

Biotecnología Alimentaria:

INDUSTRIAS LÁCTEAS I

Fabricación de yogur

Máster Universitario en Ingeniería Química
Prof. M^a del Mar de la Fuente García-Soto

Esquema Industrias Lácteas

1. Introducción

1.1 La leche y sus derivados

1.2. Historia de las leches fermentadas

1.3. Bacterias ácido lácticas (BAL)

1.4. Productos lácteos fermentados

2. Fabricación de yogur

2.1. Definición

2.2. Microbiología de la fermentación

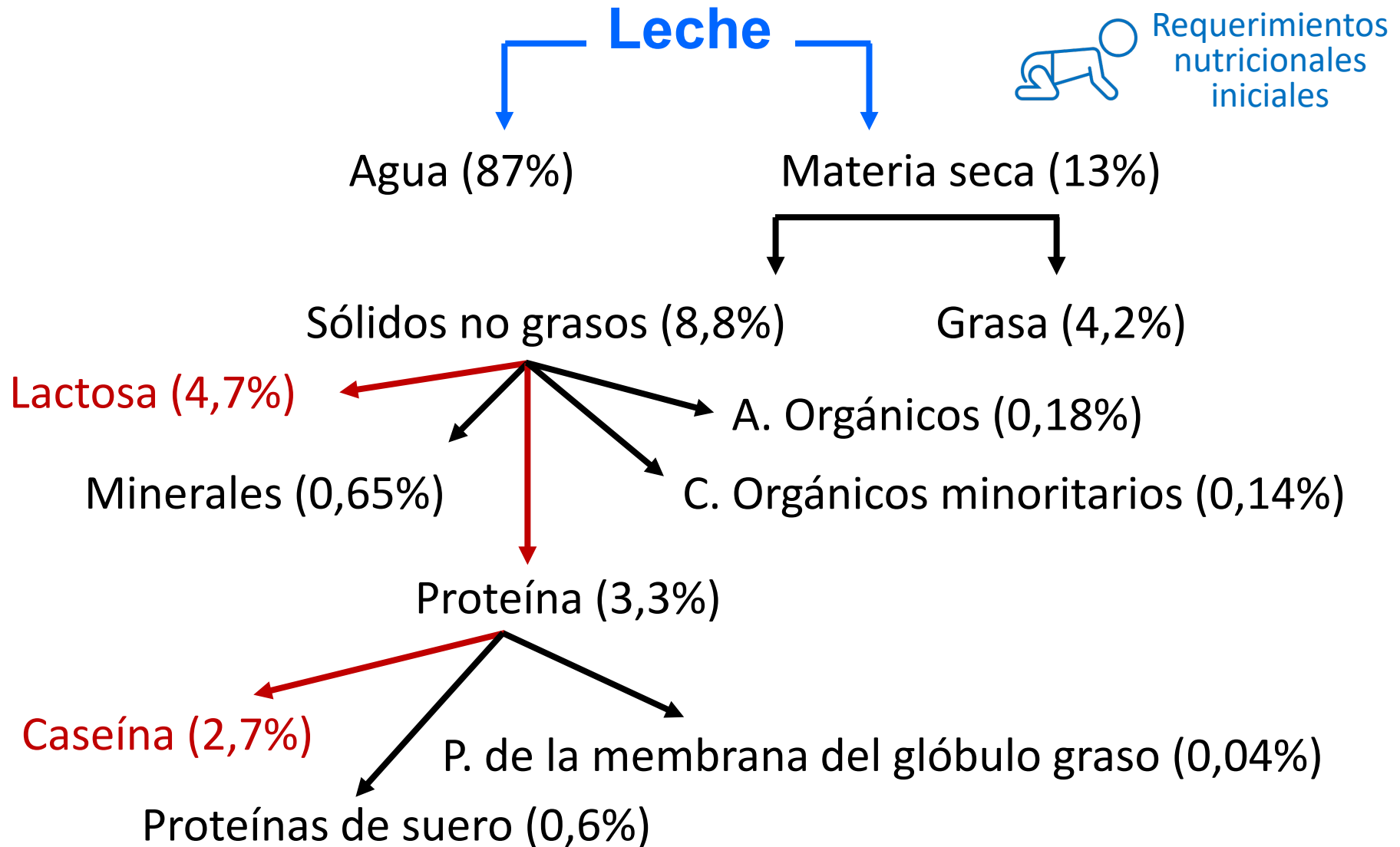
2.3. Proceso general de fabricación

3. Fabricación de queso

3.1. Definición y clasificación

3.2. Proceso general de fabricación

