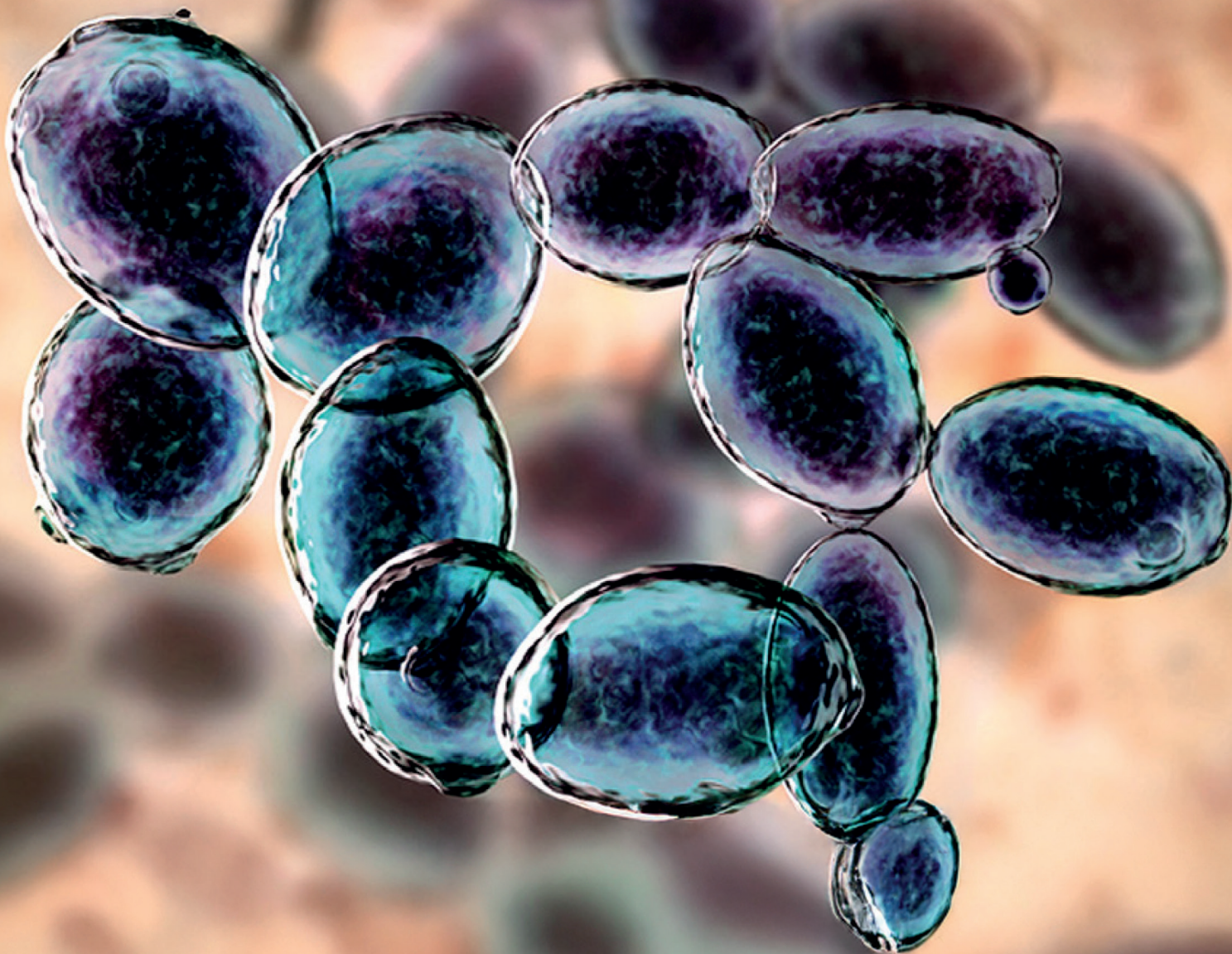




LESAFFRE

Lievito e soluzioni per la panificazione

Lesaffre

Comunicazione Tecnica

23

GENETICA E METABOLISMO DEI LIEVITI

I lieviti sono dei funghi unicellulari. Anche se determinate caratteristiche strutturali, metaboliche e riproduttive permettono di raggrupparli sotto il termine generico di "lieviti", questo insieme comprende numerose migliaia di specie differenti.

Alcune specie di lieviti sono patogene, altre benefiche. Da migliaia di anni l'uomo ha tratto vantaggio dal metabolismo di numerosi di questi lieviti benefici per la produzione di alimenti, in particolare per la panificazione. Ad esempio, il *Saccharomyces cerevisiae*, e con il ritorno dei lieviti madre, il *Pichia kudriavzevii*, *Kazachstania exigua*, *Torulaspora delbrueckii*, *Wickerhamomyces anomalus*, o ancora il *Pichia membranifaciens* tanto per citarne alcuni, contribuiscono alla lievitazione degli impasti e agli aromi dei prodotti della panificazione. Se in passato il loro utilizzo era empirico, i lieviti madre per la panificazione, e più precisamente il lievito noto come *Saccharomyces cerevisiae*, hanno svelato numerosi segreti inerenti il loro metabolismo e la loro riproduzione, consentendo così di selezionare con cura i diversi ceppi.

