

Metabolismo fermentativo

genere	monosaccaride	fermentazione	pathway	prodotto(i) principali
<i>Lactococcus</i>	esosi	omolattica	EMP	acido lattico
<i>Streptococcus</i>	esosi	omolattica	EMP	acido lattico
<i>Pediococcus</i>	esosi	omolattica	EMP	acido lattico
<i>Leuconostoc</i>	esosi	eterolattica	HMS	acido lattico CO ₂ acetate/etanolo, (1:1:1)
	pentosi	eterolattica	PP	acido lattico acetate/etanolo, (1:1)
<i>Lactobacillus</i>				
gruppo I	esosi	omolattica	EMP	acido lattico
gruppo II	esosi	omolattica	EMP	acido lattico
	pentosi	eterolattica	PP	acido lattico acetate/etanolo, (1:1)
gruppo III	esosi	eterolattica	HMS	acido lattico CO ₂ acetate/etanolo, (1:1:1)
	pentosi	eterolattica	PP	acido lattico acetate/etanolo, (1:1)
<i>Bifidobacterium</i>	esosi	eterolattica	BP	acido lattico acido acetico, (1:1.5)

EMP = embden-Meyerhoff-Parnas;

HMS = hexose monophosphate shunt (phosphogluconate-phosphoketolase)

PP = pentose-phosphate;

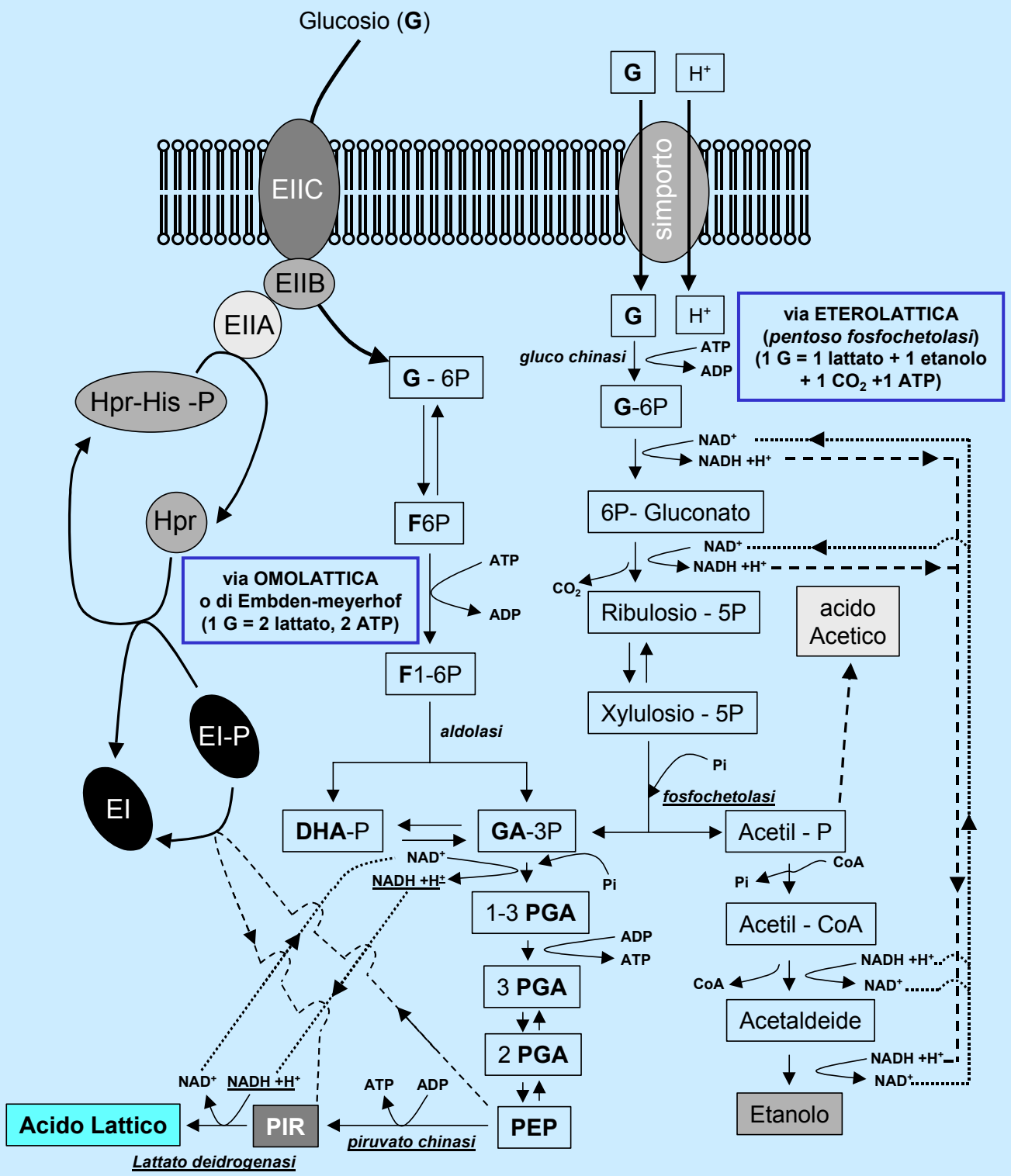
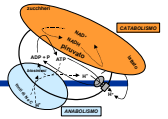
BP = bifidus (fructose ketolase)