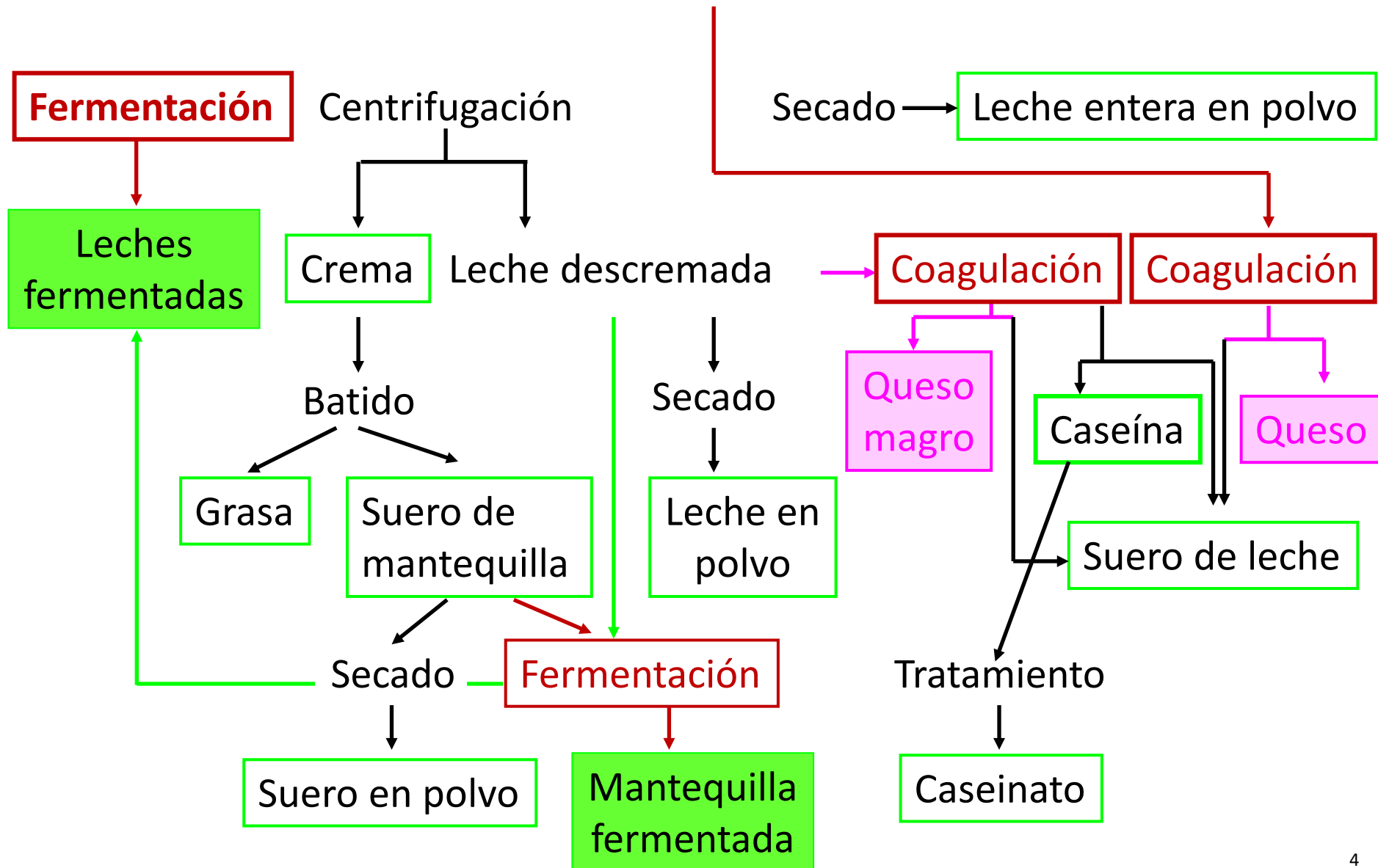
1.1. La leche y sus derivados



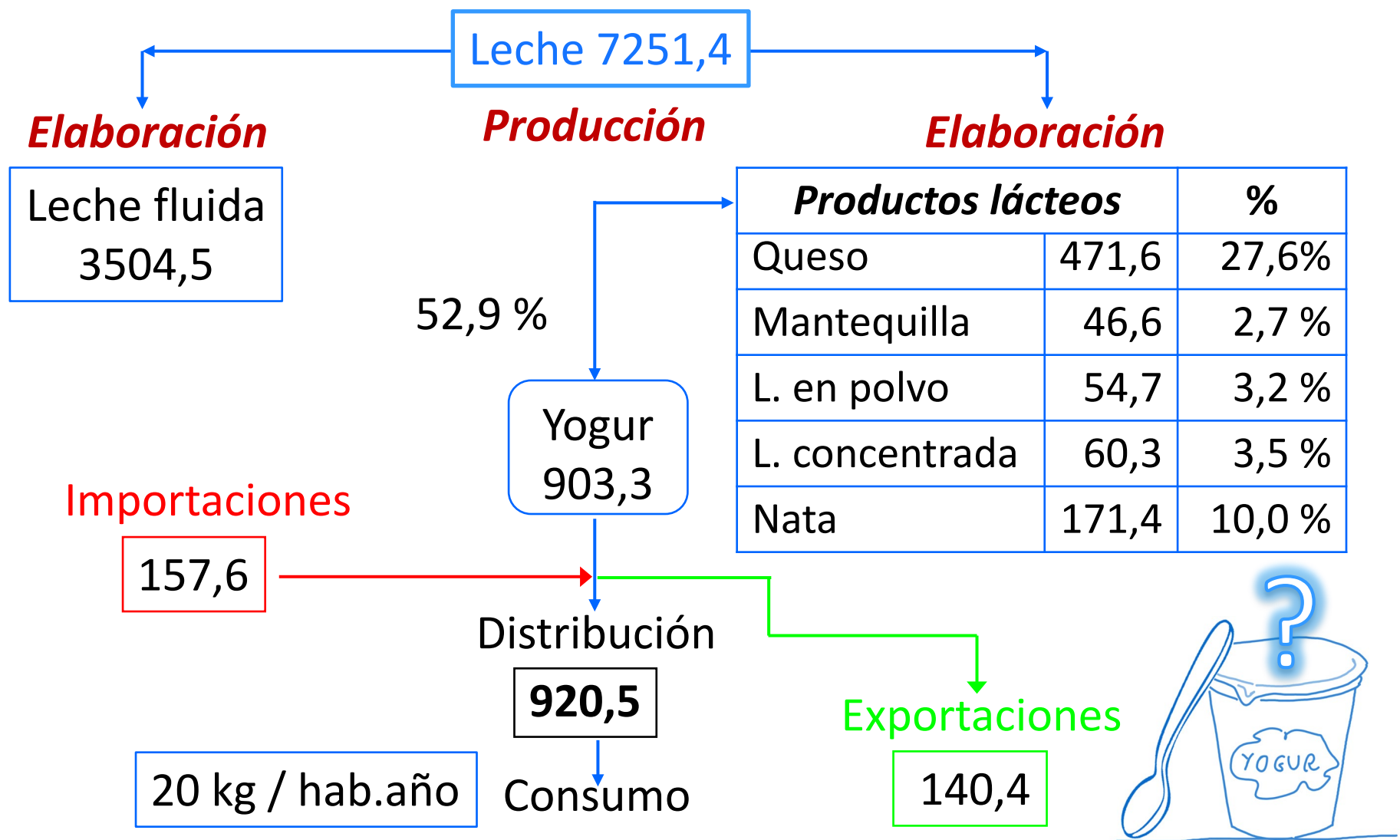
**Valores medios para leche de vaca*

Productos derivados de la leche

Leche



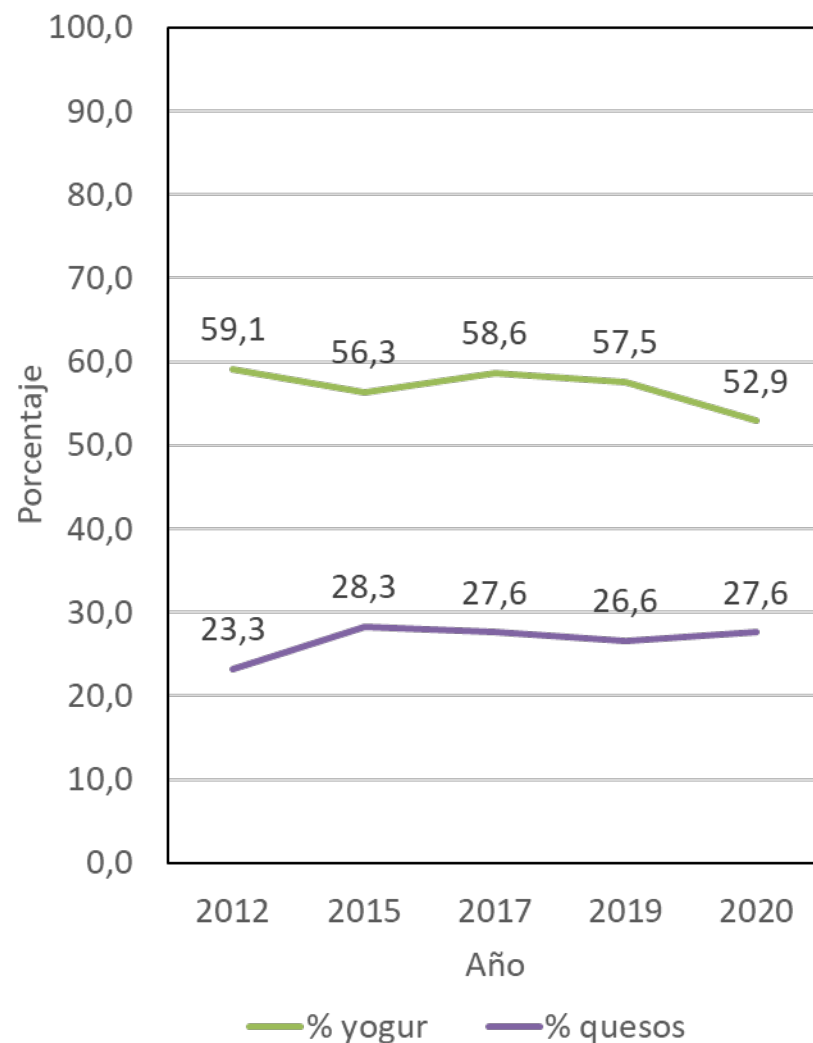
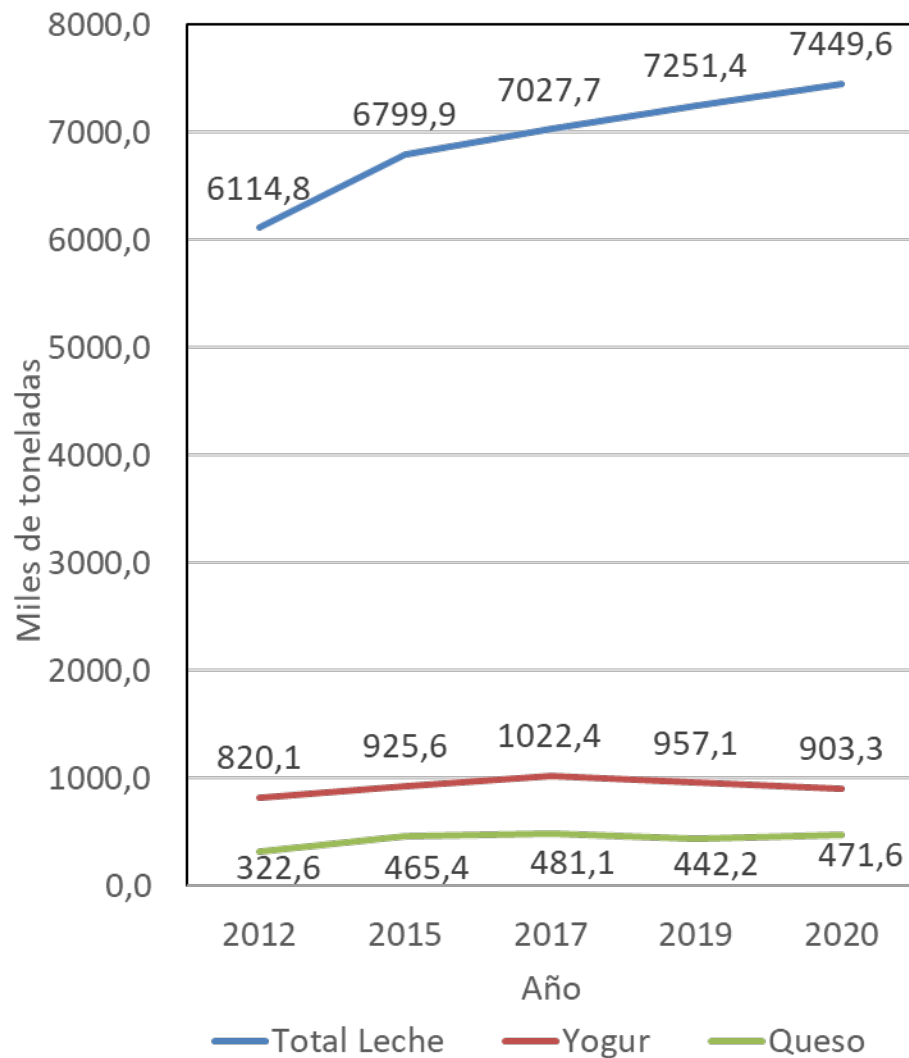
Elaboración de yogur año 2020 (miles de Tm)



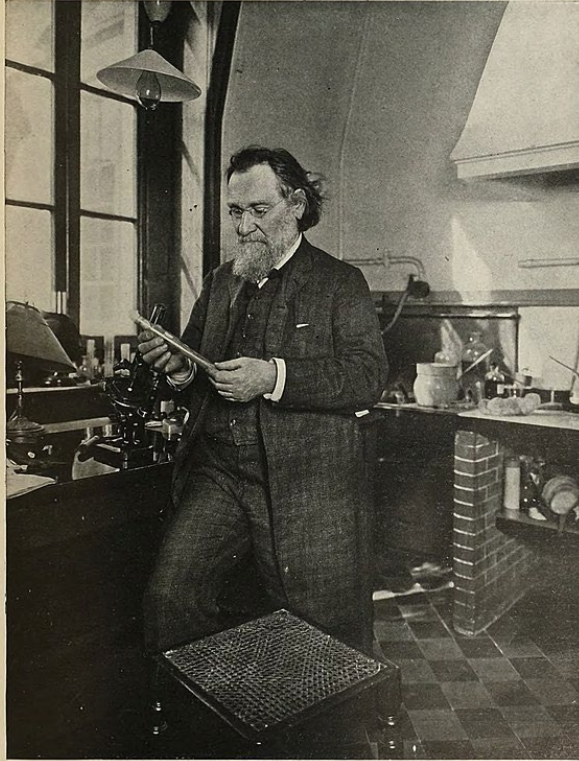
FUENTE: Estadística Láctea. MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (MAPA).

<https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/ganaderia/estadistica-industrias-lacteas/estadistica-lactea-anual/default.aspx> (26/10/2020)

