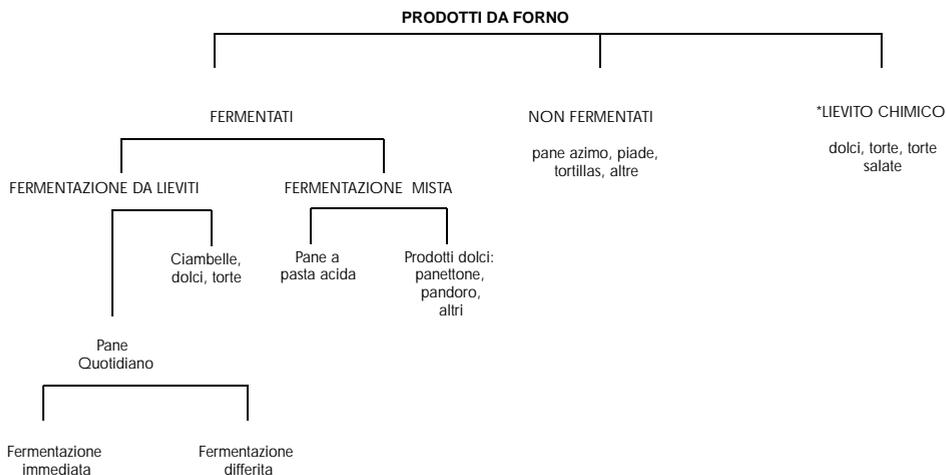


Il pane ed i prodotti da forno sono alimenti ottenuti per cottura di impasti fermentati, gli ingredienti basilari di tali impasti sono: farina, acqua, lievito e sale. Generalmente viene impiegata farina di frumento tenero *Triticum vulgare* o di frumento duro *Triticum durum* e di segale *Secale cereale*. Questi alimenti trovano largo consumo in Europa ed in altre parti del mondo dove sono stati importati dagli stessi europei (Australia, Nuova Zelanda, America del nord e gran parte dell'America del sud). Per altri continenti i cereali autoctoni e tradizionalmente coltivati sono: il riso in Asia, il sorgo in Africa ed il mais in America con i quali non si può fare pane perché l'impasto della loro farina non ha capacità di lievitazione cioè di trattenere il gas della fermentazione (Zambonelli et al. 2001).

Fig.1 Classificazione dei prodotti da forno



*Bicarbonato di sodio

La lievitazione degli impasti

Con il termine *lievitare* si intende "l'aumento di volume per azione dei gas durante la fermentazione dovuta al lievito" (Devoto-Oli, 1990).

Le caratteristiche strutturali e sensoriali del pane sono influenzate dalle tecniche di fermentazione degli impasti, tra queste ricordiamo:

- i) fermentazione con lievito compresso od essiccato (*Saccharomyces cerevisiae*)
- ii) fermentazione per aggiunta di pasta acida e lievito compresso
- iii) impiego esclusivo di (*lievito naturale*)
- iv) impiego di starter microbici

Fermentazione con lievito compresso

La fermentazione con lievito compresso (colture prevalentemente costituite da cellule di *Saccharomyces cerevisiae*) fu introdotta nell'industria panaria dopo che fu chiaro il ruolo dei saccaromiceti nella lievitazione. In un primo tempo veniva utilizzato il residuo della fabbricazione della birra lavato delle impurezze. Oggi, viene prodotto *ad hoc* e si trova in commercio o come lievito in pani compresso, con un contenuto in acqua del 60-75%, o essiccato, conservabile a lungo con un contenuto in acqua del 4-10%. Al momento dell'uso va rinvigorito. Per questo si stempera in poca acqua tiepida, meglio in acqua zuccherata che viene aggiunta alla farina, per fare un impasto. Appena la massa è fermentata si introduce nell'impasto generale. Questa tecnica offre numerosi vantaggi quali:

- garanzia di una fermentazione rapida e costante nel tempo
- possibilità di avere a disposizione il lievito in qualunque momento della giornata
- soffici ta del prodotto e quindi una pi  facile ed uniforme cottura (il pane risulta con crosta sottile e mollica meno acquosa)
- diminuzione dei tempi di lavorazione

Per contro la lievitazione condotta con lievito compresso determina una minore durata di conservazione del pane.

