



QUARTA EDICIÓ DE SABADELL UNIVERSITAT
DEL 4 AL 8 DE JULIOL DE 2005

Cereals fermentats

S7. EL PAPER DE LA FERMENTACIÓ DELS ALIMENTS AL LLARG DE LA HISTÒRIA

Marta Capellas
Sabadell, juliol de 2005



Nocions bàsiques dels processos fermentatius

Definició

Microorganismes implicats

Classificació dels aliments fermentats

Beneficis i limitacions de les fermentacions

Bioquímica de les fermentacions

Definició

Procés desitjable, totalment o parcialment anaeròbic, de modificació bioquímica dels aliments.

Invasió d'un substracte per microorganismes, els enzims dels quals hidrolitzen els polisacàrids, les proteïnes i els lípids, i donen lloc a aliments amb aspecte, aroma i textura agradables per al consumidor, amb més valor nutritiu i més digeribles, més segurs i més estables.

Microorganismes implicats

a) Bacteris

- Bacteris acidoacètics
 - *Acetobacter*
 - *Gluconobacter*
- Bacteris acidolàctics
 - *Streptococcus thermophilus*
 - *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* / *lactis* / *lactis* biovar *diacetylactis*
 - *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* / *mesenteroides*
 - *Pediococcus ramnosus* / *pentosaceus* / *acidilactici* / *cerevisiae*
 - *Lactobacillus helveticus* / *acidophilus* / *casei* / *plantarum* / *brevis* / *pentosus* / *sakei* / *curvatus* / *delbrueckii* subsp. *bulgaricus* / *delbrueckii* / *lactis*
 - *Oenococcus oeni*
 - *Enterococcus faecalis* / *faecium*

Microorganismes implicats

a) Bacteris

- *Bifidobacterium bifidus*
- *Propionibacterium shermanii*
- *Brevibacterium linens*
- *Bacillus subtilis* / *pumilus* / *coagulans* / *licheniformis*
- *Micrococcus varians*
- *Staphylococcus xylosum* / *carnosus* / *saprophyticus*

Microorganismes implicats



b) Llevats

- *Saccharomyces cerevisiae / carlsbergensis / rouxii*
- *Candida milleri / famata*
- *Torula*
- *Torulopsis candida*
- *Torulasporea delbrueckii / pretoriensis*
- *Hansenula*
- *Debaryomyces hansenii*
- *Kluyveromyces thermotolerans*
- *Zygosaccharomyces rouxii*

El paper de la fermentació dels aliments al llarg de la història. Sabadell Universitat. 6 i 7 de juliol de 2005

Microorganismes implicats



c) Fongs filamentosos

- *Aspergillus oryzae*
- *Penicillium camemberti / roqueforti / chrysogenum / nalgiovense*
- *Rhizopus oligosporus*
- *Mucor dispersus*
- *Monascus purpurea*
- *Actinomucor elegans*

El paper de la fermentació dels aliments al llarg de la història. Sabadell Universitat. 6 i 7 de juliol de 2005

Microorganismes implicats



Microbiota pròpia
Addició intencionada

Starters (cultius iniciadors)
No *starters*

Cultius purs
Cultius mixtes

El paper de la fermentació dels aliments al llarg de la història. Sabadell Universitat. 6 i 7 de juliol de 2005

Classificació dels aliments fermentats



Proteïna vegetal texturitzada	Tempeh (Indonèsia)
Salses i pastes amb aroma	Salsa de soia (Xina), miso (Japó)
Aliments fermentats per bacteris acidolàctics	Xucrut (Alemanya), kimchi (Corea), olives, cogombrets, iogurt, formatge, cafè, cacau
Begudes alcohòliques	Cerveeses, vins, sake (Japó)
Aliments resultants de la fermentació acètica	Vinagre
Aliments i condiments alcalins	Natto (Japó)
Productes de panificació i altres derivats de cereals	Pa, pa de pasta àcida

Steinkraus 1983, 1996

El paper de la fermentació dels aliments al llarg de la història. Sabadell Universitat. 6 i 7 de juliol de 2005

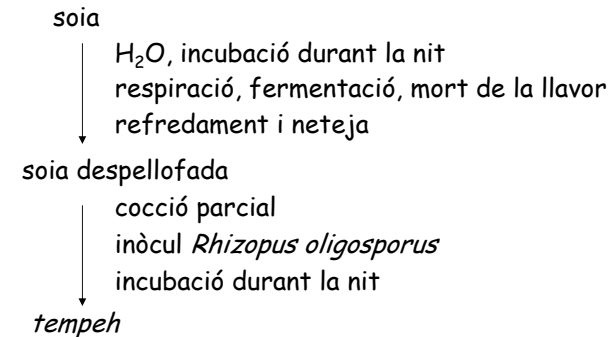
Aliments fermentats del continent asiàtic