Estadísticas por año: Sector estable



1.2. Historia de las leches fermentadas



Half-tone plate engraved by H. Davidson

Elie Metchnikoff.

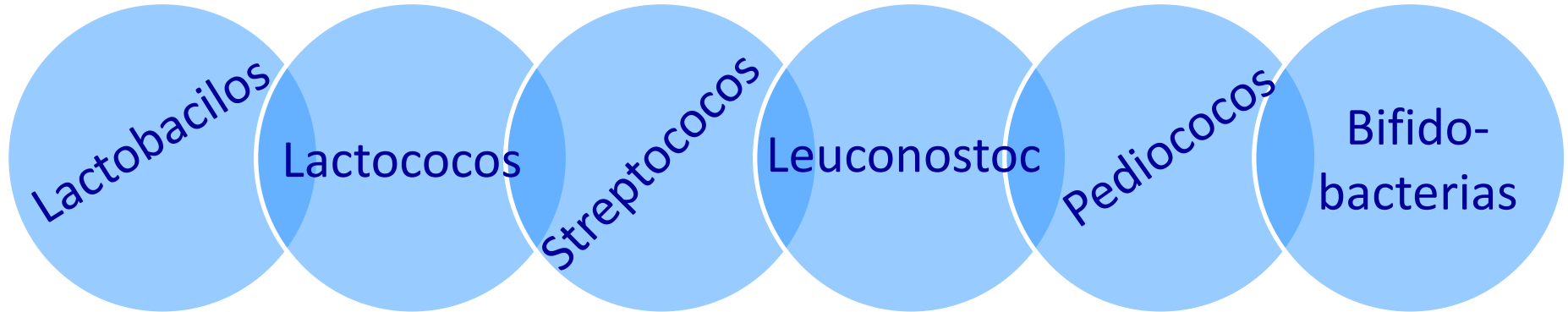
- Hechos fortuitos de deterioro de leche
- Posible origen: Sumerios 4500 AC
- Conocidos por griegos, romanos, egipcios, en la biblia, etc.
- Pueblos del Caucaso y Balcanes, grandes consumidores
- Prescritos por Avicenas, Galeno o Hipócrates
- 1908 Metchnikov – Premio Nobel
- Se vendían en las farmacias
- 1919 Isaac Carasso crea DANONE
- Actualidad: Industrias con I+D+i

FUENTE:

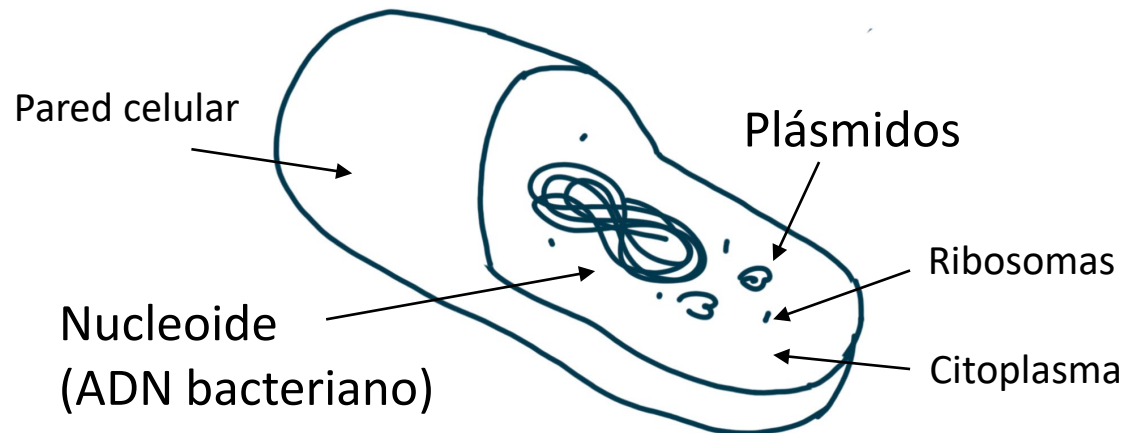
- https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%C3%89lie_Metchnikoff_standing_in_his_laboratory.jpg
- [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Isuzu_Refrigerator_Van_\(DANONE\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Isuzu_Refrigerator_Van_(DANONE).jpg)



1.3. Bacterias ácido lácticas BAL



Grupo mejor caracterizado genéticamente entre las bacterias usadas en alimentación

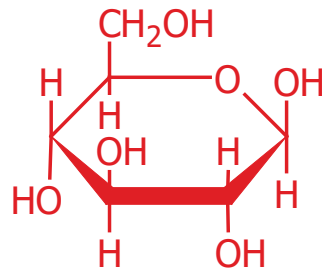


Problemas

1. Paradas en el proceso de fermentación.
 - Inhibidores naturales en la leche - nisina
 - Presencia de antibióticos, por infecciones en las ubres.
 - Presencia de virus (bacteriofagos) – mala higiene.
2. Mala calidad de productos lácteos en cuanto a características organolépticas.
3. Tiempos de maduración altos en los quesos.

Soluciones

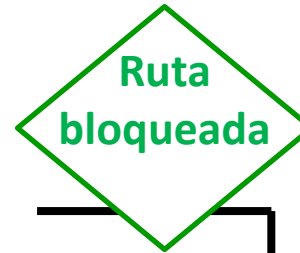
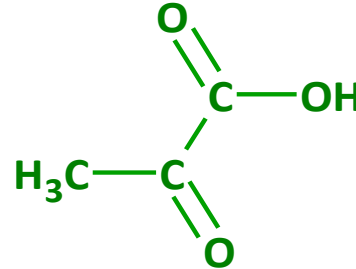
- Higiene.
- Modificaciones en las condiciones de proceso.
- Adición de enzimas proteolíticas y lipolíticas.
- Integración y estabilización de los genes en el cromosoma bacteriano y no en el plásmido.
- Cepas modificadas genéticamente para conferir resistencia, generación de aromas y bloqueo de rutas.



Glucosa

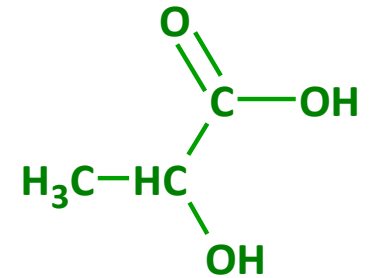


Ácido
pirúvico



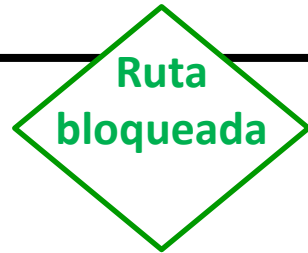
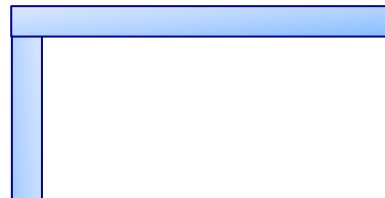
*α-lactato
deshidrogenasa*

Ácido
láctico



α-acetolactato

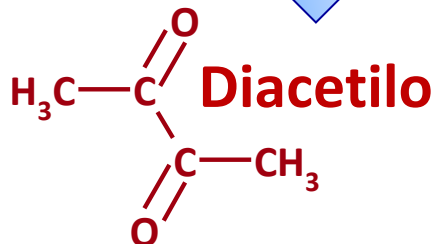
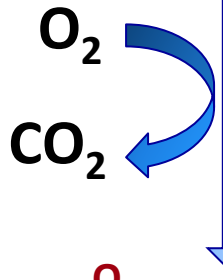
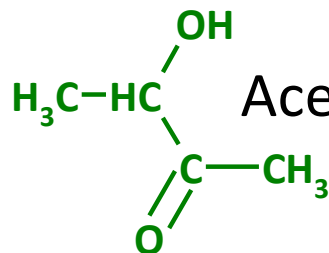
*α-acetolactato
sintetasa*



descarboxilasa

CO₂

Acetoína



**Cepas modificadas
genéticamente para
bloqueo de rutas
metabólicas.**

1.4. Productos fermentados

L. Lactis Lactis

L. Lactis cremoris

L.L.L. diacetylactis

Leuconostoc cremoris

Lb. Helveticus

St. Thermophilus

Lb. Bulgaricus

Lb. Acidophilus

Bifidobacterium bifidun

Lb. Casei

- ✓ Mantequilla fermentada
- ✓ Yogur
- ✓ Yakult
- ✓ Kefir
- ✓ Koumis
- ✓ Leben

L. Lactis Lactis

L. Lactis cremoris

Lb. Casei

Lb. Caucasicus

Sac. Kefir

Lb. Acidophilus, Lb. Bulgaricus, levaduras

Lactococcus, Lactobacilus

Especies utilizadas en elaboración de quesos

- ✓ Lactobacillus Lactis Lactis
- ✓ Lactobacillus Lactis Cremoris
- ✓ L.L.L. diacetylactis
- ✓ St. Thermophilus
- ✓ Lb. Bulgaricus
- ✓ Lb. Helveticus
- ✓ Propionibacterium
- ✓ Leuconostoc
- ✓ Penicilium Camemberti
- ✓ Penicillium Roqueforti
- ✓ Penicillium Caseicolum
- ✓ Etc.

Esquema Industrias Lácteas

1. Introducción
2. Fabricación de yogur
 - 2.1. Definición
 - 2.2. Microbiología de la fermentación
 - 2.2.1. Los microorganismos. Simbiosis
 - 2.2.2. Bioquímica
 - 2.3. Proceso general de fabricación
3. Fabricación de queso
 - 3.1. Definición y clasificación
 - 3.2. Proceso general de fabricación

2.1. Definición de yogur



controversia

Según la FAO

“El yogur es un producto de leche coagulada obtenido mediante fermentación ácido láctica a través de la acción del Lactobacillus Bulgáricus y el Streptococcus Thermophilus, en la leche y productos lácteos (leche pasteurizada o leche concentrada) con o sin la adición de leche en polvo desnatada ... Los microorganismos en el producto final deben ser viables y abundantes”

10 millones de colonias por g o mL



controversia

LEGISLACIÓN CONSOLIDADA

Real Decreto 271/2014, de 11 de abril, por el que se aprueba la
Norma de Calidad para el yogur o yoghourt.