Fermentazione con lievito naturale

Si intende per *lievito naturale* un impasto formato da farina ed acqua lasciato fermentare, senza l'ausilio di lieviti incorporati volontariamente, per un periodo di tempo pi  o meno lungo. Il risultato dell'evoluzione biologica dell'impasto   una coltura di lieviti e batteri lattici indigeni che aggiunta a farina ed acqua   in grado di causarne la lievitazione. Il lievito naturale viene aggiunto in quantit  pari al 5-20% dell'impasto totale ed   ottenuto attraverso aggiunte successive di farina ed acqua. Nella pratica si preferisce operare due o tre rinfreschi successivi. A questo punto il lievito, che viene chiamato "di tutto punto", presenta l'aspetto di una pasta elastica ed estensibile pronta per l'utilizzo. Oltre a quello appena descritto sono diffusi nella pratica altri schemi di preparazione che consentono di differenziare in maniera apprezzabile un lievito dall'altro. L'utilizzo del lievito naturale nel processo di panificazione da un lato richiede tempi di fermentazione pi  lunghi, dall'altro permette di ottenere prodotti con propriet  sensoriali caratteristiche, in particolare si ha:

- formazione di composti organici volatili durante la fermentazione e la cottura che danno sapore e profumo caratteristico.
- alveolatura fine e regolare dovuta alla lenta e graduale formazione di CO₂ durante la lievitazione.
- maggiore digeribilità: la fermentazione lenta infatti consente la formazione di molecole più semplici.
- tempi più lunghi di conservazione (l'acidità dell'impasto contrasta lo sviluppo di muffe e rallenta il fenomeno del raffermaimento) (Quaglia 1984).

Fermentazione con lievito naturale e lievito compresso

Molti panificatori utilizzano come lievito una porzione di impasto della lavorazione precedente ed al momento della miscelazione degli ingredienti aggiungono una quantità di lievito compresso proporzionale alla massa da panificare. L'avvio della fermentazione è in questo modo garantito comunque dal lievito compresso, questa tecnica offre il vantaggio di rapide e sicure fermentazioni e caratteristiche sensoriali intermedie rispetto al pane prodotto con solo lievito naturale e pane prodotto con lievito compresso.

Fermentazione con colture starter

Gli starter microbici sono delle colture pure o miste in forma liquida, semi liquida, secca (disidratata o liofilizzata). Questa forma di inoculo non è molto diffusa anche se i vantaggi legati al suo utilizzo sono svariati:

- una più facile organizzazione della produzione
- diminuzione della quantità di lievito
- ottimizzazione e standardizzazione del processo di lievitazione (scelta di ceppi selezionati sulla base di criteri tecnologici e sensoriali).

Le specie di lieviti e batteri lattici impiegati per la produzione di starter sono diverse e la scelta viene fatta in base alle caratteristiche metaboliche delle specie e dei fenomeni di mutualismo che si possono instaurare tra i diversi tipi di microrganismi, in tabella 1 sono riportati alcuni esempi di starter per panificazione.

Tab. 1. Esempi di microrganismi utilizzati per la preparazione di starter multipli

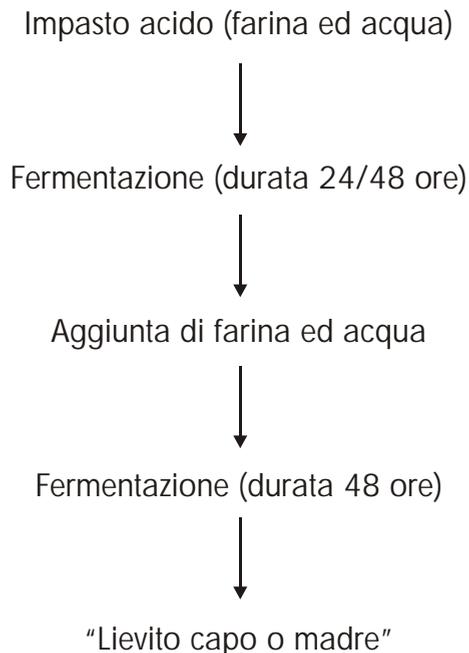
Autori	Forma	Specie utilizzate
Menge (1980)	Liquida, secca	<i>Lactobacillus brevis</i> o <i>fermentum</i>
Joulin (1982)	liquida	<i>Lactobacillus plantarum</i> e <i>Candida tropicalis</i>
Sugihara e Kline (1975) Kline (1981)	Concentrata - congelata o liofilizzata	<i>Lactobacillus sanfranciscensis</i>
Vajda et al. (1984)	"Starter flour" farina inoculata	<i>Lactobacillus brevis</i>
Latfullina (1979)	Preparazione secca Coltura pura o mista	<i>Schizosaccharomyces pombe</i> <i>Lactococcus lactis</i>
Averina et al. (1989)	Coltura liquida	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> <i>Lactobacillus brevis</i> <i>Lactobacillus casei</i> <i>Lactobacillus plantarum</i> <i>Lactobacillus fermentum</i>
Wlodarczyk (1985)	Coltura liquida	<i>Lactobacillus sanfranciscensis</i> <i>Saccharomyces cerevisiae</i>