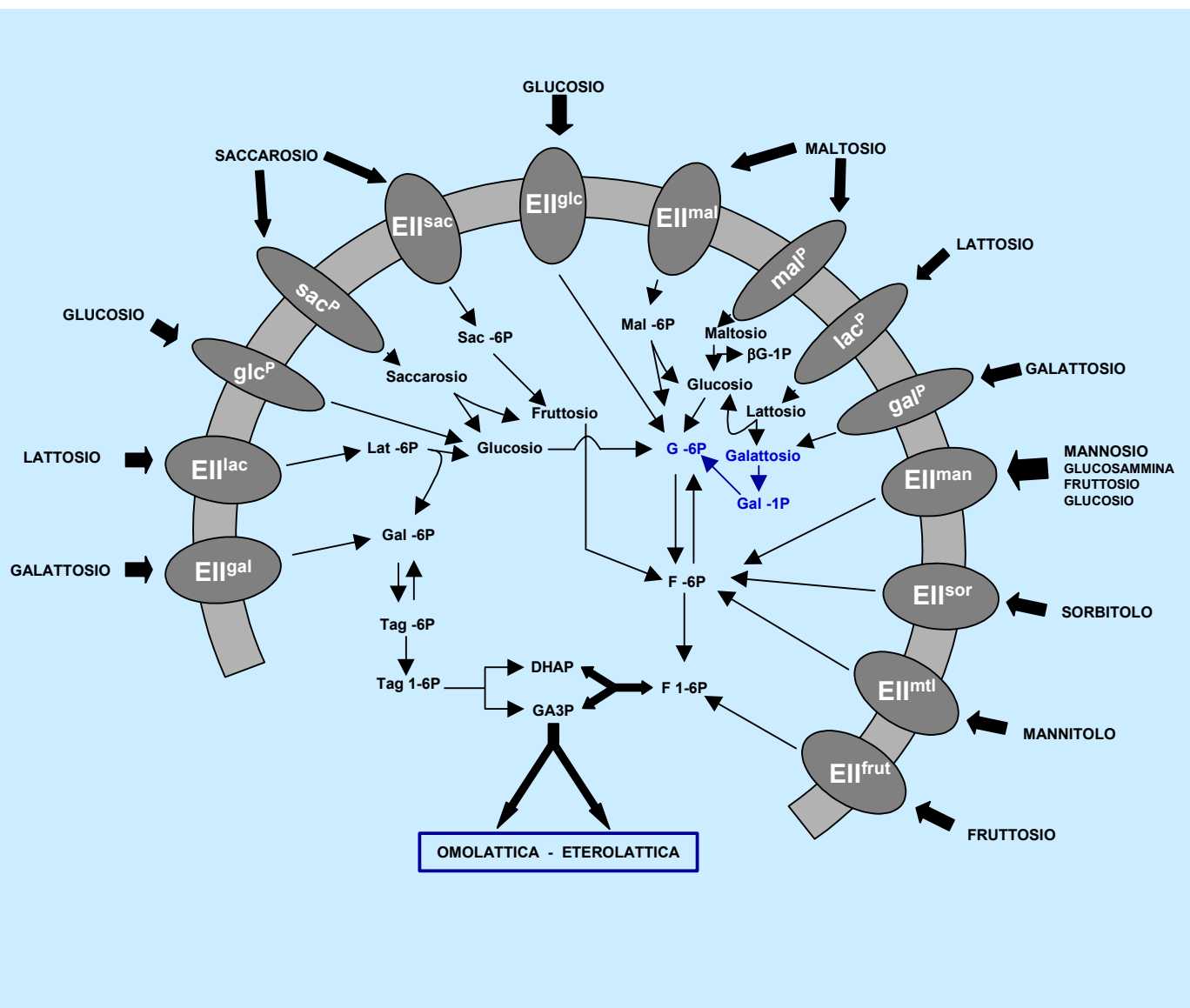
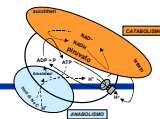
Gruppi metabolici del genere *Lactobacillus*