Ministerio de la Presidencia
«BOE» núm. 102, de 28 de abril de 2014
Referencia: BOE-A-2014-4515

TEXTO CONSOLIDADO
Última modificación: sin modificaciones

Características del yogur

- Líquido suave y viscoso o gel suave y delicado
- Textura firme
- Uniforme
- Mínima sinéresis o separación del suero
- Sabor y aroma característico

Tipos de yogures

Firme / Batido / Líquido
Natural / Desnatados /
Con sabores, con frutas, etc.



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plain_Yogurt.jpg

Composición típica del yogur (g / 100 g de producto)

Componente	Natural
Agua	85,7
Lactosa	4,6
Galactosa	1,6
Azúcares totales	6,2
Proteínas	5,0
Grasa	1,0
pH	3,7-4,7
% ácido láctico	0,8-1,4

Componente	Natural
Calcio	148 mg
Fósforo	114 mg
Magnesio	13 mg
Vitamina B ₁	0,04 mg
Vitamina B ₂	0.18 mg
Vitamina PP	0,11 mg
Vitamina B ₅	0,35 mg
Vitamina B ₆	0,04 mg
Vitamina A	5 µg
Vitamina E	0,03 mg
Vitamina C	1 mg

Alimento sano y nutritivo

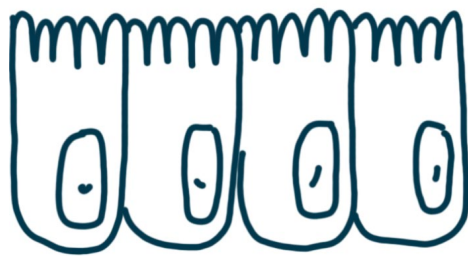
Beneficios del yogur

Ingredientes bioprotectores y probióticos

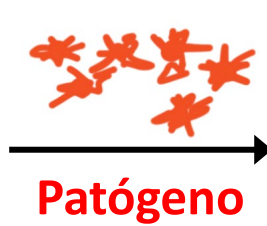
- Nutritivos – prehidrólisis de proteínas
- Saludables
 - Reducción de la intolerancia a la lactosa
 - Mejora en la biodisponibilidad del Ca y del P
 - Estabilización de la flora intestinal
 - Alivio de los síntomas de la diarrea, colitis y gastritis
 - Estimulación de la respuesta inmune
 - Reducción del colesterol
 - Prevención del cáncer
- Sanitarios
 - Conservación
 - Inhibición del crecimiento de patógenos microbianos
 - Eliminación de toxinas



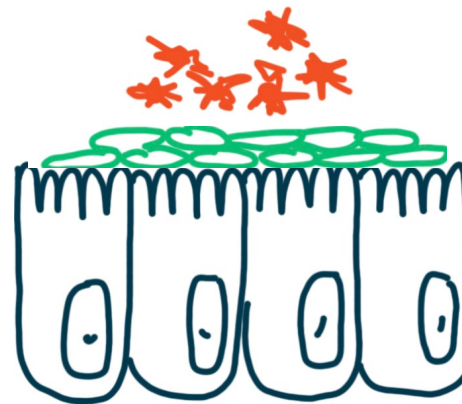
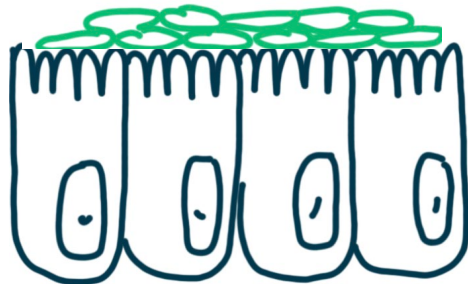
Controversia
El organismo se
vuelve vago



Células intestinales



Diarrea: Muerte de las células



Efecto barrera sobre las
células intestinales

2.2. Microbiología de la fermentación

2.2.1. Los microorganismos

Microflora esencial. **Deben estar siempre presentes.**

- Lactobacillus bulgaricus
- Streptococcus thermophilus (lactococcus)

Microflora no esencial. **Mejora de propiedades.**

Contaminantes. **Evitar al máximo.**

- Levaduras: Candida Pseudotropicalis, Krusei y Mycoderma
- Mohos: Geotrichum Candidum
- Bacteriofagos

Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus

	Grupo	Gram positivo
	Morfología	Bastón solitario o en cadenas
Metabolismo / Bioquímica	Azúcares que fermenta	Lactosa, glucosa, fructosa, galactosa
	Metabolismo	Homofermentativo
	Tipo de ácido láctico	D (-)
	Cantidad de ácido producido en leche	> 1,5 %
	Vía de transporte de lactosa	Permeación
	Hidrólisis de lactosa	β -galactoxidasa
	Otras sustancias	Carbonilos / alcoholes / ácidos Proteolítica / lipolítica
Fisiología	Temperatura de trabajo	Optima: 40-45 °C Máxima: 48-52 °C Mínima: 15 °C
	Rango de pH	6,4-4,5 (4,0-3,6)
	Sensible	Detergentes y desinfectantes

Streptococcus salivarius subsp. thermophilus

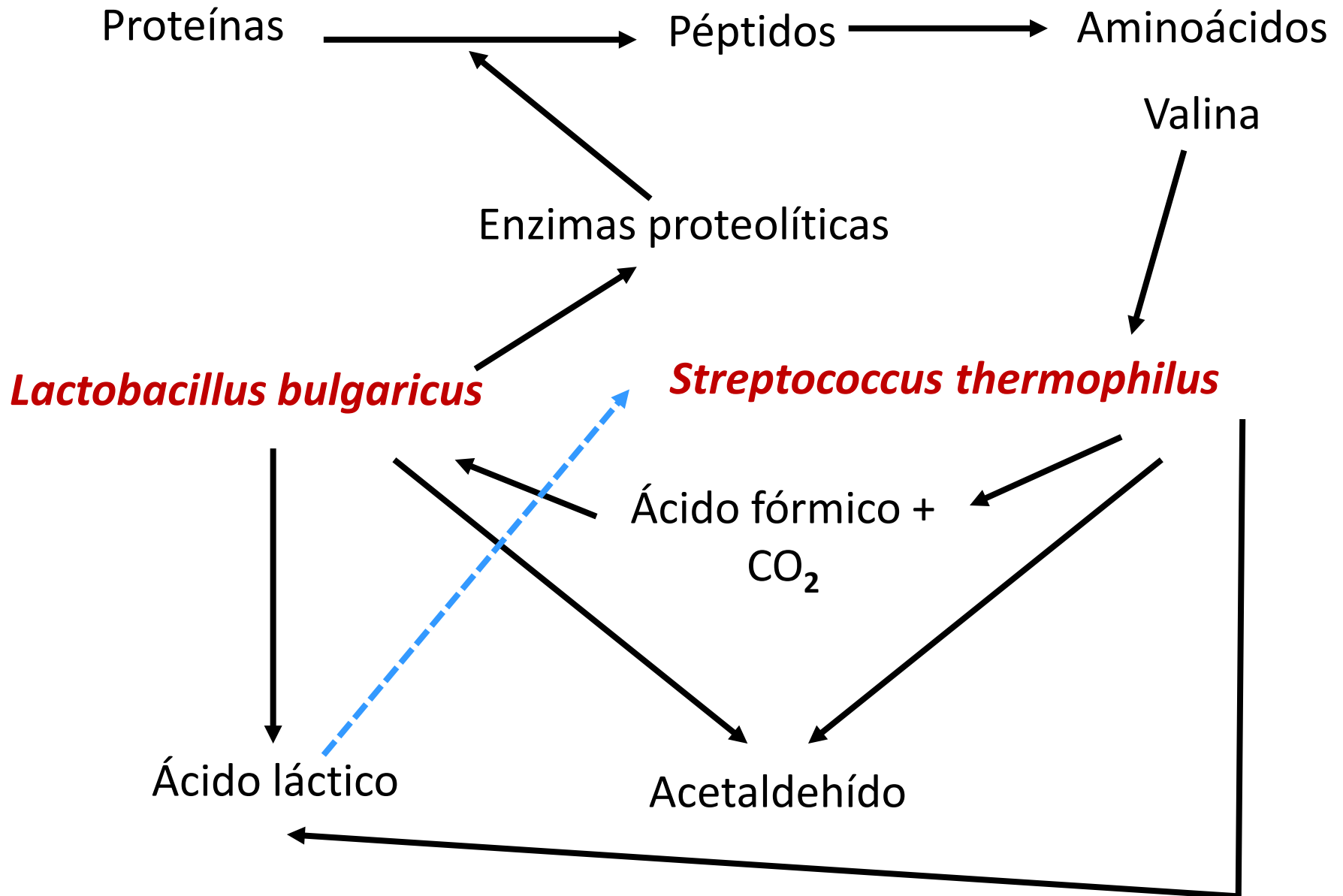
	Grupo	Gram positivo
	Morfología	Esférica en pares o cadenas
Metabolismo/Bioquímica	Azúcares que fermenta	Lactosa, glucosa, fructosa, sacarosa
	Metabolismo	Homofermentativo
	Tipo de ácido láctico	L (+)
	Cantidad de ácido producido en leche	< 1,0 %
	Vía de transporte de lactosa	Permeación
	Hidrólisis de lactosa	β -galactoxidasa
	Otras sustancias	CO ₂ / fórmico / diacetilo
Fisiología	Temperatura de trabajo	Optima: 40-45 °C Máxima: 52 °C Mínima: 19-21 °C
	Sensible	Antibióticos / desinfectantes/ detergentes / bacteriófagos