Sebbene il lievito venisse già usato dagli antichi Egizi per far lievitare il loro pane (anche se la sua vera natura era ancora completamente sconosciuta all'epoca), si è dovuto aspettare il 1857 e l'opera di Louis Pasteur per comprendere che i lieviti sono degli organismi viventi e decodificare il loro ruolo nella trasformazione degli zuccheri in alcol (Pasteur, 1857). Dopo questa scoperta, il lievito è stato oggetto di studi che hanno consentito all'uomo di sfruttarne tutte le funzioni, in particolare nella panificazione.

1. STRUTTURA E TASSONOMIA DEI LIEVITI

1.1. Caratteristiche strutturali dei lieviti

I lieviti sono dei microrganismi unicellulari che comprendono (Figura 1):

- una parete cellulare, semi rigida, che circonda la membrana plasmatica e protegge il lievito dalle aggressioni fisico-chimiche dell'ambiente esterno; vi sono concentrati determinati enzimi sintetizzati dalla cellula quali fosfatasi, proteasi, glucosidasi, invertasi;
- una membrana plasmatica composta principalmente da un doppio strato di fosfolipidi, nella quale sono presenti numerosi complessi proteici che consentono gli scambi di sostanze dall'ambiente esterno all'interno della cellula e viceversa;
- un nucleo contenente le informazioni genetiche del lievito (16 cromosomi aploidi);
- dei ribosomi, responsabili della sintesi proteica;
- dei mitocondri che assicurano la respirazione in presenza di ossigeno;
- e potenzialmente uno o più vacuoli, dall'aspetto omogeneo, che fungono da area di stoccaggio per diverse sostanze e in particolare per gli enzimi (Loiez A, 2003).

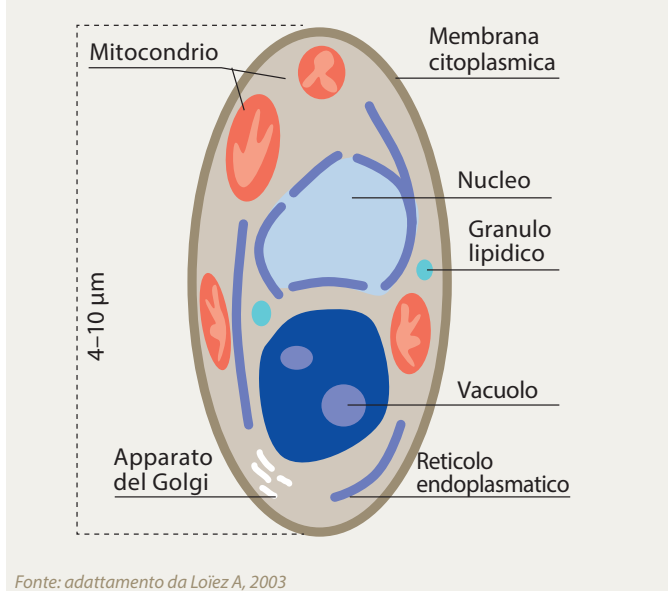
Le cellule di *S. Cerevisiae* hanno forma ovoidale e presentano un diametro di 4 - 10 µm; un grammo di lievito pressato contiene dagli 8 ai 10 miliardi di cellule.

1.2. Tassonomia dei lieviti

1.2.1 Classificazione

Con il termine generico di lievito si designa un fungo unicellulare in grado di riprodursi per gemmazione e non un gruppo specifico in termini di tassonomia. Ciò nonostante, tutti i lieviti appartengono al regno dei Funghi (funghi), un vasto gruppo diversificato che

FIGURA 1. RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DI UN LIEVITO DI PANIFICAZIONE (*SACCHAROMYCES CEREVISIAE*).



comprende organismi unicellulari come i lieviti ma anche organismi pluricellulari (muffe) e dei «funghi superiori» dotati sovente di un gambo e di un pileo. La maggior parte dei lieviti (ma non la totalità) è imparentata con una vasta famiglia del regno dei Funghi: gli ascomiceti (*Ascomycota*), funghi caratterizzati dalle spore (*ascospores*) formate all'interno di aschi (cellula riproduttrice caratteristica di questa famiglia). Il genere degli ascomiceti include diverse specie di lieviti (come anche le morchelle, le pezize, i trufoli). Un vasto studio filogenetico realizzato nel 2007 da oltre sessanta ricercatori (David *et al.*, 2007) ha definito tre sottogeneri di ascomiceti (Figura 2), numerosi dei quali contengono dei lieviti:

- i *Taphrinomycotina*, gruppo che racchiude quattro classi: gli *Schizosaccharomycetes* che contengono i lieviti da birrificazione, i *Pneumo-cystidiomycetes*, i *Neoelectomycetes*, e i *Taphrinomycetes*,
- i *Saccharomycotina*, gruppo che include numerosi lieviti, tra cui il «lievito per panificazione»
- i *Pezizomycotina*.

Pur non essendo tutti i lieviti degli ascomiceti, questo sottogenere raggruppa la maggior parte dei lieviti. Sono note circa 1000 specie di lieviti ascomiceti; tuttavia, si stima che resta ancora da scoprire un gran numero di categorie tassonomiche, che andrà a duplicare la quantità nota (fonte: *Tree of life web project*).