- diferència en el procés de sacarificació entre els productes occidentals i orientals:
 - a l'occident els enzims amilolítics deriven de la malta (ordi germinat)
 - a l'orient deriven del creixement fúngic: *Aspergillus* i *Rhizopus*
- en la majoria predomina el creixement de fongs: processos de la família KOJI (Japó, Xina) o RAGI i TEMPEH (Indonèsia). Diferents tipus segons la utilització que se'ls doni:
 - els que es mengen després del creixement fúngic (Tempeh)
 - els que s'usen com a 1a M per a una segona fase de l'elaboració (Koji)
 - els que s'afegeixen en petita proporció a la massa que ha de fermentar (Ragi). No només s'usen com a inòcul sinó també com a font d'enzims

PRODUCTES DE PROTEÏNA VEGETAL TEXTURITZADA

- el principal representant és el *tempeh*, tradicional a Indonèsia
- el creixement fúngic dona lloc a una massa consistent i comestible
- Rhizopus oligosporus*

OBTENCIÓ DE TEMPEH



PRODUCTES DE LA FAMÍLIA KOJI

- soia, arròs, blat sotmesos al creixement d'*Aspergillus* (Koji) es barregen amb més primera matèria i aigua per formar una massa rica en enzims que pateix fermentació per part de bacteris acidlàctics i llevats per a l'obtenció d'aliments i begudes fermentats:
 - salsa de soia o *shoyu*
 - pasta de soia fermentada o *miso*
 - vi (o cervesa) d'arròs o *sake*

OBTENCIÓ DE KOJI

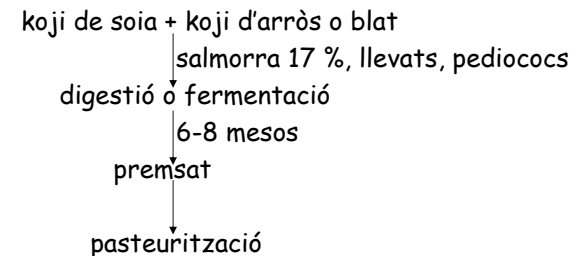
- Aspergillus oryzae*, *A. sojae*, *A. niger*
- producció industrial d'*starters* (*Tane koji*)
- enzims: no només hi ha producció d'amilasa

-amilasa	-lipasa
-invertasa	-cel·lulasa
-proteasa	-pectinasa

OBTENCIÓ DE KOJI

- cocció de la primera matèria
- inòcul 0.1-0.2 % de l'*starter*
- extensió de la barreja i incubació a 25-35 °C durant 2-3 dies
- obtenció de material compactat pel creixement fúngic, de color groc-verdós o blanc degut a les espores

SALSA DE SOIA (*shoyu*)



OBTENCIÓ DE MISO I SAKE

MISO

Soia cuita + koji d'arròs (o blat)

8-12 % sal, H₂O, llevats, BAL

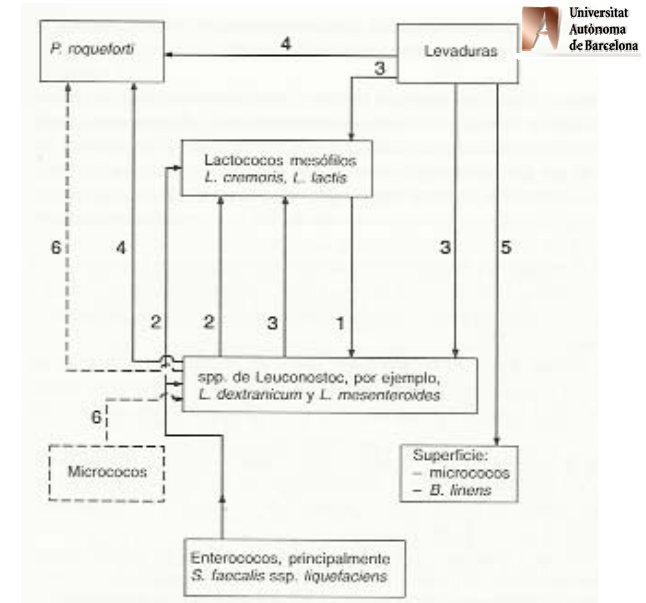
MISO

SAKE

Arròs cuit + koji d'arròs

H₂O, llevats, *Lb. sake*

SAKE



Beneficis i limitacions de les fermentacions

- Millora de la seguretat: disminució pH, àcids orgànics, bacteriocines, CO₂, H₂O₂, diacetil, etanol, competència per espai i nutrients
- Millora del valor nutritiu
- Altres:
 - Sistema de conservació relativament barat
 - Recuperació de productes
 - Supressió o disminució del temps de cocció
 - Producte més agradable per al consumidor:
 - varietat i millora en l'aspecte, l'aroma i la textura
 - Incorporació de probiòtics