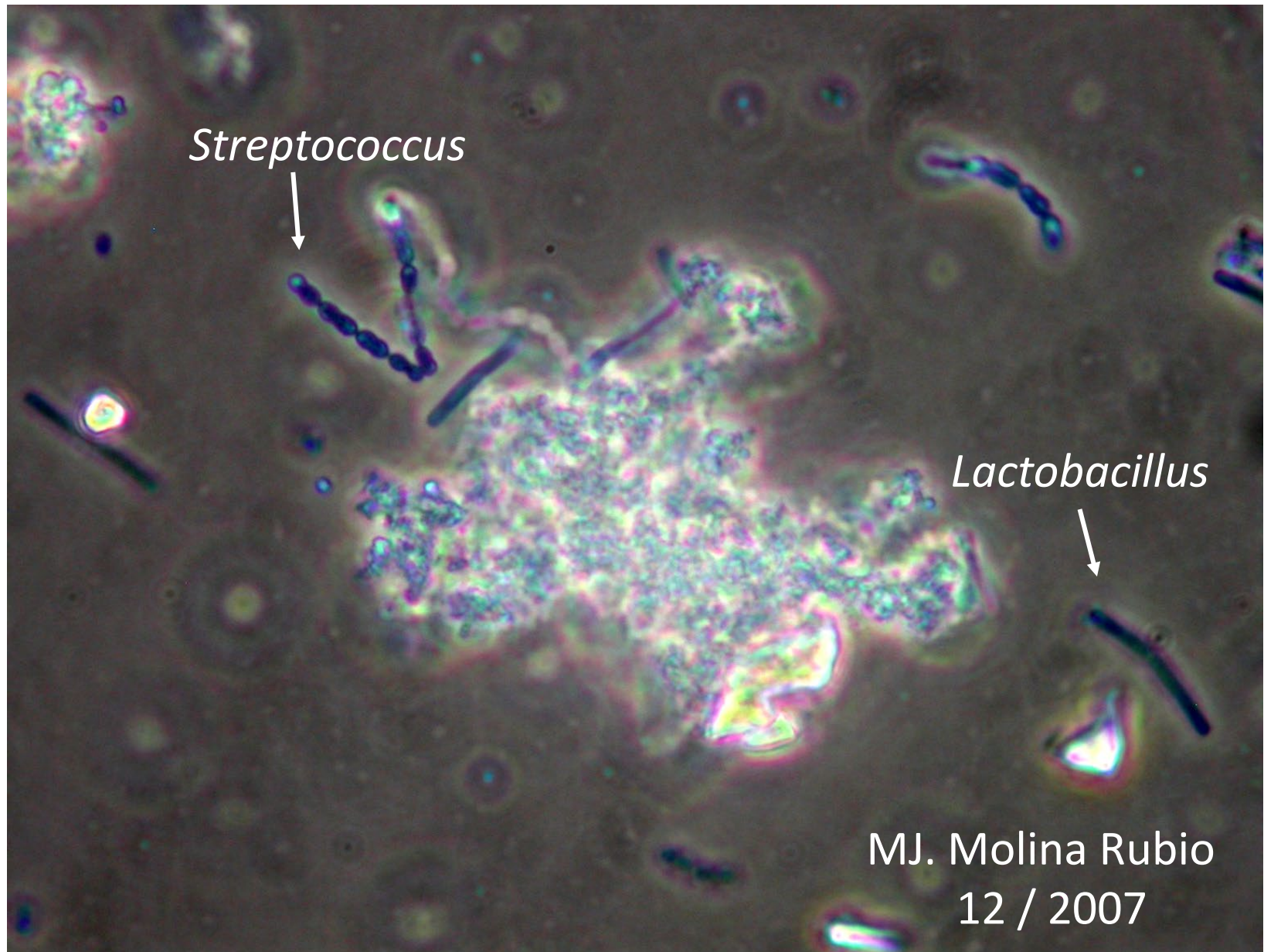
No se pueden
desarrollar en
agua

Muy importante

Simbiosis

- Tiempo de coagulación menor: 2 a 4 h a 40-45°C
- Lactobacilus estimula al Streptococcus al liberar aminoácidos
- Disminuye el tiempo de generación de St y aumenta su número
- 1ª hora de incubación 3-4 Str frente a 1 Lb
- Ácido láctico producido retarda el crecimiento del streptococcus
- Aumenta el nº de lactobacilus
- La relación se hace 1:1 gradualmente





Microflora no esencial

- Otras bacterias lácticas heterofermentativas

- *Lactobacillus casei*
- *Lactobacillus bifidus*
- *Lactobacillus acidophilus*
- *Propionibacterium Shermani*
- *Lactococcus lactis*
- *Streptococcus diacetilactis*
- *Leuconostoc*
- *Pediococcus acidilactici*