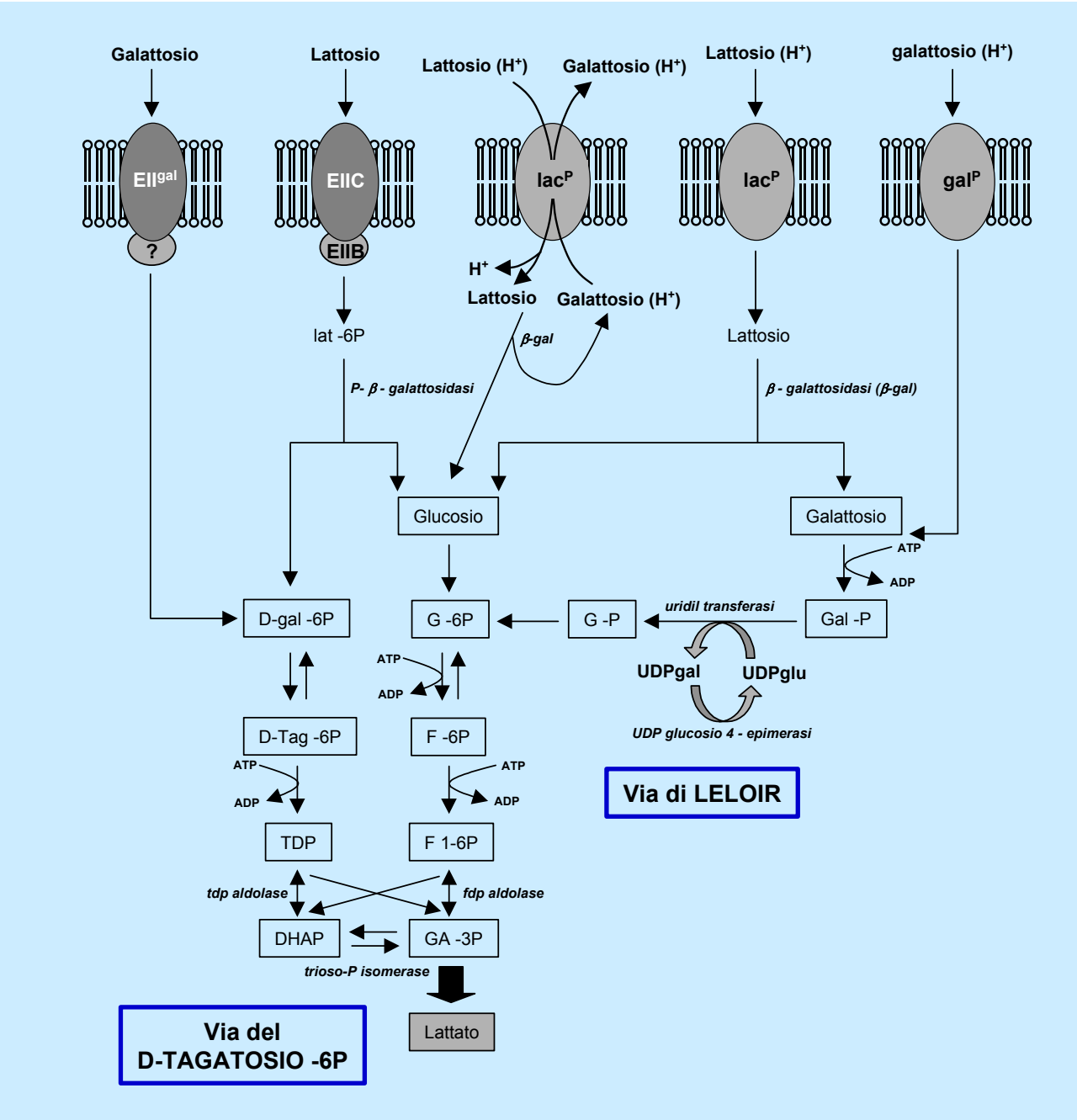
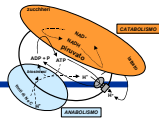
Gruppo I Omofermentanti obbligati (acido lattico), non fermentano pentosi. *L. delbrueckii* subsp. *delbrueckii*, *bulgaricus* e *lactis*, *L. leichmannii*, *L. acidophilus*, *L. helveticus*

Gruppo II Omofermentanti facoltativi (acido lattico, acetato, etanolo, CO₂, acido formico), fermentano pentosi. *L. casei* subsp. *casei*, *rhamnosus* e *pseudopantarum*, *L. plantarum*, *L. curvatus*, *L. sake*.