Bioquímica de les fermentacions

Energia: Primer requisit per a l'activitat microbiana. A partir de:

- 1r: hidrats de carboni**
- suces simples
 - alcohols
 - àcids

2n: proteïnes

3r: lípids

Bioquímica de les fermentacions

3 etapes per a l'extracció d'energia dels aliments per part dels microorganismes:

I. Fragmentació de les grans molècules



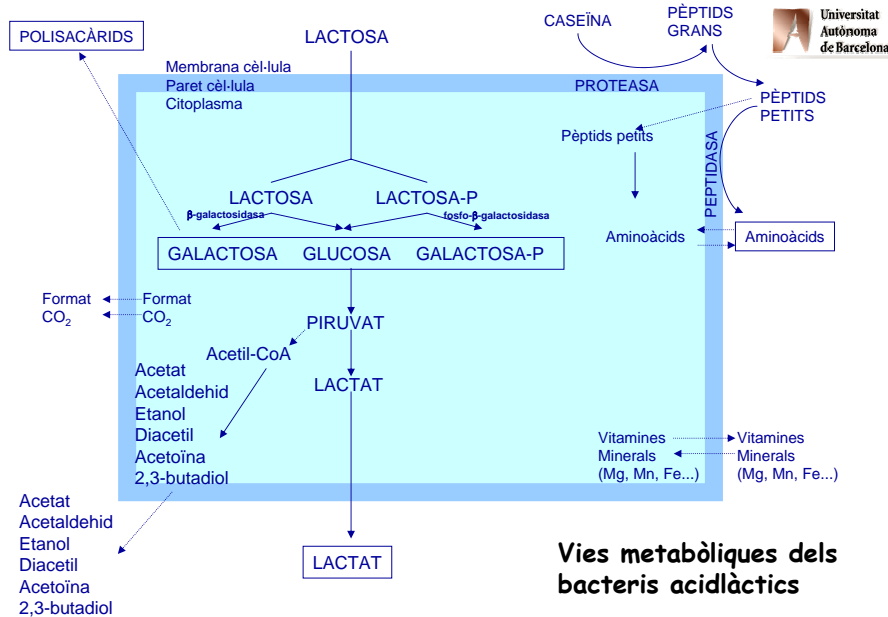
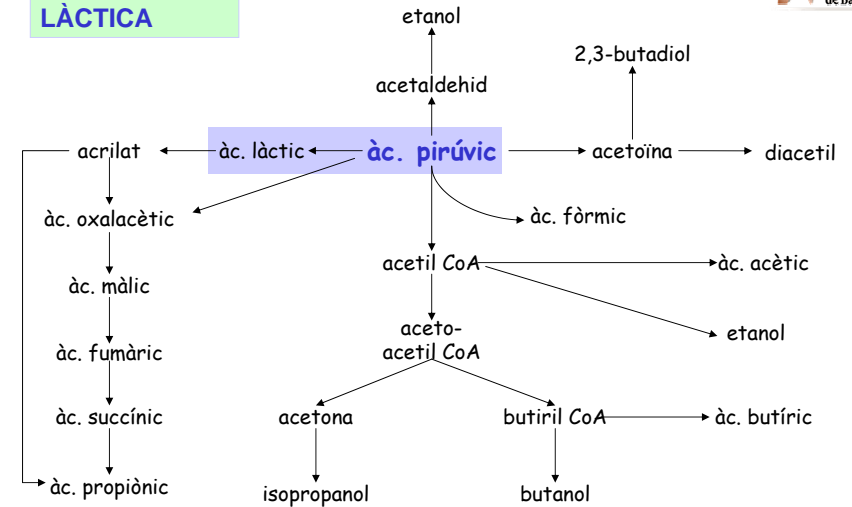
II. Degradació dels sucres, els aminoàcids i els àcids grassos a petits fragments amb paper fonamental en el metabolisme (p.e. Acetil-CoA)



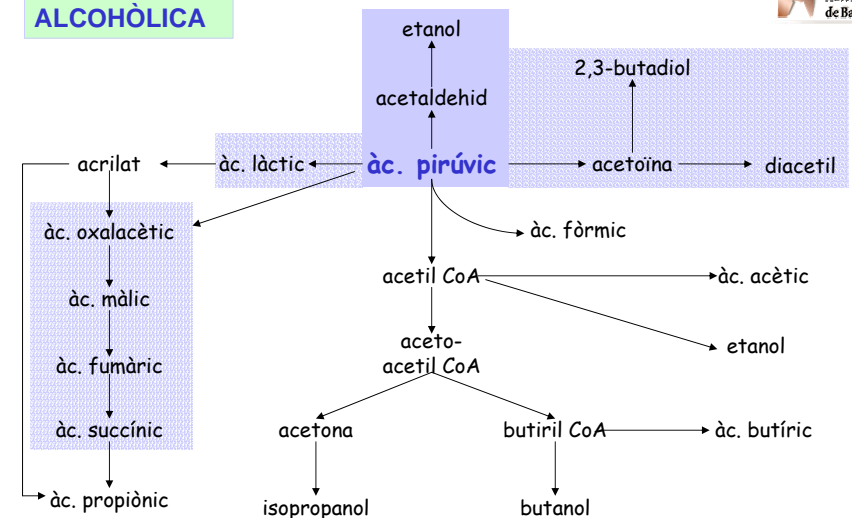
III. Oxidació per a l'obtenció d'energia (ATP):