 Sistema inmune

Actividad
del
intestino 

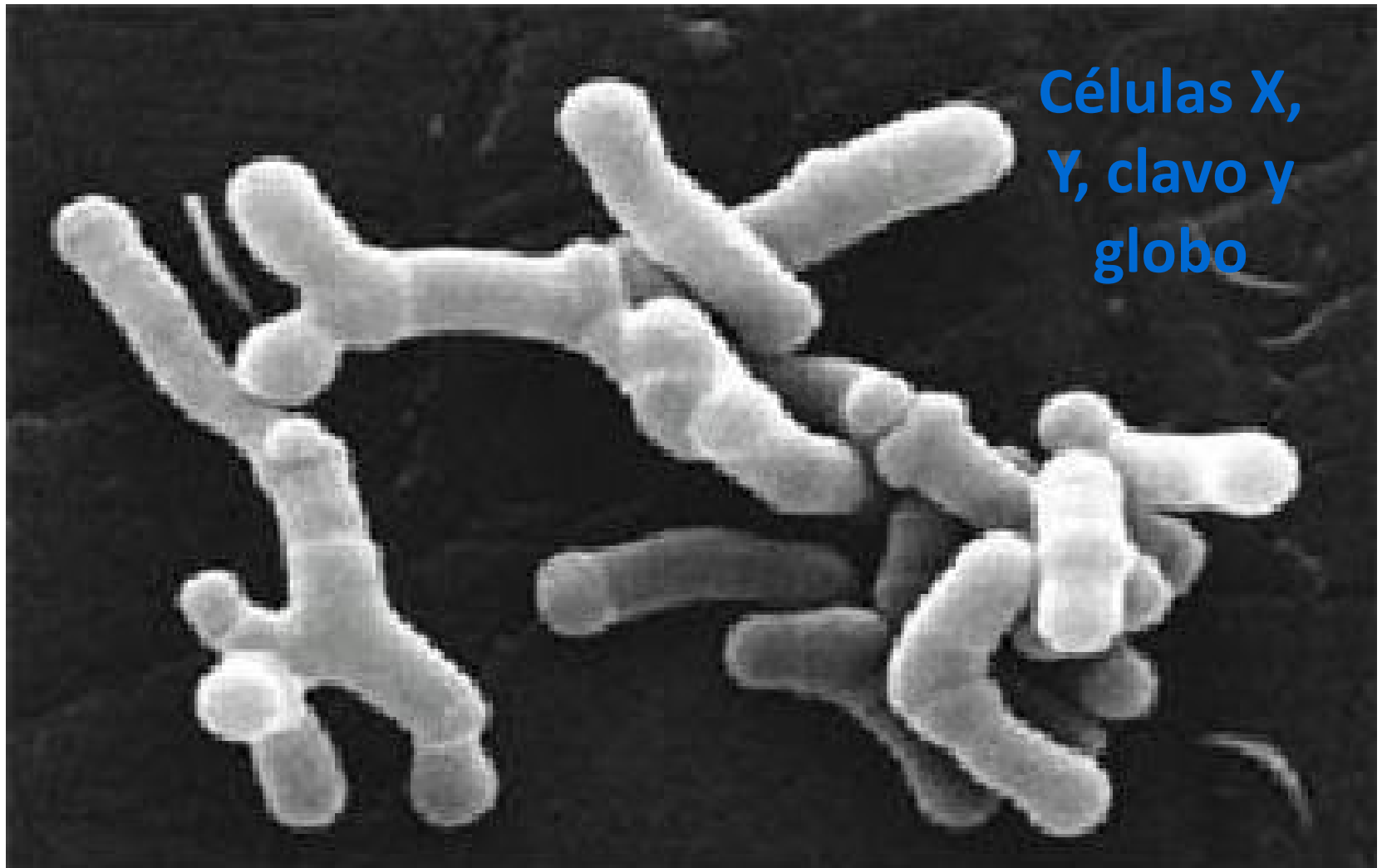
Consistencia  Valores
nutricionales


Organolépticas


Resistencia a
antibióticos



FUENTE: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lactobacillus_acidophilus_SEM.jpg



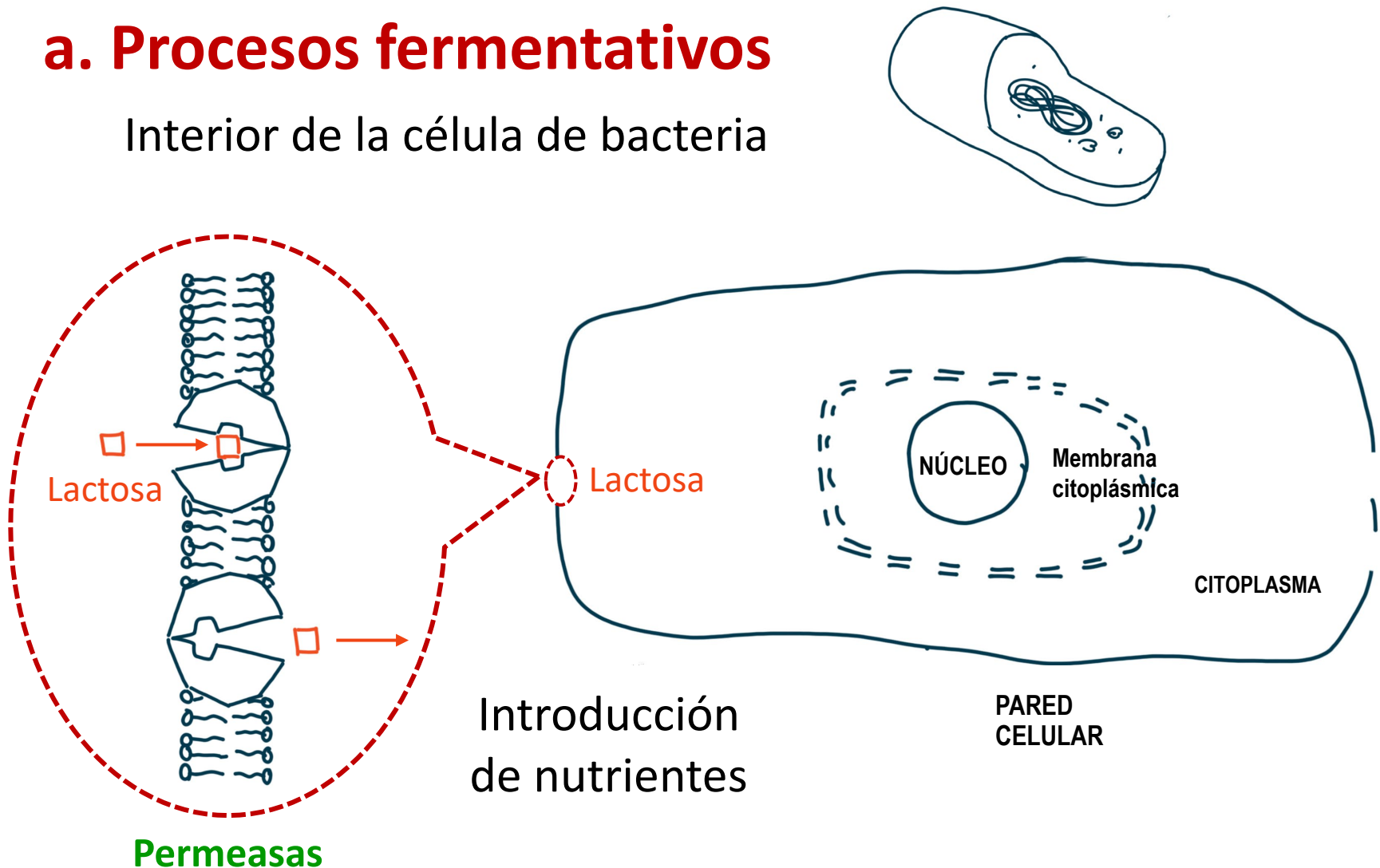
Células X,
Y, clavo y
globo

FUENTE:https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bifidobacterium_longum_en_microscopie_%C3%A9lectronique.jpg