Tra questo gran numero di specie di lieviti, alcuni risultano essere dei parassiti di animali e di piante: il *Candida albicans* e i suoi parenti stretti provocano delle malattie negli esseri umani; l'*Eremothecium gossypii*, lievito trasmesso dagli insetti succhiatori, provoca la putrefazione della frutta.

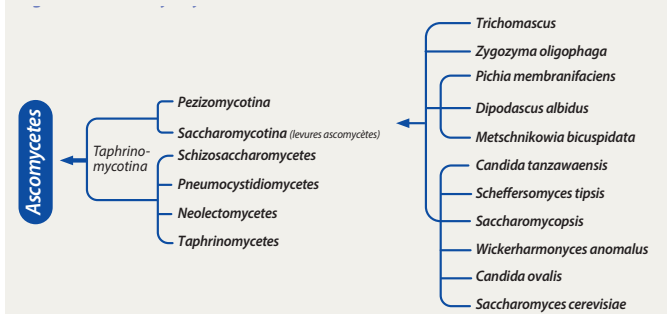
Ciò nonostante, la maggioranza dei lieviti ascomiceti vive in sinergia con altri organismi: ad esempio, alcuni forniscono delle vitamine e degli enzimi agli artropodi in cambio di un habitat e di una dispersione efficaci.

Infine, alcuni lieviti sono ancora oggi impiegati dall'uomo in diverse applicazioni alimentari, come ad esempio nella panificazione. Questi lieviti non sono patogeni.

1.2.2 *Saccharomyces cerevisiae* (lievito di birra)

Tra le migliaia di specie di lieviti che esistono, uno di questi, il *Saccharomyces cerevisiae* (genere *Saccharomyces*, specie *cerevisiae*, con riferimento al suo utilizzo nella produzione della birra) viene usato come ingrediente nella panificazione e nella pasticceria. Da qui la sua denominazione «lievito per panificazione».

FIGURA 2. TASSONOMIA DEI LIEVITI.



Albero filogenetico basato su analisi di piccole sequenze di sottounità ribosomiali modificate.

Fonte: *Tree of Life Web project (Suh et al., 2006)*

Alla fine del XIX secolo, in seguito alle scoperte di Pasteur, si è diffuso nella panificazione l'impiego del *S. cerevisiae* come agente lievitante in quanto permetteva di ridurre i tempi di fermentazione e di evitare il mantenimento del lievito madre, un complesso composto di batteri e di lieviti che si sviluppa in un substrato di farina ed acqua.

1.2.3 Gli altri lieviti per la panificazione

Il ritorno parziale ai lieviti madre dopo gli anni '80 ha portato ad una grande varietà di lieviti nella panificazione: nei lieviti ottenuti per fermentazione spontanea e provenienti da diversi paesi e da diversi cereali, sono state isolate numerose specie di lieviti, tra cui il *Saccharomyces cerevisiae* nonché, seppur in misura minore, il *Pichia kudriavzevii*, *Kazachstania exigua*, *Torulaspora delbrueckii*, *Wickerhamomyces anomalus*, *Pichia membranifaciens*... (Tabella 1).

TABELLA 1. SPECIE DI LIEVITO IDENTIFICATE NEL LIEVITO MADRE

Specie di lievito identificate nel lievito madre	Sinonimo
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	<i>S. fructuum</i>
<i>Candida humilis</i>	<i>Candida milleri</i>
<i>Pichia kudriavzevii</i>	<i>Issatchenkia orientalis</i>
<i>Kazachstania exigua</i>	<i>S. exiguus</i>
<i>Torulaspora delbrueckii</i> <i>Wickerhamomyces anomalus</i>	<i>P. anomala</i> , <i>Hansenula anomala</i>
<i>Candida glabrata</i>	
<i>Pichia membranifaciens</i>	<i>T. stellata</i>
<i>Candida parapsilosis</i>	
<i>Candida stellata</i>	
<i>Candida tropicalis</i>	
<i>Kazachstania unispora</i>	<i>S. unisporus</i> , <i>T. unisporus</i>
<i>Kluyveromyces marxianus</i>	
<i>Meyerozyma guilliermondii</i> <i>Saccharomyces pastorianus</i>	<i>P. guilliermondii</i>

S.: *Saccharomyces*, P.: *Pichia*, C.: *Candida*, T.: *Torulaspora*

Fonte: *Les levains de panification: microbiologie et fonctionnalité* (E. Lhomme et al., 2015, from Huys et al., 2013)

2. METABOLISMO DEI LIEVITI

Il lievito è un fungo unicellulare dalle sfaccettature multiple, dal metabolismo aerobico o anaerobico.

2.1. Due grandi vie metaboliche d'energia

I lieviti possono produrre energia partendo da due vie metaboliche: la respirazione (in presenza d'ossigeno = via

aerobica) o la fermentazione (in assenza d'ossigeno = via anaerobica).

La respirazione aerobica rilascia maggiore energia, ma esaurisce rapidamente le riserve d'ossigeno (Edwards, 2007). Per contro, la fermentazione offre un rendimento energetico minore ma può avvenire anche in assenza di ossigeno.