- en presència d'O₂: **RESPIRACIÓ** (cicle de Krebs)
- en absència (total o parcial) d'O₂: **FERMENTACIÓ**

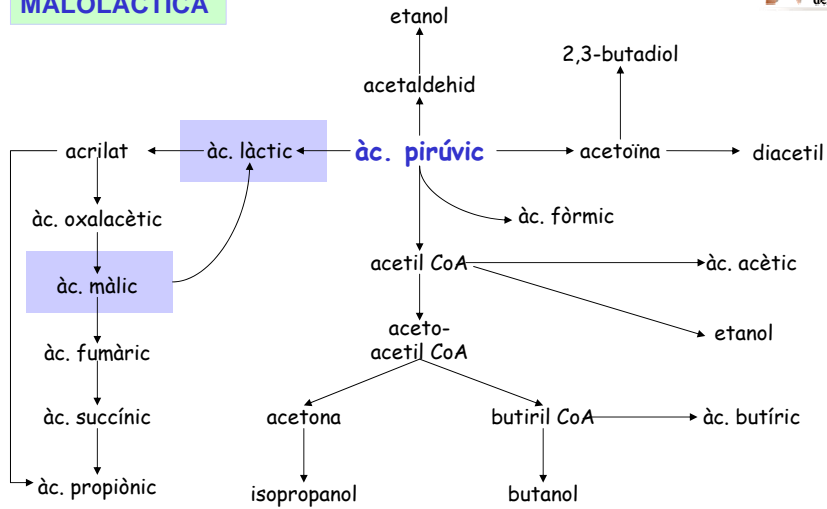
FERMENTACIÓ LÀCTICA



FERMENTACIÓ ALCOHÒLICA

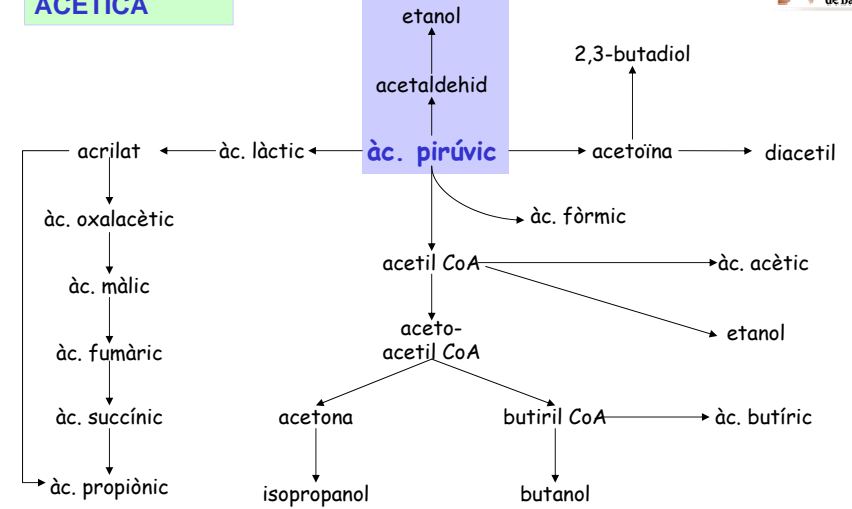


FERMENTACIÓ MALOLÀCTICA



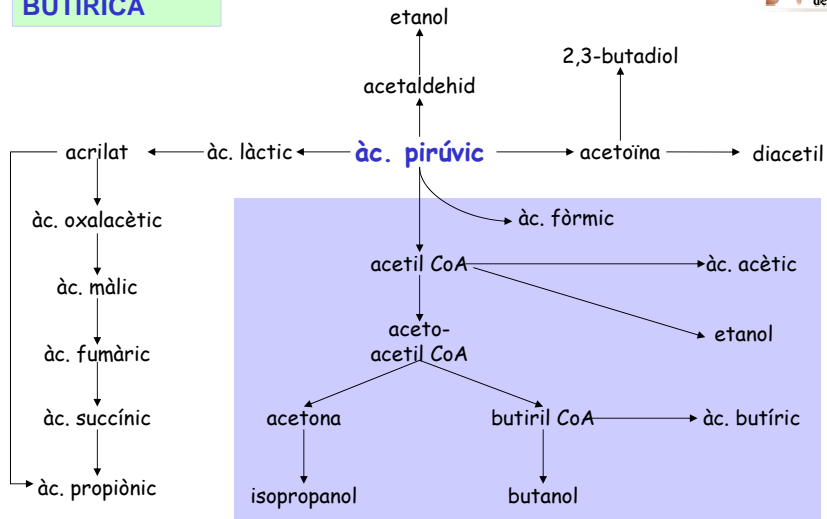
El paper de la fermentació dels aliments al llarg de la història. Sabadell Universitat. 6 i 7 de juliol de 2005