Il lievito naturale

La preparazione di un lievito naturale

La preparazione di un *lievito naturale* (fig. 2) richiede una serie di tappe volte principalmente alla moltiplicazione dei lieviti presenti nella farina e dei batteri che determineranno le caratteristiche sensoriali del prodotto finito. Le fasi dell'elaborazione prevedono la formazione di un impasto di farina ed acqua lasciato riposare per 24-48 ore. Durante questo intervallo si ha una leggera acidificazione dell'impasto ad opera di enterobatteri ed in misura minore da batteri lattici. A questo punto si rende necessario aggiungere nuova farina ed acqua lasciando fermentare per due giorni. Questa pratica, che prende il nome di "rinnovo" o "riporto", impedisce all'impasto di sviluppare un odore acre e sgradevole, si procede con ulteriori rinnovi fino ad un prodotto con profumo gradevole e sapore leggermente acido che prende il nome di "madre" o "lievito capo". La madre è il punto di partenza per la preparazione dei quantitativi necessari di lievito da impiegare nella panificazione.

Fig. 2. Preparazione di un lievito naturale



Origine, selezione e dinamica dei microrganismi del lievito naturale

L'origine primaria della microflora del lievito naturale è da ricercare nelle materie prime utilizzate quali farina e componenti vegetali. Infatti nelle farine sono presenti i microrganismi abituali delle cariossidi e microrganismi accidentali derivanti dagli ambienti di lavorazione.

Tab. 2. I microrganismi delle farine

Gruppi microbici	Generi
Muffe	<i>Penicillium, Aspergillus, Rhizopus, Fusarium, Mucor</i>
Lieviti	<i>Saccharomyces, Candida</i>
Batteri	<i>Enterobacter, Bacillus, Lactobacillus, Streptococcus,</i>
	<i>Micrococcus</i>

Le differenti tecnologie di preparazione e di mantenimento del lievito naturale incidono notevolmente sul tipo e sui rapporti dei microrganismi presenti. L'inizio della fermentazione è attribuibile agli enterobatteri che rimangono prevalenti fino a circa 20 ore dalla preparazione dell'impasto, successivamente si assiste al rapido sviluppo dei batteri lattici che ben presto raggiungono una popolazione di 10^8 - 10^9 ufc/g di pasta. Nello stesso tempo la progressiva riduzione del pH sino a valori intorno a 4 inibisce l'accrescimento di tutti gli altri microrganismi. In realtà anche i batteri lattici mostrano a tali valori di pH un certo rallentamento della crescita e delle attività, ed il loro numero rimane pressoché costante anche nelle fasi successive. Diversamente dai batteri lattici che hanno una elevata velocità di crescita, il numero dei lieviti progredisce lentamente. Dopo circa 25 ore dalla preparazione dell'impasto, il loro numero è minore di 1×10^3 ufc/g di pasta; dopo 42 ore tale valore si attesta intorno a 1×10^5 ufc/g di pasta, per raggiungere alla fine valori tra 1×10^6 - 1×10^8 ufc/g di pasta (Lonner, 1986). La microflora, anche se stabilmente costituita da lieviti e batteri lattici, è variabile oltre che quantitativamente anche qualitativamente. Nelle tabelle 3 e 4 sono riportati i lieviti ed i batteri lattici prevalentemente riscontrati nei lieviti naturali ed in prodotti da essi derivati. Alcune specie hanno un'ampia diffusione e sono state riscontrate in campioni di diversa origine e provenienza.

Tab. 3. Lieviti più frequentemente isolati da impasti acidi o prodotti analoghi

Specie di lievito	Isolato da
<i>Candida krusei</i>	Spicher e Schröder 1980, Gobbetti et al. 1994, Rossi 1996
<i>Candida milleri</i>	Spicher 1987, Boraam et al 1992
<i>Candida holmii</i>	Hardy 1982
<i>Pichia anomala</i> (<i>Hansenula anomala</i>)	Salovaara e Savolainen 1984, Gobbetti et al. 1994, Rossi 1996, Foschino e Galli 1997
<i>Pichia subpelliculosa</i> (<i>Hansenula subpelliculosa</i>)	Barber et al. 1983, Foschino e Galli 1997
(<i>Saturnispora saitoi</i>) <i>Pichia saitoi</i>	Spicher e Schröder 1980, Foschino e Galli 1997
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Iorizzo et al. 1995, Spicher 1987, Barber et al. 1983, Wlodarczyk 1985, Boraam et al 1992, Salovaara e Savolainen 1984, Gobbetti et al. 1994, Rossi 1996
<i>Saccharomyces exiguus</i>	Sugihara et al. 1971, Galli e Ottogalli 1973, Suihko e Mäkinen 1984, Gobbetti et al. 1994, Rossi 1996
<i>Torulopsis delbrueckii</i>	Nout e Creemers-Molenaar 1986
<i>Torulopsis holmii</i>	Spicher e Schröder 1980,
<i>Torulopsis stellata</i>	Salovaara e Savolainen 1984
<i>Candida humilis</i>	Pulvirenti et al. 2001