Il lievito da panificazione *S. cerevisiae* appartiene ad un gruppo relativamente minore di lieviti aerobici facoltativi e fermentativi, in grado di utilizzare il glucosio in presenza o in assenza d'ossigeno e di fermentare il glucosio anche in presenza d'aria (Loïez, 2003).

Tre sono i tipi di zuccheri utilizzabili dal lievito durante la panificazione:

- quelli pre-esistenti che rappresentano circa l'1% della farina (glucosio $C_6H_{12}O_6$, saccarosio $C_{12}H_{22}O_{11}$, raffinosisio $C_{18}H_{32}O_{16}$...)

- il maltosio ($C_{12}H_{22}O_{11}$) risultante dal degrado enzimatico dell'amido della farina

- gli zuccheri aggiunti (saccarosio, sciroppo di glucosio e fruttosio...) la cui dose e natura variano a seconda delle ricette e dei paesi.

La via metabolica differisce a seconda della struttura chimica dello zucchero (monosaccaridi, disaccaridi).

Respirazione aerobica:

$C_6H_{12}O_6$ (glucosio) + 6 O_2 > 6 CO_2 + 6 H_2O + energia (688 kcal)

Fermentazione anaerobica:

$C_6H_{12}O_6$ (glucosio) > 2 CO_2 + 2 C_2H_5OH (etanolo) + energia (56 kcal)

2.2. Metabolismo dei monosaccaridi

Il lievito *S. cerevisiae* è in grado di utilizzare un'ampia gamma di composti del carbonio come substrato, sebbene il glucosio sia il suo preferito; la presenza del glucosio inibisce d'altronde l'impiego di altre fonti (Kruckeberg *et al.*, 2005).

Nel *S. cerevisiae*, il trasporto dei monosaccaridi a 6 atomi di carbonio (o esosi: ad esempio il glucosio, fruttosio, mannosio, galattosio...) avviene per diffusione attraverso la sua membrana grazie a trasportatori dedicati (Kruckeberg *et al.*, 2005; Leandro *et al.*, 2009). Gli esosi vengono poi respirati o fermentati nella cellula. Una ventina di trasportatori diversi di questi esosi sono stati riscontrati nei diversi ceppi di *S. cerevisiae*, con una grande maggioranza che riconosceva il glucosio, il fruttosio e spesso il mannosio. Questi trasportatori differiscono in termini di affinità per il loro substrato, e d'induzione (secondo la concentrazione di glucosio), etc. (Leandro *et al.*, 2009).

Certi lieviti come il *Scheffersomyces stipitis* possono anche utilizzare i monosaccaridi a 5 atomi di carbonio (o pentosi), più precisamente lo xilosio e l'arabinosio, due zuccheri relativamente abbondanti negli idrolizzati di lignocellulosa (Leandro *et al.*, 2009). Se il *S. cerevisiae* rappresenta il lievito modello più conosciuto, i sistemi di trasporto dei monosaccaridi delle altre specie di lieviti vengono decodificati progressivamente, evidenziando altri sistemi di diffusione passiva e di simporto (trasporto accoppiato a quello dei protoni) (Leandro *et al.*, 2009).

2.3. Metabolismo dei disaccaridi

Pur preferendo i monosaccaridi (esosi) quando sono disponibili, il *S. cerevisiae* è capace di metabolizzare anche determinati disaccaridi (più precisamente il saccarosio e il maltosio) dopo la loro idrolisi.

2.3.1. L'invertasi (o saccarasi) extra-cellulare

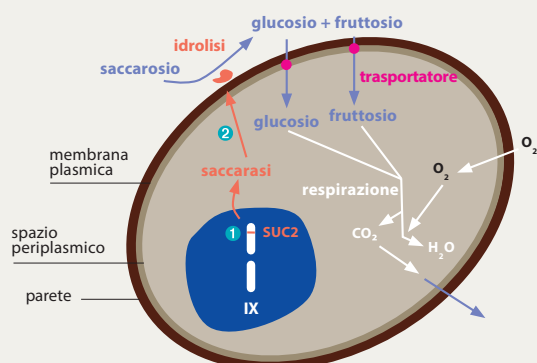
Quando il saccarosio è il substrato, l'idrolisi è extra-cellulare (Figura 3A): una invertasi (o saccarasi o beta-fruttosidasi) «scinde» il saccarosio in glucosio + fruttosio, due esosi presi in carico dai trasportatori, poi metabolizzati nella cellula. Se la concentrazione del glucosio è bassa, la trascrizione dell'invertasi viene indotta (Kruckeberg *et al.*, 2005), con la trascrizione del gene SUC2. Si ritiene d'altra parte che determinati ceppi di lieviti dispongano di trasportatori a saccarosio e una invertasi intra-cellulare (Kruckeberg *et al.*, 2005). Il lievito potrebbe disporre quindi di due invertasi: una extra-cellulare disposta tra la membrana plasmica e la parete cellulare, la cui attività è repressa in presenza di glucosio; l'altra intra-cellulare localizzata nel citoplasma che si attiverebbe se aumenta il saccarosio intra-cellulare.