FERMENTACIÓ ACÈTICA



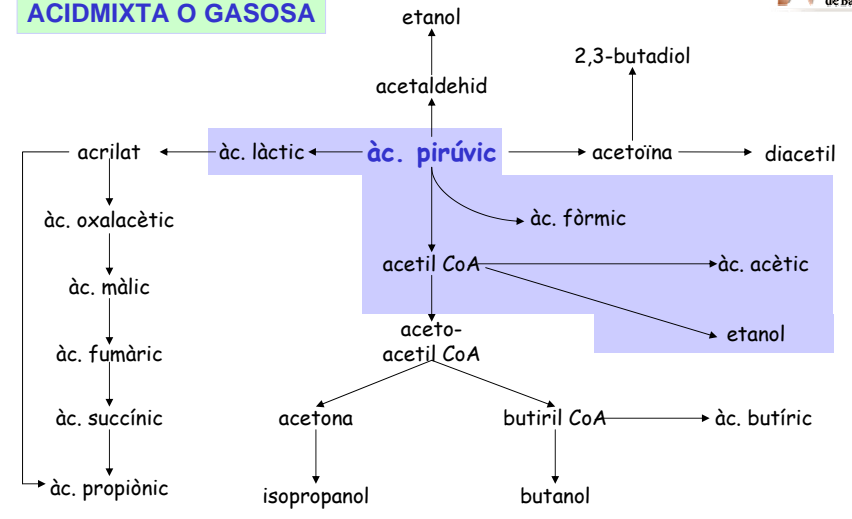
El paper de la fermentació dels aliments al llarg de la història. Sabadell Universitat. 6 i 7 de juliol de 2005

FERMENTACIÓ BUTÍRICA



El paper de la fermentació dels aliments al llarg de la història. Sabadell Universitat. 6 i 7 de juliol de 2005

FERMENTACIÓ ACIDMIXTA O GASOSA



El paper de la fermentació dels aliments al llarg de la història. Sabadell Universitat. 6 i 7 de juliol de 2005

Cereals fermentats

Classificació

Productes de la panificació

Classificació

- Aliments tradicionals
 - Derivats de l'arròs
 - Derivats del blat
 - Derivats del blat de moro
 - Derivats del sorgo
- Begudes
- Nous aliments probiòtics derivats de cereals

Classificació

Derivats de l'arròs

Nom	Substrate/Ús	Microorganismes	Origen
Idli, Dosa	Arròs i llegum remullats i mòlts. Coca	BAL* Llevats	India Sri Lanka
Dhokla	Arròs o blat i cigrons. Coca	BAL Llevats	N India

*BAL: bacteris àcidlàctics

Classificació

Derivats del blat

Nom	Substrate/Ús	Microorganismes	Origen
Salsa de soia	Soia i blat o arròs remullats	Fongs filamentosos BAL Llevats	Japó, Xina, Taiwan
Kishk o Fugush	Llet i blat. Boles seques	BAL Bacillus Llevats	Egipte, Síria, països àrabs
Tarhana o Trahanas	Llet, blat i vegetals. Galetes o pols per fer sopes	BAL Llevats	Turquia

Productes de la panificació

Classificació



Derivats del blat de moro

Nom	Substrate/Ús	Microorganismes	Origen
Ogi	Blat de moro, sorgo o mill. Pasta	BAL Llevats Fongs filamentosos	Nigèria O Àfrica
Kenkey	Blat de moro. Pasta	BAL Llevats Fongs filamentosos	Ghana
Pozol	Blat de moro. Boles	BAL Llevats Fongs filamentosos	SE Mèxic

El paper de la fermentació dels aliments al llarg de la història. Sabadell Universitat. 6 i 7 de juliol de 2005

Classificació



Derivats del sorgo

Nom	Substrate/Ús	Microorganismes	Origen
Injera	Sorgo (tef, blat de moro, mill, ordi). Similar al pa	BAL Llevats Fongs filamentosos	Etiòpia
Kisra o Aceda	Sorgo o mill. Similar al pa	BAL Acetobacter Llevats	Golf d'Aràbia, Sudan, Irak

El paper de la fermentació dels aliments al llarg de la història. Sabadell Universitat. 6 i 7 de juliol de 2005