Tab. 4. Batteri lattici più frequentemente isolati da impasti acidi o prodotti analoghi

Specie di batteri lattici	Isolato da
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Salovaara e Katunpää 1984, Spicher 1984, Spicher e Lönner 1985, Foramitti e Mar 1982, Gobbetti et al. 1995, Hardy 1982, Spicher e Schröder 1978
<i>Lactobacillus alimentarius</i>	Lönner 1986, Spicher e Schröder 1978, Gobbetti et al. 1995
<i>Lactobacillus brevis</i>	Spicher e Schröder 1978, Kazanskaya et al. 1983, Spicher 1984, Azar et al. 1977, Gobbetti et al. 1994, Hardy 1982, Boraam et al 1993, Iorizzo et al. 1995, Sarra et al. 1992
<i>Lactobacillus buchneri</i>	Kazanskaya et al. 1983, Spicher e Schröder 1978, Spicher 1984, Foramitti e Mar 1982, Hardy 1982, Boraam et al 1993, Iorizzo et al. 1995
<i>Lactobacillus casei</i>	Kazanskaya et al. 1983, Salovaara e Katunpää 1984, Spicher 1984, Spicher e Lönner 1985, Foramitti e Mar 1982
<i>Lactobacillus cellobiosus</i>	Gobbetti et al. 1995, Iorizzo et al. 1993, Martinez-Anaya 1990
<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	Kazanskaya et al. 1983, Gobbetti et al. 1995, Hardy 1982
<i>Lactobacillus farciminis</i>	Spicher 1984, Spicher e Lönner 1985, Gobbetti et al. 1995
<i>Lactobacillus fermentum</i>	Kazanskaya et al. 1983, Spicher 1984, Spicher e Lönner 1985, Foramitti e Mar 1982, Gobbetti et al. 1995, Hardy 1982, Sarra et al. 1992
<i>Lactobacillus fructivorans</i>	Gobbetti et al. 1995, Spicher e Schröder 1978, Iorizzo et al. 1995
<i>Lactobacillus plantarum</i>	Kazanskaya et al. 1983, Salovaara e Katunpää 1984, Spicher 1984, Spicher e Lönner 1985, Gobbetti et al. 1994, Azar et al. 1977, Boraam et al. 1993, Iorizzo et al. 1995, Martinez-Anaya 1990, Sarra et al. 1992
<i>Lactobacillus sanfranciscensis</i>	Spicher 1984, Spicher e Lönner 1985, Foramitti e Mar 1982, Kline e Sugihara 1971, Gobbetti et al. 1994
<i>Leuconostoc spp.</i>	Ottogalli et al. 1982
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Boraam et al. 1993, Martinez-Anaya 1990
<i>Pediococcus cerevisiae</i>	Azar et al. 1977, Hardy 1982

I fattori che influenzano i rapporti tra le specie di microrganismi del lievito naturale

I fattori che influenzano i rapporti tra le specie microbiche presenti nel lievito naturale sono principalmente la temperatura, la composizione della farina, l'idratazione dell'impasto, il contenuto in cloruro di sodio, la concentrazione di acidi organici ed il tempo tra un rinnovo e l'altro. Più sono restrittive e costanti nel tempo le variabili considerate minore è il numero di specie riscontrate nel lievito naturale. Ad esempio, lieviti naturali conservati per lungo tempo con una bassa frequenza di rinnovi presentano un numero di specie di batteri lattici e lieviti molto limitato. Tra i primi si riscontrano soltanto specie eterofermentanti obbligate: *Lactobacillus sanfranciscensis*, *Lactobacillus fructivorans*, *Lactobacillus pontis*; fra i secondi specie di lievito acido resistenti ed incapaci di fermentare il maltosio: *Saccharomyces exiguus*, *Candida holmii*, *Candida milleri*, *Candida krusei*, *Pichia saitoi* (Foschino, 1997). In particolare, in un caso di lievito naturale, mantenuto e moltiplicato in rigorose e controllate condizioni di crescita, *Candida humilis* è risultata essere l'unica specie di lievito (Gullo et. al 2001). Per quanto riguarda i singoli parametri la loro azione può essere esemplificata come segue:

- la temperatura influenza fortemente l'attività biologica dei microrganismi e condiziona fortemente i rapporti tra le specie presenti. Intervalli di temperatura da 20 a 35 °C permettono lo sviluppo sia di lieviti che di batteri lattici, però alle basse temperature i batteri sono maggiormente inibiti rispetto ai lieviti e viceversa.
- La farina contiene numerose sostanze nutritive necessarie per lo sviluppo dei microrganismi. Inoltre, durante la fermentazione, le attività enzimatiche (amilolitiche e proteolitiche) liberano zuccheri semplici ed amminoacidi le cui quantità variano secondo i tipi di farina. Nelle prime fasi della crescita, i microrganismi, mostrano un'elevata domanda di amminoacidi utilizzabili per i processi di biosintesi, in questo contesto risulta importante l'attività proteolitica svolta sia dagli enzimi costitutivi della farina, sia da quelli rilasciati dai microrganismi.
- L'idratazione dell'impasto favorisce le attività microbiologiche ed enzimatiche; un incremento della quantità d'acqua, in genere, comporta una maggiore crescita di lieviti e batteri lattici. Per preparare e mantenere un impasto acido occorre rallentare l'attività dei microrganismi e conservare un impasto di consistenza non troppo molle.
- Il cloruro di sodio a concentrazioni superiori al 2% svolge un'azione inibitrice sui lieviti. Infatti è consigliabile aggiungere il sale solo quando l'attività dei microrganismi è al massimo livello; spesso viene, infatti, utilizzato per rallentare la fermentazione e diminuire l'idrolisi dell'impasto.
- La concentrazione degli acidi organici, in particolare l'acetico inibisce lo sviluppo dei lieviti. La sensibilità di un ceppo di lievito all'acido acetico è funzione del pH, della concentrazione della sua forma indissociata.
- I tempi tra un rinnovo e l'altro costituiscono dei parametri importanti al fine di mantenere costante il rapporto tra le specie presenti e di preservare la vitalità del lievito naturale dipende fondamentalmente dalle modalità di conservazione, trattandosi di pratiche laboriose, i panificatori hanno nel tempo messo a punto per allungare i tempi tra un rinnovo e l'altro:

- rinnovo e mantenimento a temperatura ambiente, in questo caso il successivo rinnovo deve essere fatto entro le 10-15 ore
- rinnovo, disidratazione dell'impasto per aggiunta di farina e conservazione in frigorifero.
- rinnovo e conservazione in "bagno d'acqua" metodo diffuso in Piemonte ed in alcune zone della Lombardia oltre che per la produzione di pane, per prodotti da forno da ricorrenza (panettone, pandoro, colomba).

Caratteristiche e ruolo dei lieviti e dei batteri lattici del lievito naturale

I lieviti sono organismi tipicamente mesofili con temperatura ottimale di crescita tra i 20 e 40 °C, prediligono pH acidi (ottimo 3,5- 4,5), sono anaerobi facoltativi. Hanno esigenze nutrizionali semplici, i composti utilizzati sono carboidrati, composti azotati, vitamine. Non tutti riescono ad utilizzare il disaccaride maltosio, questo aspetto riveste notevole importanza nel caso di utilizzo in associazione con i batteri lattici. In sintesi, i lieviti sono molto meno esigenti dei batteri lattici: possono crescere impiegando lo ione ammonio come unica fonte di azoto per la sintesi di amminoacidi, purine e pirimidine. E, nonostante siano in grado di utilizzare molti composti azotati, non presentano alcuna attività idrolitica nei confronti delle proteine.

I batteri lattici sviluppano nell'intervallo di temperatura compreso tra 5 e 53 °C, con optimum tra 30 e 40 °C in funzione della specie, il pH ottimale di crescita è di 5,5-5,8, ma riescono a moltiplicarsi sino a valori di 3,8. Le specie prevalentemente isolate da un lievito naturale appartengono ai generi *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* e *Streptococcus*. Il metabolismo omo od eterofermentante di questi ceppi permette a partire dagli esosi la liberazione nel mezzo di solo acido lattico L(+) e D(-) (omofermentanti) o di acido lattico, acido acetico, CO₂, etanolo e tracce di composti secondari (eterofermentanti). (Tab. 5).