Gruppo III Eterofermentanti obbligati (acido lattico, acetato, etanolo, CO₂, acido formico), fermentano pentosi. *L. fermentum*, *L. divergens*, *L. kefir*, *L. confusus*, *L. brevis*, *L. sanfranciscensis*, *L. reuteri*.







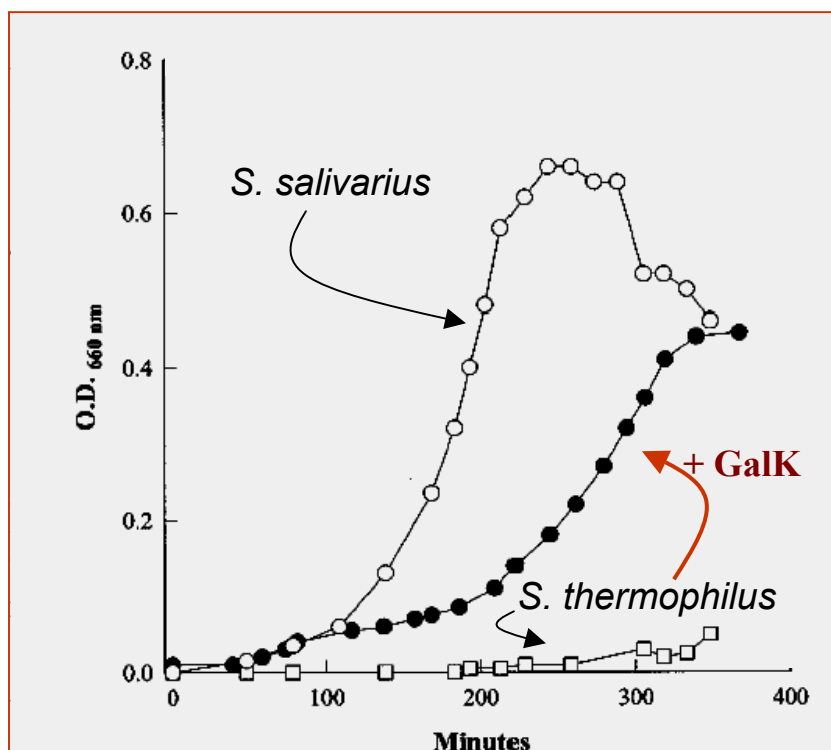
Characterization of a Galactokinase-Positive Recombinant Strain of *Streptococcus thermophilus*

Katy Vaillancourt,¹ Jean-Dominique LeMay,¹ Maryse Lamoureux,² Michel Frenette,¹
 Sylvain Moineau,¹ and Christian Vadeboncoeur^{1*}

Groupe de Recherche en Écologie Buccale (GREB), Département de Biochimie et de Microbiologie, Faculté des Sciences et de Génie, and Faculté de Médecine Dentaire, Université Laval, Quebec City, Quebec, Canada G1K 7P4,¹ and Agropur, Granby, Quebec, Canada J2G 7G2²