Classificació



Begudes

Nom	Substrate/Ús	Microorganismes	Origen
Cerveses	Mill, sorgo, blat de moro, arròs (Ordi)	Llevats	Àfrica, Àsia
Sake	Arròs	Llevats	Japó
Boza	Blat, mill, blat de moro	BAL, Llevats	Albània, Turquia, Bulgària, Rumania
Chicha	Blat de moro	BAL, Llevats, Fongs filamentosos	Perú
Mahevu	Blat de moro	BAL	Sudàfrica

El paper de la fermentació dels aliments al llarg de la història. Sabadell Universitat. 6 i 7 de juliol de 2005

Classificació



Nous probiòtics derivats de cereals

Nom	Substrate/Ús	Microorganismes	Origen
Yosa	Fibra de civada	BAL Bifidobacterium	Països escandinaus

El paper de la fermentació dels aliments al llarg de la història. Sabadell Universitat. 6 i 7 de juliol de 2005

Productes de la panificació



- Productes a base de farina, fermentats amb llevats
- A Europa, la majoria és pa de farina de blat (també és habitual el pa de sègol)

Altres productes: *tortitas* (Mèxic), *pitta* (països àrabs), bases de pizza, pa xinès cuit amb vapor, pastes daneses, croissants, *doughnuts*, etc.

- Indústria per produir llevat de panificació (*Saccharomyces cerevisiae*)

El paper de la fermentació dels aliments al llarg de la història. Sabadell Universitat. 6 i 7 de juliol de 2005

Productes de la panificació



Pa

- Farina, aigua, llevat, sal i altres (millorants)
- Producte amb estructura elàstica (molla) que reté el CO_2 produït pel llevat durant la fermentació → volum pasta, mida i distribució porus

La cocció al forn determina estructura de la molla, aroma i color de la crosta

- Llevat: *Saccharomyces cerevisiae*

Funcions del llevat

- a) Producció gas per ↑ volum pasta
- b) Modificació reologia pasta
- c) Producció metabòlits que contribueixen a l'aroma

El paper de la fermentació dels aliments al llarg de la història. Sabadell Universitat. 6 i 7 de juliol de 2005

Productes de la panificació



Pa

Altres microrganismes del pa:

Procedents de l'ambient o els ingredients. També es poden afegir voluntàriament

-**BAL**: es troben a moltes masses, en més o menys quantitat; presència important en pa de pasta àcida i pa de sègol

-**Llevats**: poden arribar a substituir *S. cerevisiae* quan l'activitat d'aquest està afectada per estressos; p.ex.,

S.exiguus, *Torulasporea* (*T. delbrueckii*, *T. pretoriensis*),
Zygosaccharomyces rouxii, *Kluyveromyces thermotolerans*

El paper de la fermentació dels aliments al llarg de la història. Sabadell Universitat. 6 i 7 de juliol de 2005

Productes de la panificació



Pasta àcida

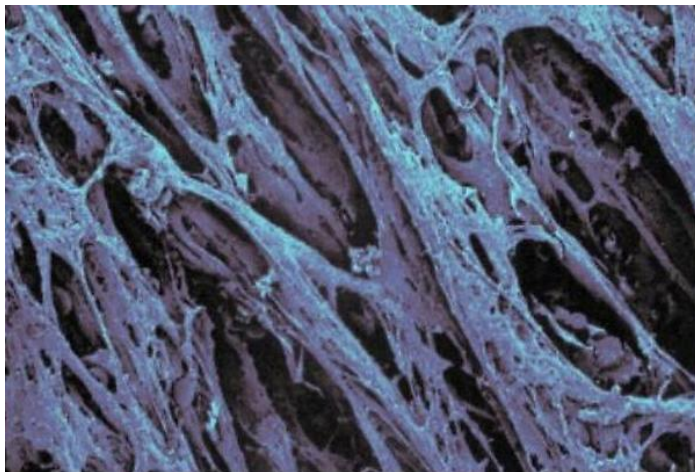
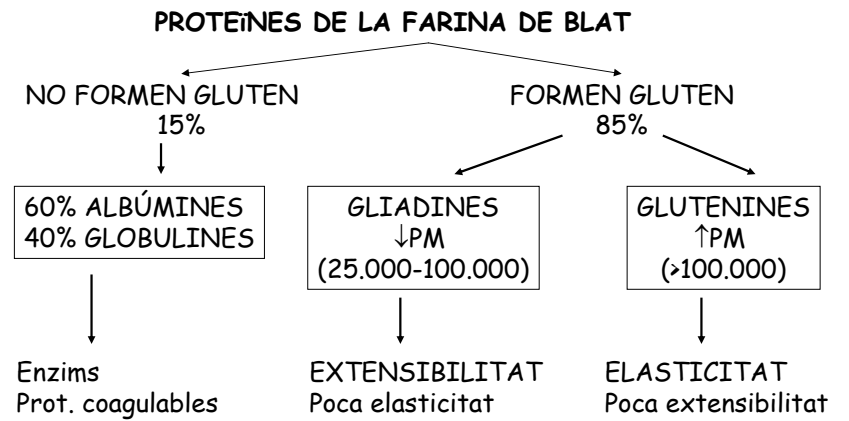
- La pasta produïda a partir de farina i aigua, després d'un temps es transforma en pasta àcida, que té aroma àcida i gran volum
- Molts productes de la panificació s'elaboren a partir de pasta àcida: quasi tot el pa de sègol, una part del pa de blat, *panettone* (Itàlia), alguns tipus de brioxos, etc.
- Associació BAL-llevat: procedent del cereal, el llevat (contaminat) o l'ambient, determina les característiques del producte final