Tab. 5. Metabolismo omo ed eterofermentante dei batteri lattici

Metabolismo	Ac. lattico	Ac. acetico	CO ₂	Tracce di altri componenti
Omofermentanti <i>Lactobacillus</i> <i>Streptococcus</i> <i>Pediococcus</i>	2 moli	tracce	Per certe specie a partire da pentosi	Acetaldeide, acetoino, di acetile, isobutanolo 2-3 metilbutanolo
Eterofermentanti <i>Lactobacillus</i> <i>Leuconostoc</i>	1 mole	1 mole il rapporto acetato/etanolo dipende dal potenziale redox del mezzo	1 mole	Idem omofermentanti + Etanolo, mannitolo, propanolo, etilacetato, etanolo, 2,3 butandiolo, ottandiolo

I carboidrati metabolizzati dai batteri lattici sono numerosi, alcune specie (*Lactobacillus sanfranciscensis*, *Lactobacillus brevis*) utilizzano preferenzialmente maltosio e glucosio e successivamente gli altri zuccheri.

Le esigenze nutrizionali dei batteri lattici variano a seconda delle specie e dei ceppi, in generale composti di cui necessitano oltre ai carboidrati sono: vitamine, amminoacidi, peptidi, acidi grassi e loro esteri.

Il ruolo principale dei batteri lattici è la produzione degli acidi organici e di CO₂ per degradazione dei glucidi. La quantità di CO₂ prodotta dai batteri lattici eterofermentanti è variabile a seconda delle specie e dei ceppi, comunque si tratta di quantità minori rispetto a quelle prodotte dai lieviti.

Oltre ai glucidi semplici, altri composti dell'impasto (proteine, amido, pentosani ed acidi organici) subiscono degradazioni risultanti dall'azione diretta o indiretta dei batteri lattici.

La presenza degli acidi lattico ed acetico gioca un importante ruolo durante le fasi dell'evoluzione dell'impasto. L'acidità della pasta, infatti, condiziona lo sviluppo microbico e l'attività dei sistemi enzimatici della farina. È molto importante che il rapporto acido lattico/acido acetico non si discosti dal valore ottimale di 3:1 per gli effetti che i due acidi hanno sul glutine, in quanto, l'acido lattico lo rende più elastico, l'acido acetico ne accorcia ed irrigidisce le maglie (Bianco, 1991). La cinetica di acidificazione, il pH finale dell'impasto ed i valori del quoziente fermentativo dipendono sia da parametri tecnologici che dalle specie presenti nell'impasto. Ad esempio batteri lattici eterofermentanti quali *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus fructivorans* ed *Lactobacillus fermentum* sono caratterizzati da una bassa velocità di acidificazione. Di contro i batteri lattici omofermentanti, come *Lactobacillus plantarum*, mostrano una rapida produzione di acido lattico influenzando notevolmente l'acidità dell'impasto (Gobbetti, 1995). Gli altri acidi organici (propionico, butirrico, isobutirrico, valerico ed isovalerico) deriverebbero dalla degradazione dei lipidi e dalla deamminazione e transamminazione degli amminoacidi (Galal 1978) e pur essendo poco rappresentati sono altrettanto importanti per il contributo sensoriale.

Interazione tra lieviti e batteri lattici delle paste acide

Il lievito naturale è un sistema biologico in equilibrio che garantisce l'armonico sviluppo dei microrganismi in esso presenti grazie a precise interazioni che si vengono a stabilire tra gli stessi. Il numero ed il tipo di microrganismi dipende dalla capacità che essi hanno di coabitare e di determinare in sinergia l'equilibrato sviluppo dell'impasto (Boraam, 1993). La relazione che lega lieviti e batteri lattici è da ricondurre principalmente alla produzione, degli ultimi, di antibiotici ed acidi organici, nonché all'utilizzazione non competitiva della fonte di carbonio. La modificazione dell'ambiente, in primo luogo, causa la selezione delle specie che meglio vi si adattano; la mancanza di competizione per le sostanze nutritive permette, poi, la normale crescita dei differenti microrganismi. A conferma di ciò molti dei lieviti, che normalmente vivono nell'impasto acido, mostrano un'elevata resistenza sia agli acidi organici che agli antibiotici (Lues, 1993). Mentre il metabolismo dei carboidrati mostra chiaramente come l'attività dei lieviti spesso influenzi in modo marcato la crescita ed il comportamento dei batteri

lattici. Ad esempio, la mancanza di competizione tra *Saccharomyces exiguus* ed *Lactobacillus brevis subsp. lindneri* per il maltosio, determina un incremento della crescita e della produzione di acido lattico da parte di quest'ultimo. Mentre quando la fonte principale di carbonio è rappresentata dal glucosio, l'associazione con *Saccharomyces cerevisiae* si traduce in una riduzione della crescita del *Lactobacillus brevis subsp. lindneri*, nonché nella produzione di acido lattico. La marcata competizione tra i due microrganismi è dovuta al più rapido consumo di glucosio da parte dei lieviti i quali ne riducono ben presto la disponibilità. (Gobbetti, 1994).