Received 3 February 2004/Accepted 21 April 2004

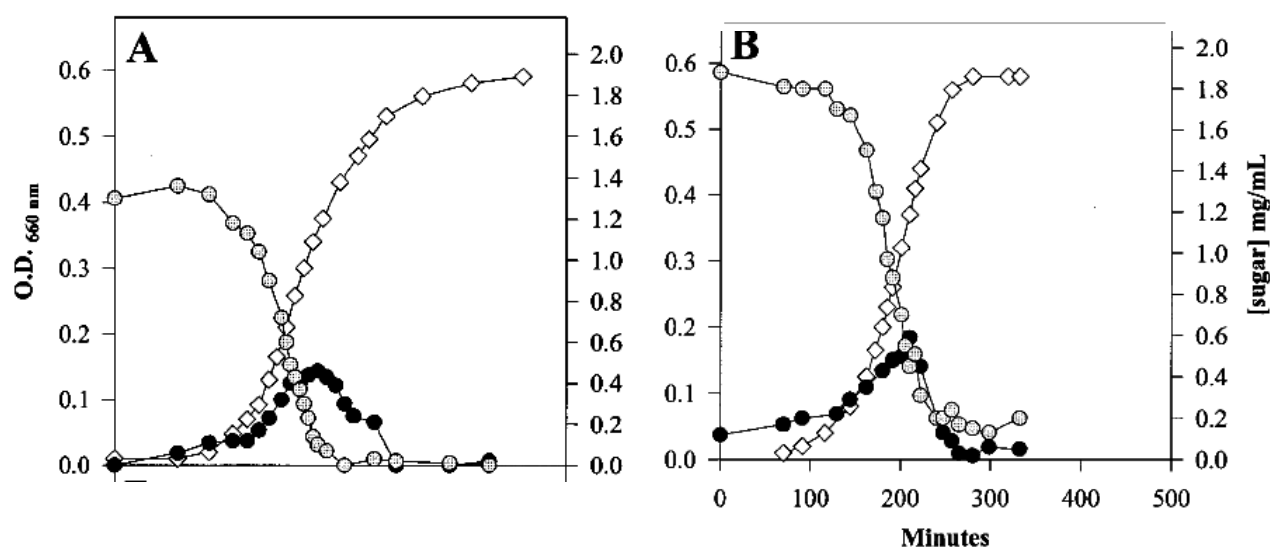
Streptococcus thermophilus is widely used in yoghurt fermentation and cheese making. Specific *S. thermophilus* strains may also have the potential to improve human health as probiotics. For instance, they may interfere with the adhesion of indigenous cariogenic bacteria to teeth (9) and may prolong the useful life of indwelling voice prostheses by preventing colonization by *Candida* spp. (8).



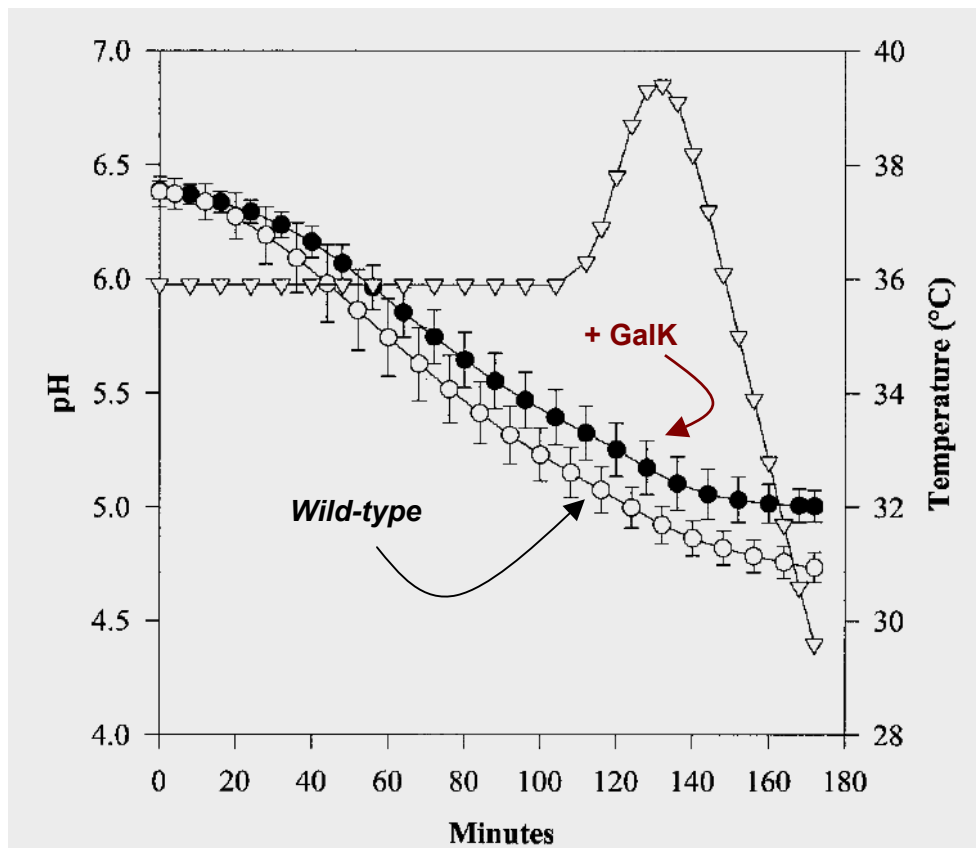
The ability of *S. thermophilus* to rapidly take up sugars from the environment is a prerequisite for these applications. Unlike several other lactic acid bacteria, *S. thermophilus* only uses a few sugars, with most strains showing a marked preference for saccharose and lactose, while glucose and fructose are more slowly fermented, if they are fermented at all (15, 19). *S. thermophilus* takes up lactose via the membrane protein LacS, a member of the glycoside-pentoside-hexuronide:cation symporter family (29). Inside the cell, the disaccharide is hydrolyzed into glucose and galactose by the enzyme β -galactosidase. While all strains metabolize glucose via the Embden-Meyerhof-Parnas pathway, most are unable to metabolize galactose (23), which is expelled into the external medium (19).