El paper de la fermentació dels aliments al llarg de la història. Sabadell Universitat. 6 i 7 de juliol de 2005

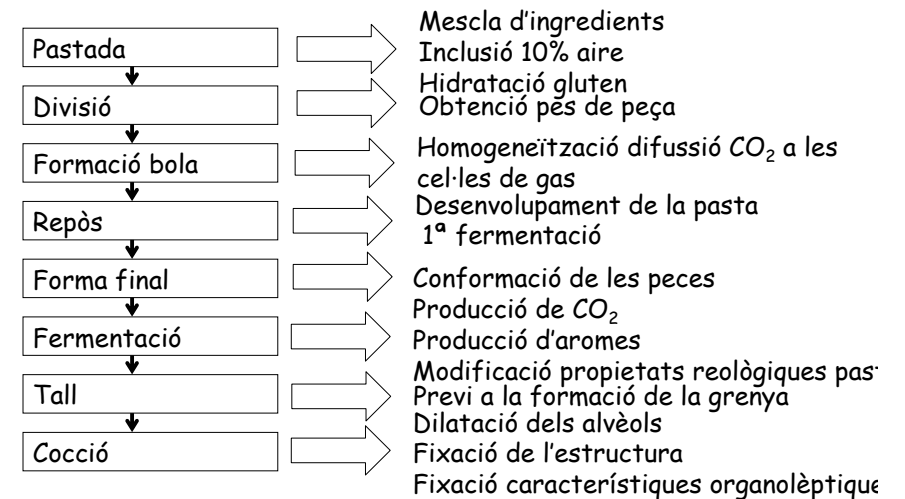
Pasta àcida

Table 1. Examples of lactic acid bacteria and yeasts isolated in sourdoughs		
Lactic acid bacteria	Yeasts	References
<i>Lb. delbrueckii</i> ,	<i>S. cerevisiae</i> , <i>C. Krusei</i> , <i>T. holmii</i> , <i>P. saitoi</i>	[3]
<i>Lb. plantarum</i> , <i>Lb. casei</i> , <i>Lb. fermentum</i> , <i>Lb. buchneri</i> , <i>Lb. brevis</i> , <i>Lb. brevis</i> subsp. <i>lindneri</i> , <i>Lb. fructivorans</i> , <i>Lb. alimentarius</i>	<i>S. cerevisiae</i> , <i>C. stellata</i> , <i>T. holmii</i>	[4]
<i>Lb. sanfranciscensis</i> , <i>Lb. fermentum</i> , <i>Lb. plantarum</i> , <i>Leuc. mesenteroides</i> , <i>Pediococcus</i> spp.	<i>S. exiguus</i> , <i>S. inusitatus</i> , <i>S. cerevisiae</i> , <i>C. stellata</i> , <i>T. holmii</i>	[5]
<i>Lb. sanfranciscensis</i>	<i>C. guillemontii</i> , <i>C. holmii</i> , <i>S. cerevisiae</i>	[6]
<i>Lb. brevis</i> , <i>Lb. plantarum</i> , <i>Leuc. mesenteroides</i> , <i>E. faecium</i>	<i>S. cerevisiae</i> , <i>C. holmii</i> , <i>H. anomala</i> , <i>T. delbrueckii</i>	[7, 8]
<i>Lb. acidophilus</i> , <i>Lb. brevis</i> , <i>Lb. plantarum</i>	<i>S. cerevisiae</i> , <i>S. exiguus</i> , <i>C. krusei</i>	[9]
<i>Lb. brevis</i> subsp. <i>lindneri</i> , <i>Lb. plantarum</i> , <i>Lb. fermentum</i>		[10]
<i>Lb. pontis</i>		

Gobbeti, 1998



Elaboració de pa



Productes de la panificació



Elaboració de pa

Pastada: 20 °C / 5 - 20 min

Farina + aigua + llevat + sal (+ massa mare + millorants...)