2.3.2. La maltopermeasi e la maltasi intra-cellulare

La metabolizzazione del maltosio si basa su una permeasi specifica, la maltopermeasi, che facilita l'ingresso di questo disaccaride nella cellula del lievito; il maltosio viene poi scisso in due monosaccaridi (glucosio e maltosio) per azione della maltasi (Figura 3B). L'espressione dei geni codificanti per la maltasi e il trasportatore è indotta dal maltosio extra-cellulare.

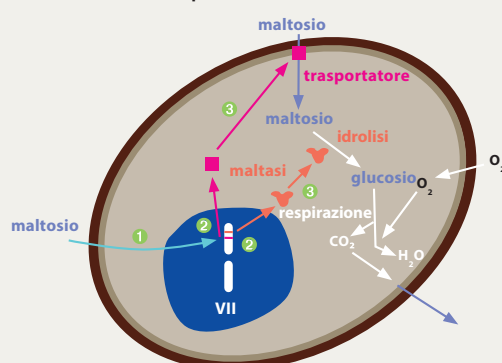
FIGURA 3. RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DEL METABOLISMO DEI DISACCARIDI NEL *S. CEREVISIAE*

A. Azione dell'invertasi (o saccarasi).



- 1 : espressione del gene SUC2
2 : trasporto proteine

B. Azione della maltopermeasi e della maltasi.



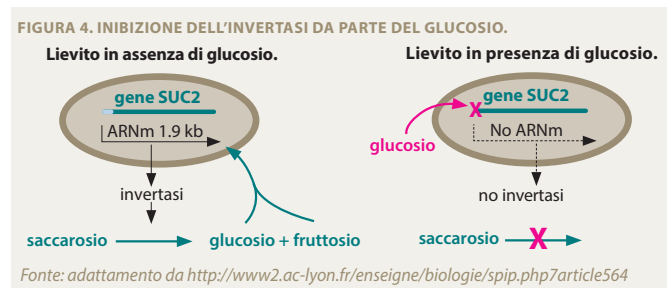
- 1 : induzione
2 : espressione dei 2 geni
3 : trasporto proteine

Fonte: <http://jean-jacques.auclair.pagesperso-orange.fr/metabolisme/respmetab.htm> (attenzione link inesistente)

È recente lo sviluppo di nuovi ceppi in grado di metabolizzare direttamente il maltosio (Feillet, 2000).

2.4. Regolazioni

Se il lievito riesce ad utilizzare numerosi substrati, il glucosio è quello preferito. Il glucosio inibisce il gene SUC2 e quindi la produzione di invertasi: in presenza di glucosio, il saccarosio non viene metabolizzato per mancanza d'invertasi (figure 4).



Quando tutto il glucosio è consumato, la crescita del lievito si ferma momentaneamente. In questo lasso di tempo, noto

come fase diauxica, il lievito adatta il proprio metabolismo per usare l'etanolo prodotto durante la fermentazione come fonte alternativa di energia. L'espressione dei suoi geni cambia: viene eliminata la repressione da parte del glucosio della sintesi delle proteine coinvolte nel metabolismo dell'etanolo. Quando si esaurisce anche l'etanolo, i lieviti entrano in una nuova fase detta di quiescenza (Galdieri, 2010) che corrisponde ad un rallentamento estremo del metabolismo e ad un arresto dello sviluppo.

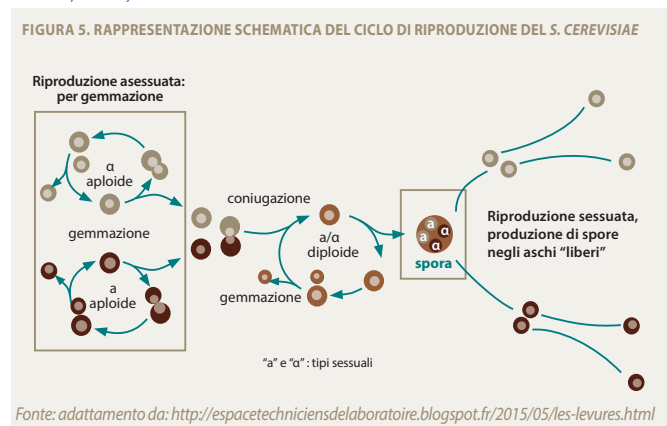
2.5. Altri fattori che influiscono sul metabolismo dei lieviti

Il lievito è soggetto a numerosi tipi di aggressioni: variazioni di temperatura, pressione osmotica, ossidazione, pH, ecc. Nella panificazione queste sollecitazioni sono legate sia alla ricetta (ad esempio, l'abbondanza di zucchero o di sale nell'impasto provoca delle variazioni della pressione osmotica) sia al procedimento (variazioni della temperatura nei diversi stadi della fermentazione, della conservazione al freddo, della cottura; pH; ecc.), sia alle condizioni iniziali di produzione dei lieviti (le condizioni di crescita o di trattamento preliminare delle cellule di lievito influiscono anche sul loro rendimento durante la fermentazione dell'impasto).

3. RIPRODUZIONE DEI LIEVITI

3.1 Una moltiplicazione principalmente asessuata

Il lievito per panificazione si moltiplica essenzialmente per gemmazione, quindi per riproduzione asessuata (Figura 5). La gemmazione induce delle cicatrici; dopo dieci gemmazioni, le cicatrici occupano l'intera parete cellulare del lievito che muore (Williams e Pullen, 2007).