The galactose expulsion phenomenon is closely associated with *S. thermophilus* LacS, which is able to catalyze two modes of transport: a Δp -driven lactose uptake in symport with protons and a lactose-galactose exchange (16).

Accumulation of galactose in dairy products may lead to several undesirable effects, notably, browning of mozzarella cheese (21), production of CO₂ by nonstarter bacteria (36), and growth of spoilage and/or pathogenic microorganisms (37). Excess galactose in dairy products may also adversely affect human health, particularly in individuals with galactosemia (25).



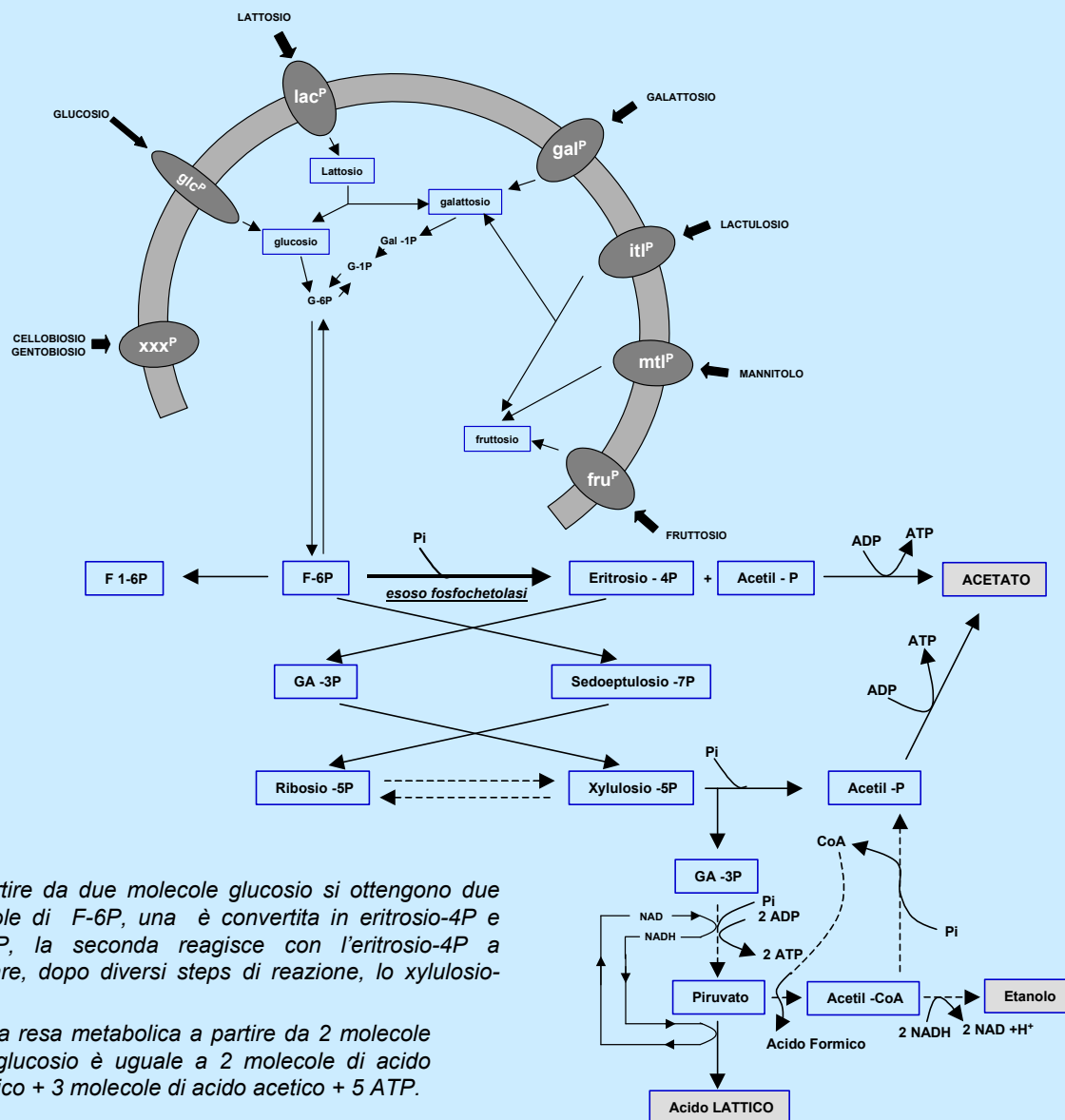
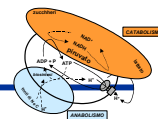
The inability of *S. thermophilus* to metabolize galactose does not result from a lack of appropriate genetic information, as the bacterium possesses the genes that code for the enzymes of the Leloir pathway, namely, galactokinase (*galK*), galactose-1-phosphate uridylyltransferase (*galT*), and UDP-glucose 4-epimerase (*galE*) (11, 40, 42). These chromosomal genes make up the *gal* operon, which is immediately followed by *galM*, which codes for a galactose mutarotase, and the *lac* operon, which comprises the genes that code for LacS (*lacS*) and β -galactosidase (*lacZ*). The inability of *S. thermophilus* to metabolize galactose may result from poor expression of the *gal* genes because of a deficient promoter (42). This, however, is not consistent with the finding that *S. thermophilus* cells contain significant amounts of GalT and GalE activities (10, 30, 35, 40).



