Improvement of bread quality and bread shelf-life by *Bacillus subtilis* biosurfactant addition. *Food Sci Biotechnol* 21:1105-12.
- Nessia L. *Pizza!* (1988) Storia-segreti-ricette. Mariarosa Schiaffino editore
- Novotni C., Ćurić D., Galić K., Ševikin D., Nederal S., Karaljić K., Gabrić D., Ježek D.(2011). Influence of frozen storage and packaging on oxidative stability and texture of bread produced by different processes. *L.W.T-Food Science and Technology* 44, pp.643-449.
- Pisesookbuntern W., D'appolonia B.L. (1983) Bread Staling Studies. I: Effect of Surfactants on moisture migration from crumb to crust and firmness values of bread crumb, *Cereal Chemistry*, 60, pp. 298-300.
- Primo-Martìn C., Van Nieuwenhuijzen N.H., Hamer R.J., Van Vliet T. (2007). Crystallinity changes in wheat starch during the breadmaking process: Starch crystallinity in the bread crust. *Journal of Cereal Science* 45, pp. 219-226.
- Regolamento CEE n. 2081/92 del Consiglio del 14 Luglio 1992 relativo alla protezione delle indicazioni geografiche protette e delle denominazioni di origine dei prodotti agricoli ed alimentari. G.U. della Comunità Europea n. 208, 24 Luglio 1992.
- Robertson L. (2009). Imballaggio e confezionamento dei prodotti alimentari. Teoria e casi pratici. Il Sole 24 Ore Edagricole, Bologna.
- Rodríguez A., Medina L.M., Jordano R. (2000). *Effect of modified atmosphere packaging on the shelf life of sliced wheat flour bread*. *Nahrung* 44, pp. 247-252.
- Rogers D.E., Zeleznak K.J., Lai C.S., Hosney R.C. (1988).Effect of native Lipids, Shortening,and Bread Moisture on Bread Firming. *Cereal Chemistry* 65, pp. 398-401.
- Rossel C.M., Haros M., Escrivà C., Benedito de Barber C. (2001). Influence of hydrocolloids in dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids* 15, pp. 75-81.
- Schicardi A., Fessas D. 2001. Mechanism of staling: an overview. In: Chinachoti P., Vodovotz Y., editors. *Bread Staling*. Boca Raton, Fla.: CRC Press. P 1-17
- Shittu T.A., Raji A.O., Abulube E.O. (2009). Functional effects of xanthan gum on composite cassava-wheat dough and bread. *Food Hydrocolloids* 23, pp. 2254-2260.

- Sidhu J.S., Al-Saquer J., Al-Zenki S.(1996). Comparison of methods for the assesment of the extent of staling in bread. *Food Chem* 58, pp. 161-167.
- Smith K.I., Simpson B.K. (1996). *Modified atmosphere packaging*. In Hebeda, R.E., Zobel H.F. (a cura di), *Baked goods freschness*, pp. 205-237, Marcel Dekker, New York, USA. In Corsetti A., Gobbetti M. (a cura di), *Biotechnologia dei prodotti lievitati da forno*. Casa Editrice Ambrosiana, Milano.
- Tamari RJ, Goh KKT, Brennan CS. (2013). Physico-chemical proprties of sourdough bread production using selected Lactobacilli starter cultures. *Journal Food Quality* 36, pp 245-252.
- Vallons KIR.,Ryan LAM., Koehler P.,Arent EK. (2010). High pressure- treated sorghum flour as a functional ingredient in the production of sorghum bread. *Eur Food Res Technol* 231, pp. 711-717.
- Wang J., Zhao M., Zhao Q. (2007). *Correlation of glutenin macropolymer with viscoelastic properties during dough mixing*. *Journal of Cereal Science* 45, pp. 128-133.
- Whillhoft, E.M.A (1973). Mechanism and theory of staling of bread and baked goods, and associated changes in textural properties. *Journal of Texture Studies* 4, pp. 292-322.
- Yun Y., Eun JB. (2006) Effects of milk proteins and gums on quality of bread made from frozen dough following freeze-thaw cycles. *Food Sci Biotechnol* 15, pp. 805-813.
- Zeleznak K.J., Hoseney R.C. (1986) The Role of Wather in the retrogradation of Wheat Starch Gels and Bread Crumb *Cereal Chemistry* 63, pp. 407-411.
- Zhang D., Moore W. R., Doehlert D.C. (1988). Effects of oat grain hydrothermal treatments on wheat-oat flour dough proprieties and bread Baking quality. *Cereal Chem* 75, pp. 602-605.
- Zobel H.F., Kulp K. (1996). The staling mechanism. In HebedaR.E, Zobel H.F. (a cura di), *Baked goods freshness. Technology, evaluation and inhibition of staling*, Marcel Dekker, New York, USA
- www.Panealpane.com
- www.agraria.org
- www.focacciadirecco.com

- www.focacciagenova.it
- www.piemonteagri.it pan
- www.Taccuinistrici.it

Ringraziamenti

Desidero ringraziare il professor Giangaetano Pinnavaia, per la sua disponibilità, per i suoi preziosi insegnamenti, e per le ore dedicate alla mia tesi. Inoltre ringrazio di cuore la dottoressa Federica Balestra per il suo sostegno e incoraggiamento che nei momenti di sconforto mi hanno spronata e motivata ad andare avanti con determinazione. Ringrazio tutti i professori, ricercatori, che nel corso di questi anni hanno contribuito alla mia formazione e maturazione. Un ringraziamento particolare va a tutta la mia famiglia e soprattutto ai miei genitori per avermi sostenuto economicamente e moralmente, per aver contribuito con i loro insegnamenti a farmi diventare la ragazza che sono oggi, per aver puntato sempre su di me quando io non lo avrei fatto, a loro devo tutto quello che sono e spero di renderli sempre orgogliosi di me. Ringrazio inoltre tutti i miei amici vecchi e nuovi che sono stati importanti perché parte integrante della mia vita, hanno conosciuto tutte le mie sfumature di ansia, disperazione, gioia, pazzia e mi sono sempre stati accanto in questi anni. In particolare ringrazio te Federica Rabbi per i tuoi consigli, la tua sincera amicizia e la tua presenza quando avevo bisogno di te. Ringrazio con tutto il cuore anche te Federica Cotugno per la tua amicizia che nonostante la distanza non è cambiata, per essermi stata sempre accanto e per aver condiviso con me momenti belli e brutti e un sacco di risate. Infine ma non meno importante ringrazio il mio meraviglioso ragazzo, per essermi stato accanto, per aver creduto in me, per avermi sopportato, per avermi distratta quando ero agitata per gli esami, per aver accettato le mie scelte, per essere la persona che mi rende felice ogni giorno e con cui condividere questo mio primo traguardo importante.