1. Transformació midó lesionat (10%) a maltosa (amilases)
2. Treball mecànic de la pasta
 - Absorció d'aigua
 - 27% gluten
 - 50 % midó
 - 23% pentosanes (hemicel·lulosa)
 - Augment de volum
 - Incorporació aire (10%)
 - Llevat metabolitza sucres lliures
 - Augment T^a (20-25°C)

El paper de la fermentació dels aliments al llarg de la història. Sabadell Universitat. 6 i 7 de juliol de 2005

Productes de la panificació



Elaboració de pa

Fermentació: 2 - 3 h / 25 - 27 °C / 80±5% HR

Saccharomyces cerevisiae

maltosa → 2 glucoses
maltasa

sacarosa → glucosa + fructosa
invertasa

glucosa → etanol + CO₂
zymasa

etanol → compostos que contribueixen al *flavour*

Lactobacillus, Leuconostoc, Pediococcus (BAL)

Midó → maltosa
amilasa

El paper de la fermentació dels aliments al llarg de la història. Sabadell Universitat. 6 i 7 de juliol de 2005

Productes de la panificació



Elaboració de pa

Cocció: 20 - 40 min / 200 - 260 °C

Producció i expansió de gasos

Coagulació proteïnes gluten i gelificació midó:
estabilització i fixació estructura de la molla

Deshidratació parcial i pèrdua de pes

Formació crosta

Desenvolupament flavour

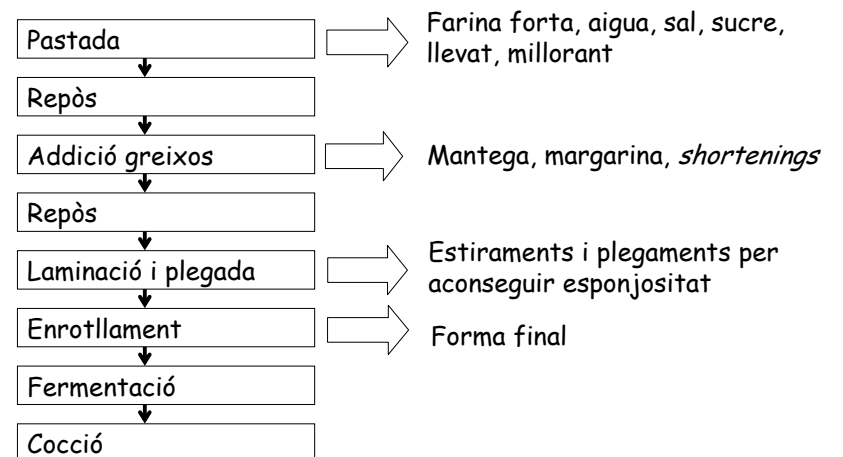
Enfosquiment no enzimàtic, caramelització

El paper de la fermentació dels aliments al llarg de la història. Sabadell Universitat. 6 i 7 de juliol de 2005

Productes de la panificació



Elaboració de *croissant*

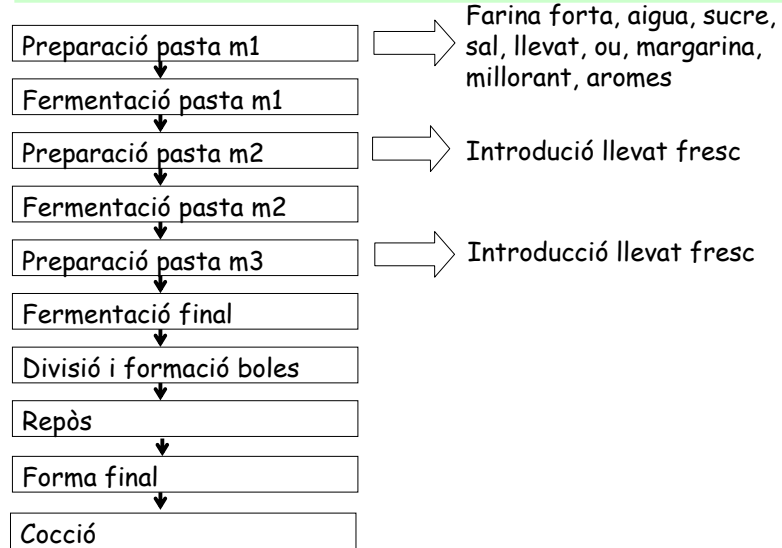


El paper de la fermentació dels aliments al llarg de la història. Sabadell Universitat. 6 i 7 de juliol de 2005

Productes de la panificació



Elaboració de briox



El paper de la fermentació dels aliments al llarg de la història. Sabadell Universitat. 6 i 7 de juliol de 2005



Nocions bàsiques dels processos fermentatius

Definició

Microorganismes implicats

Classificació dels aliments fermentats

Beneficis i limitacions de les fermentacions

Bioquímica de les fermentacions

Cereals fermentats

Classificació

Productes de la panificació

El paper de la fermentació dels aliments al llarg de la història. Sabadell Universitat. 6 i 7 de juliol de 2005