La riproduzione asessuata consente ad una cellula madre di generare 17 milioni di cellule in 72 ore. La moltiplicazione è tanto più rapida se il lievito è in presenza di ossigeno: i produttori di lieviti iniettano quindi dell'aria per massimizzare la crescita dei lieviti (Edwards, 2007).

3.2 Riproduzione sessuata in condizioni sfavorevoli

La riproduzione sessuata avviene solo quando i lieviti si trovano in condizioni molto sfavorevoli (carenza di nutrienti, presenza d'acetato). Negli ascomiceti, nella riproduzione interviene una struttura caratteristica, gli aschi, all'interno della quale si producono le spore sessuate in seguito a meiosi.

Nell'asco, l'incrocio è possibile solo tra due spore di tipo sessuale opposto (2 spore di segno a e 2 spore di segno α). La cellula di lievito diploide produce delle spore e dà origine a 4 spore per meiosi (Figura 5). La fusione delle 2 spore ricompono uno stock genetico che ricombina i geni diversamente. Questa tecnica viene usata per creare lieviti con caratteristiche nuove: questa è la tecnica dell'ibridizzazione

4. SELEZIONE E MOLTIPLICAZIONE DEI LIEVITI

Come in ogni organismo vivente, la riproduzione sessuata, che avviene casualmente mediante meiosi, consente di creare dei nuovi caratteri, alcuni dei quali risultano più idonei a resistere ad un fattore esterno sfavorevole (pressione osmotica elevata, temperatura bassa, ecc.). Questi nuovi individui più resistenti vengono allora selezionati, mentre gli altri vengono eliminati per effetto della pressione esercitata dall'ambiente esterno. La rapidità della riproduzione sessuata e asessuata dei lieviti conferisce loro una forte capacità d'adattamento in tempi ridotti.

4.1 Creazione di nuovi ceppi di lieviti

In linea generale, la selezione dei lieviti da panificazione si basa su due criteri principali:

- la loro capacità di fermentare nonostante la presenza di elevate concentrazioni di zucchero, oppure di interrompere la fermentazione al di sotto di una certa temperatura, in modo da poter resistere alla conservazione a freddo, ecc...

- la loro velocità di moltiplicazione in modo da risultare competitivi per il produttore (Reed, 2012). Numerose tecniche biotecnologiche possono essere applicate per migliorare le caratteristiche dei lieviti.

4.1.1. Ibridizzazione

L'ibridizzazione si basa su incroci successivi tra ceppi parentali geneticamente diversi, per ottenere individui ibridi che combinano le caratteristiche dei ceppi d'origine (ad esempio, resistenti a concentrazioni elevate di zuccheri e al freddo). Nel *S. cerevisiae*, avvengono numerose ricombinazioni genetiche durante la meiosi, da cui risulta una grande diversità genetica degli aploidi e la potenzialità di definire dei programmi di incroci con ceppi che presentano proprietà differenti (Loiez, 2003).

Questa tecnica consente di sfruttare solo la variabilità genetica naturalmente presente all'interno delle popolazioni. È stata attuata negli anni '70 per sviluppare ceppi osmotolleranti (Reed, 2012).

4.1.2. Adattamento evolutivo

Qualsiasi essere vivente che si riproduce è soggetto a mutazioni spontanee a debole frequenza. Pertanto, più il lievito si riproduce, più si hanno mutazioni. Se collocato in un ambiente stressante (ricco di zuccheri, ecc.), viene forzata l'apparizione di queste mutazioni e, progressivamente finiscono per dominare gli individui più forti.

4.1.3. Mutagenesi

Con la mutagenesi si ottengono nuove caratteristiche dovute alla modifica del genoma in seguito all'impiego di agenti fisici (ultra-violetti) o chimici (agenti mutageni come l'EMS, o etil metansolfonato, ora meno utilizzato per ragioni di sicurezza). La selezione dei mutanti necessita di uno screening efficace: questa tecnica ha permesso, ad esempio, di ottenere dei mutanti resistenti alla surgelazione.

4.1.4. Fusione dei protoplasmi

La tecnica basata sulla fusione dei protoplasmi (= citoplasma +

nucleo) consente di ottenere una cellula che presenta tutto il contenuto cellulare delle due cellule fuse. Risulta particolarmente adatta alla ricombinazione di lieviti quando i meccanismi genetici non sono ancora completamente noti e i caratteri ricercati sono molto complessi, ad esempio per ottenere un ceppo con una migliore forza lievitante, variabile a seconda dell'ambiente (impasti zuccherati o normali, ecc.).

4.1.5. Inserimento di geni

Il sequenziamento completo del genoma del lievito, completato nel 1996, ha aperto le porte all'approccio molecolare: invece di lavorare alla cieca e di ricercare i candidati ideali durante lo screening, è ora possibile puntare al gene che interessa. Il *Saccharomyces cerevisiae* ha un plasmide, un piccolo filamento di DNA circolare (denominato «plasmide a due micron») nel quale si possono introdurre dei geni estranei al lievito obbligandolo a svolgere il programma previsto dal gene introdotto. Tuttavia, queste tecniche non vengono applicate nel campo dei prodotti alimentari, ma sono riservate a settori quali la sanità. A titolo d'esempio, alcuni ricercatori hanno introdotto il gene produttore del capsido del virus dell'epatite B; il lievito così modificato inizia a produrre la proteina antigenica che servirà a creare il vaccino contro questa patologia.