Sino a quando un'adeguata quantità di zuccheri e vitamine è presente nella pasta, la velocità di moltiplicazione dei batteri lattici è legata alla disponibilità nel mezzo di amminoacidi. I lattobacilli, infatti, mostrano una forte domanda di questi composti, tanto che, ne causano una rapida caduta di concentrazione. La disponibilità di amminoacidi aumenta quando i batteri lattici crescono in associazione con *Saccharomyces cerevisiae*. I lieviti, infatti, sono soliti rilasciare nell'ambiente questi composti ed in presenza di NH_4Cl e di amminoacidi, preferiscono utilizzare il primo (Gobbetti, 1994). Ciò stimola fortemente l'attività dei batteri determinando spesso una maggiore acidificazione dell'impasto come nel caso dell'associazione *Saccharomyces cerevisiae*- *Lactobacillus brevis subsp. lindneri* (Spicher, 1982). Un analogo risultato si ottiene dall'associazione *Candida krusei*- *Lactobacillus acidophilus* (Spicher, 1981). Dagli esempi riportati si comprende l'importanza di come le differenti specie di microrganismi presenti nel *lievito naturale*, e le relazioni che intervengono a regolarne lo sviluppo e le funzioni, possano influire in modo determinante sulla qualità della pasta acida, giustificando, almeno in parte, l'originalità sensoriale che spesso accompagna i prodotti ottenuti da madri differenti.

Bibliografia

- Averina N. M., Pachenco L. P., Derkanosov (1982). *In procédé de production de levain liquide pour la fabrication de pain de seigle*; Brevet URSS SU 1105167 A.
- Azar M., Tersarkissian N., Chavifek H., Fergusson T., Ghasseni H. (1977). *J. Food Sc. And Technol.* 14, 251.
- Barber, S., Baguena, R., Martinez-Anaya, M.A, Torner, M. J. (1983). *Microflora de masa madre panaria. Identificación y propiedades funcionales de microorganismos de masas madre industriales, elaboradas con harina de trigo.* Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment. 23: 552-562.
- Bianco L., M. Marucchi. 1991. *Farine pane e miglioratori: determinazione deli acidi in HPLC.* Industrie alimentari 295: 625-634.
- Boraam F., M. Faid, J. P. Larpent, A. Breton. (1993). *Lactic acid bacteria and yeast associated with traditional moroccan sous dough bread fermentation.* Sci. Alimentis 13: 501-509.
- Collar C., A. F. Mascaros, J. A. Prieto, C. Benedito de Barber. (1991). *Changes in free amino acids during fermentation of wheat doughs starter with pure culture of lactic bacteria.* Cereal chemistry 68: 66-72.
- Foramitti, A. *Kontinuierliche und mechanisierte Herstellung von Sauerteig Getreide Mehl Brot.* 36:47, (1982).
- Foschino R., A. Galli. (1997). *Italian style of life: pane, amore e... lievito naturale!* Tecnologie alimentari. 1: 42-59.
- Galal A. M., A. Johnson, E. Varriano Mastron. (1978). *Lactic and volatile organic acids of San Francisco sourdoughs French bread.* Cereal Chem. 55: 461-468.
- Galli, A. and Ottogalli, G. (1973). *Aspetti della microflora degli impasti per panettone.* Annali di Microbiologia. 23, 39-47.
- Gobbetti M., A. Corsetti, S. De Vincenzi. (1995). *The sourdoughs microflora. Characterization of heterofermentative lactic acid bacteria based on acidification kinetics and impedance test.* Ital. J. Food Sci. 2: 103-111.
- Gobbetti M., Corsetti A., Rossi J., La Rosa F., S. De Vincenzi. (1994). *Identification and clustering of lactic acid bacteria and yeast from wheat sourdoughs of central Italy.* Ital. J. Food Sci. 1: 85-94.
- Gullo M., Romano D., Pulvirenti A., Giudici P. (2001). *Candida humilis - dominant species in sourdoughs for the production of durum wheat bran flour bread.* (In stampa).
- Hardy, J. L. (1982). *In mise au point d'une technique de panification sur levain à partir de ferments céréalières associés.* Thèse UTC, Compiègne, France.
- Iorizzo M., Coppola R., Sorrentino L., Grazia L. (1995). *Caratterizzazione microbiologica di paste acide molisane.* Industrie Alimentari XXXIV 1290-1294.
- Joulin G. (1982). *In composition fermentaire pour la preparation d'un levain et son procédé d'obtention.* Brevet n° 2525 628 France.
- Kazanskaya L. N., Gurina O. F., Afanasteva O.V (1977).
- Kline L. (1981). US Patent n° 4 243 687, 6-01-8.
- Kline L., Sugihara T.F. (1971). *Microorganisms of the San Francisco sour dough bread process. II. Isolation and characterization of undescribed bacterial species responsible for the souring activity.* Appl. Microbiol. 21: 459-465.
- Latfullina (1979). *In preparation complexe Levures-Bactéries destinée à la panification (Russe).* Académie des Sciences de la Rép. Soc. Sov. de Kazathie. Travaux de l'Institut de Microbiologie, Tome 25.
- Lönner C. T., Welander N., Molin N., Dostalek M. (1986). *The microflora in a sour dough started spontaneously on typical Swedish rye meal.* Food Microbiol. 3: 3-12.
- Lues J. F. R., B. C. Viljoen, M. Miller, B. A. Prior. 1993. *Interaction of non culture microbial flora on dough fermentation.* Food Microbiol. 10: 205-213.
- Martinez-Anaya M.A., Pitearch B., Bayarri P., B. De Barber C. (1990). *Cereal Chem.* 67 (1) 85.
- Menge W. (1980). *Production of a naturally leavened dough for the preparation of bread and pastries.* US Patent n° 4.238.512, 9-12-80.
- Nout M. J. R. et Creemers-Molenaar (1987). *Chem. Mikrobiol. Technol. Lbensm.* 10, 162.
- Pulvirenti A., Caggia C., Restuccia C., Gullo M., Giudici P. 2001. *DNA fingerprinting methods used for identification of yeasts isolated from Sicilian sourdoughs.* Annals of Microbiology. 51-(1) 107-120.
- Quaglia G. 1984. *Scienza e tecnologia della panificazione.* Ed. Chirotti.
- Rossi, J. 1996. *The yeasts in sourdough.* Adv. Food Sci. 18: 201-211.
- Salovaara H., Katunpää H. (1984). *An approach to the classification of lactobacilli isolated from Finnish sour rye dough ferments.* Acta Aliment. Polonica. 10, 231-239.
- Salovaara, H., Savolainen, J. 1984. *Yeast type isolated from finish sour rye dough starters.* Acta-Aliment- Pol. Warsawa. 10 (314) 241-246.