- 
GalK non è sufficiente a garantire la simultanea metabolizzazione di glucosio e galattosio derivanti dal lattosio;
- 
Il problema non è dovuto ad una diminuzione di trascrizione di galK, ma ad una continua espulsione di galattosio;
- 
L'espulsione di galattosio da parte di LacS è più rapida della sua fosforilazione ad opera di GalK?

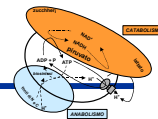
The diagram illustrates the coupling of catabolism and anabolism. Catabolism (top) breaks down glucose into pyruvate, producing NADH and ATP. Anabolism (bottom) uses ATP and NADH to synthesize macromolecules. The diagram shows the flow of energy from catabolism to anabolism.



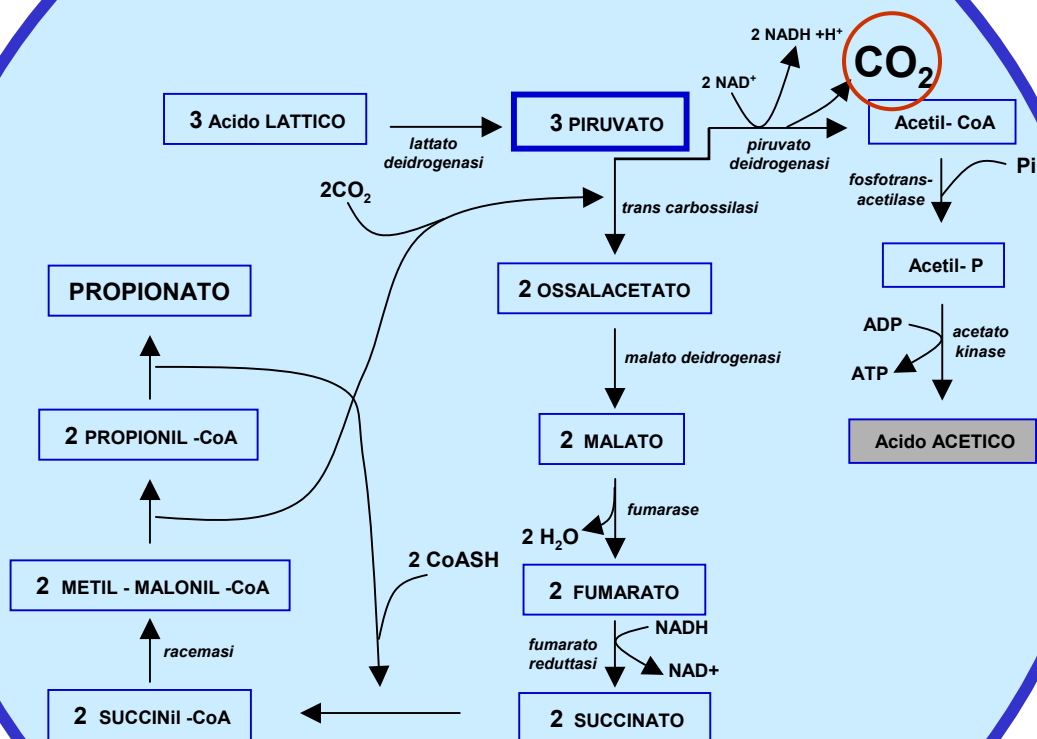


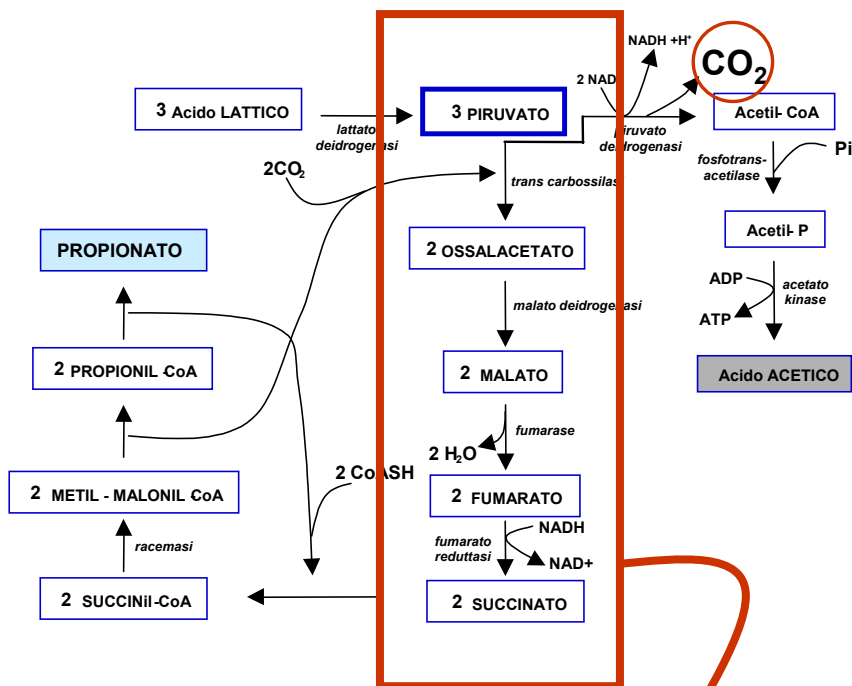
A partire da due molecole glucosio si ottengono due molecole di F-6P, una è convertita in eritrosio-4P e Acetil-P, la seconda reagisce con l'eritrosio-4P a generare, dopo diversi steps di reazione, lo xylulosio-5P.

La resa metabolica a partire da 2 molecole di glucosio è uguale a 2 molecole di acido lattico + 3 molecole di acido acetico + 5 ATP.



**Patway del succinato-propionato
o di Wood-Werkman**





Significato fisiologico

Il pathway metabolico da **piruvato** a **succinato** è estremamente importante nel metabolismo anaerobico per le seguenti ragioni: i) il fumarato è un "serbatoio" di elettroni che consentono la riossidazione del NADH ; ii) il succinato convertito a succinil -CoA è precursore per la biosintesi di lisina, metionina, acido diamminopimelico e tetrapirroli (B12).

In fumarato è utilizzato da molti batteri come accettore di elettroni. Il flusso di elettroni al fumarato avviene attraverso la fumarato riduttasi (legata alla membrana batterica) e un chinone.

Il genere *Propionibacterium* comprende specie di batteri Gram positivi anaerobi, non sporigeni, non mobili di forma bastoncellare pleomorfa. Questo genere comprende specie che normalmente si trovano nel rumine degli erbivori e sull'epidermide umana. Diverse specie sono utilizzate nel settore lattiero-caseario (*P. freudenreichii* subsp. *shermanii*, *P. freudenreichii* subsp. *freudenreichii*, *P. jensenii*, *P. thoenii*) sia come colture starter sia come popolazioni batterica presente nel latte crudo. Per questa ragione possono anche essere causa di alterazioni dei formaggi come gonfiori e/o colorazioni anomale (*P. thoenii*). Altre specie sono invece coinvolte in irritazioni e infezioni cutanee (*P. acnes*).

Nelle forme di formaggio Emmenthal di circa 80 kg, la produzione totale di CO₂ può raggiungere e superare i 120 l, di cui circa 60 l rimangono sciolti nell'umidità della pasta , 20 l si ritrovano nelle occhiature e i rimanenti 40 l si diffondono all'interno della forma.