4.2 Selezione di nuovi ceppi di lieviti

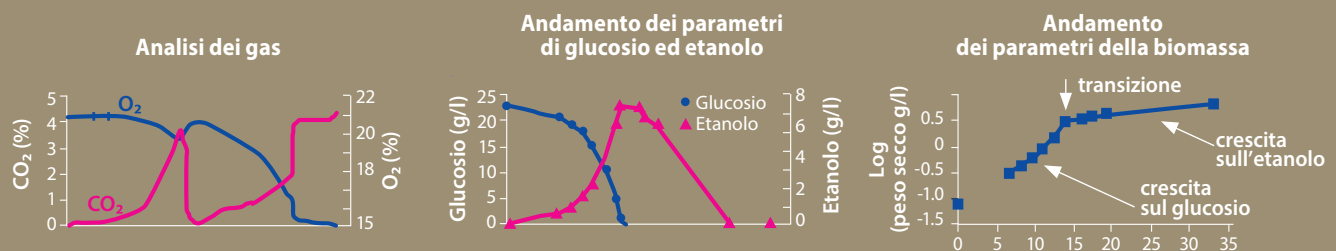
Le tecniche di creazione di nuovi ceppi, in particolare quelle di ibridizzazione e adattamento evolutivo, generano un gran numero di nuovi ceppi, tra i quali occorre isolare il ceppo d'interesse che risponde ai criteri ricercati. Lo screening cellulare ad alta resa (o *high-throughput screening*) viene effettuato con l'ausilio di diverse apparecchiature automatiche che combinano la robotica, l'informatica e la bio-informatica: esso consente di selezionare rapidamente i ceppi di lieviti con le migliori caratteristiche che saranno poi studiati al fine di decodificare i loro meccanismi d'azione.

L'EFFETTO CRABTREE

Poiché la respirazione libera più energia, è privilegiata quella aerobica. Tuttavia, quando la concentrazione di zuccheri aumenta, e questo malgrado la presenza di ossigeno, il *S. cerevisiae* adotta un metabolismo energetico essenzialmente fermentativo (all'80%) e consuma poco glucosio mediante respirazione. Si tratta dell'effetto Crabtree o repressione catabolica: il glucosio reprime l'espressione di geni codificanti per gli enzimi coinvolti nel suo metabolismo o in quello di altre fonti di carbonio.

Pur essendo meno energetica, la fermentazione produce etanolo che ha il vantaggio di ostacolare la crescita di altri organismi (Verstrepen *et al.*, 2004).

All'esaurirsi degli zuccheri, dopo una breve pausa (fase diauxica), le cellule passano a un metabolismo completamente respiratorio, con un aumento del numero di mitocondri intracellulari; il lievito catabolizza l'etanolo prodotto durante la fermentazione mediante la respirazione aerobica (Otterstedt *et al.*, 2004).



Coltura del *Saccharomyces cerevisiae* di tipo selvaggio in mezzo non rinnovato, agitato, aerato, 30°C – mezzo minimo con glucosio a 20 g/L (2 %), pH 5.