- Sarra P. G., Pattarini F., Bortolotti F., Romani A. (1992). *Caratterizzazione di lattobacilli isolati da madri acide*. *Industrie Alimentari*. 308: 882-887.
- Spicher G. 1987. XXII. *Z. Lebensm. Unters. Forch.* 184,300.
- Spicher G. e Schröder R. (1980). *Die Mikroflora des Sauerteiges*. IX. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 170: 262-266.
- Spicher G., E. Rabe, R. Sommer, H. Stephan. 1981. *About the behaviour of homofermentative sourdough bacteria and yeasts in mixed culture*. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 173: 291-296.
- Spicher G., E. Rabe, R. Sommer, H. Stephan. 1982. *On the behaviour of heterofermentative sourdough bacteria and yeasts in mixed culture*. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 174: 222-227.
- Spicher G., Lönner C. (1985). *Die Mikroflora des Sauerteiges*. XXI. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 181: 9-13.
- Spicher G., Schröder R. (1978). *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 167: 342-345
- Spicher G., W. Nierle. 1984. *The microflora of sourdough. The protein degrading capabilities of the lactic acid bacteria of sourdough*. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 178: 389-392.
- Spicher. 1984. XVII. *Starter- Z. Lebensm. Unters. Forch.* 178, 106.
- Sugihara T. F., Kline L. (1975). *Further studies on a growth medium for L. sanfrancisco*. *J. Milk Food Technol.*, 38, (11), 667-672.
- Sugihara TF, Kline L., Miller MW. (1971). *Appl. Microbiol.* 21: 456-458.
- Suihko, M. L., Mäkinen, V. 1984. Tolerance of acetato, propionate and sorbate by *Saccharomyces cerevisiae* and *Torulopsis holmii* (Yeast in bakery fermentations). *Food Microbiol.* 1 (2) 115-110.
- Vajda B. P., Kerekes S., Nagy G. (1984). In utilization of starter cultures to improve the quality of bread. *Microbial associations and interactions in foods*. Eds. I Kiss, T. Deak & K. Ineze.
- Włodarczyk M. (1985). *Acta Alim. Pol.* 11 (3) 345.
- Zambonelli C., Tini V., Giudici P., Grazia L. (2001). *Microbiologia degli alimenti fermentati*. pp 151-165.