Fonte: Otterstedt *et al.*, 2004

4.3 Produzione dei lieviti

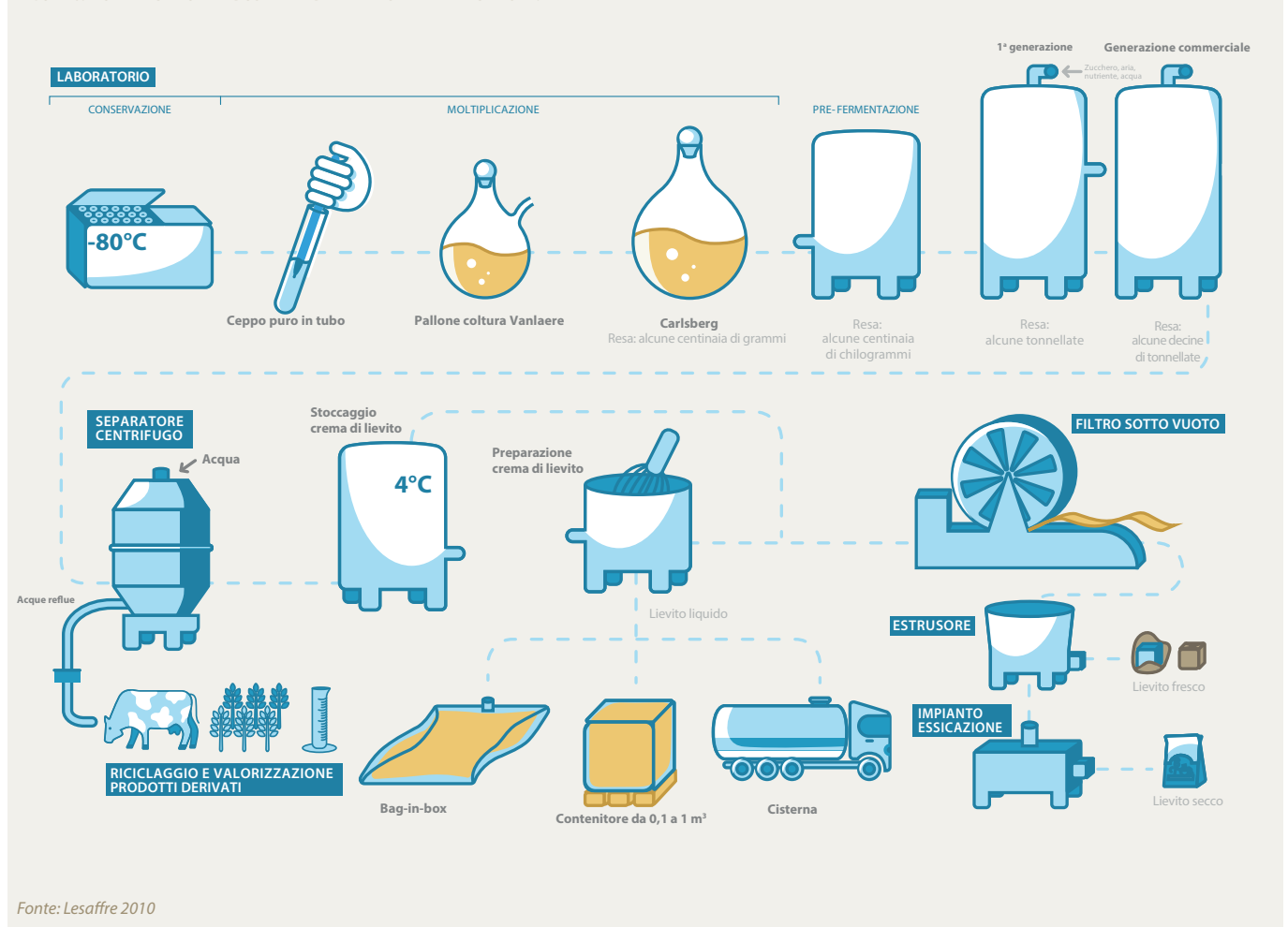
Un processo rigoroso consente di moltiplicare in meno di 2 giorni un microrganismo di alcuni microgrammi in alcune centinaia di tonnellate di lievito pronte a soddisfare il fabbisogno dell'industria e dei panificatori di tutto il mondo. A tale scopo, le cellule vive dei lieviti devono avere delle condizioni favorevoli alla moltiplicazione dal laboratorio fino ai serbatoi industriali.

Il ceppo puro del lievito viene coltivato preliminarmente su un terreno di coltura ricco per ottenere alcune centinaia di grammi di lievito. Una pre-fermentazione consentirà una resa di alcune centinaia di chilogrammi. Seguirà poi la fase di fermentazione propriamente detta, con l'inseminazione di un serbatoio di fermentazione per ottenere le prime tonnellate di un lievito di prima generazione. La moltiplicazione dei lieviti avviene in genere su un substrato di melasse di barbabietola

e canna, ottenute da zuccherifici, sterilizzate, chiarificate (rimozione dei materiali organici per centrifugazione) e arricchite di sali nutritivi (fosfato d'ammonio e ammoniaca), in presenza d'ossigeno (aria sterile). Le tonnellate di lieviti di prima generazione consentiranno l'inseminazione di numerosi fermentatori e la produzione di alcune dozzine di tonnellate di lievito del tipo "generazione commerciale". Per favorire la respirazione che permette un miglior rendimento energetico, la disponibilità di zuccheri rimane controllata onde evitare un effetto Crabtree (vedi box di approfondimento).

Quando il substrato è esaurito, il mosto fermentato viene lavato, poi passato in centrifughe al fine di estrarre la crema di lievito che verrà quindi refrigerata (a circa 4°C) in attesa del relativo condizionamento in forma liquida, fresca o secca.

FIGURA 6. MOLTIPLICAZIONE INDUSTRIALE DEL LIEVITO PER PANIFICAZIONE.



CONCLUSIONI

*Il «lievito da panificazione», *Saccharomyces cerevisiae*, non è altro che una specie di lievito tra migliaia d'altri. Questo lievito, ampiamente utilizzato nella panificazione, è una specie modello il cui genoma è stato completamente decodificato. Questo lievito presenta una notevole variabilità genetica: si hanno nuovi ceppi in seguito a incroci e mutazioni, che mostrano nuovi meccanismi in grado di adattarsi alle condizioni di temperatura, pH, ecc. collegate alla panificazione.*

*Da oltre 150 anni, un'ampia gamma di lieviti, che si tratti di ceppi di *S. cerevisiae* o di altri lieviti da panificazione, è stata selezionata progressivamente da Lesaffre. L'esperienza e la perizia sviluppate dal produttore di lieviti gli consentono oggi di moltiplicare e condizionare questi ceppi a condizioni ottimali (substrato, scelta della fase di raccolta, ecc.) al fine di preservarne la capacità di rispondere alle diverse esigenze dei panificatori.*

Per ulteriori informazioni e note bibliografiche scrivere a segreteria.lit@lesaffre.com