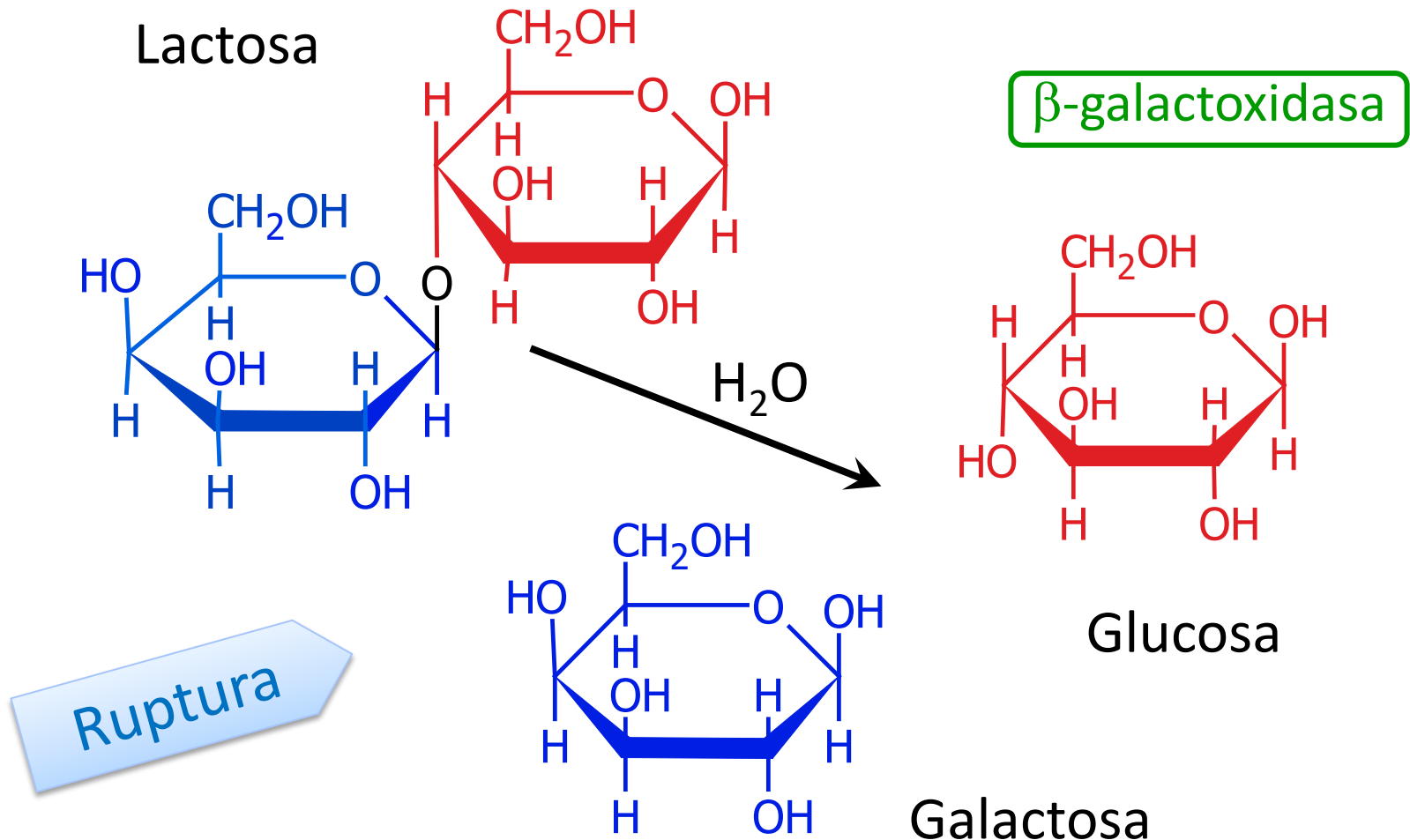
2.2.2. Bioquímica de la fermentación

a. Procesos fermentativos

Interior de la célula de bacteria

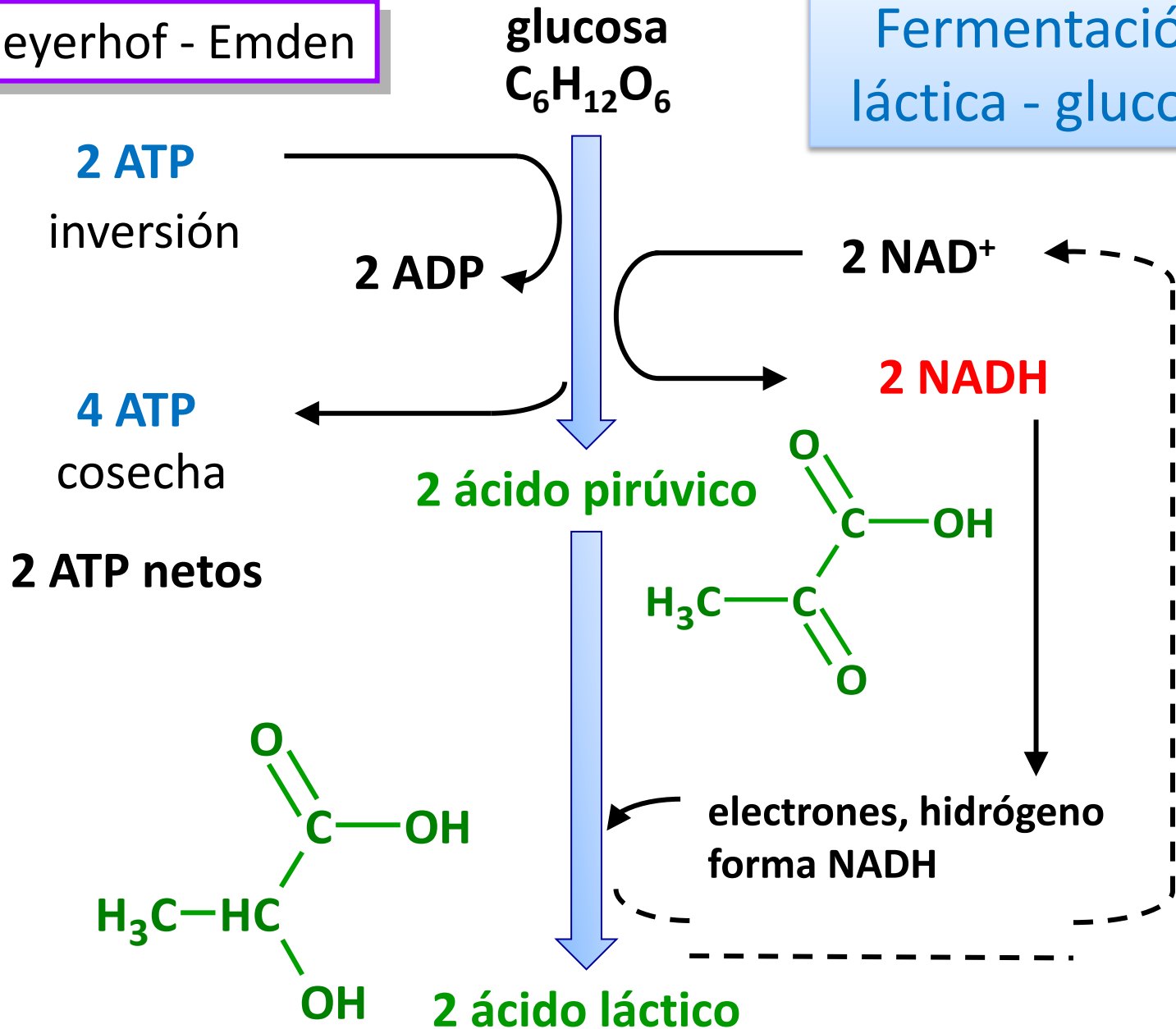


Primer paso: Descomposición de la lactosa



Ruta Meyerhof - Emden

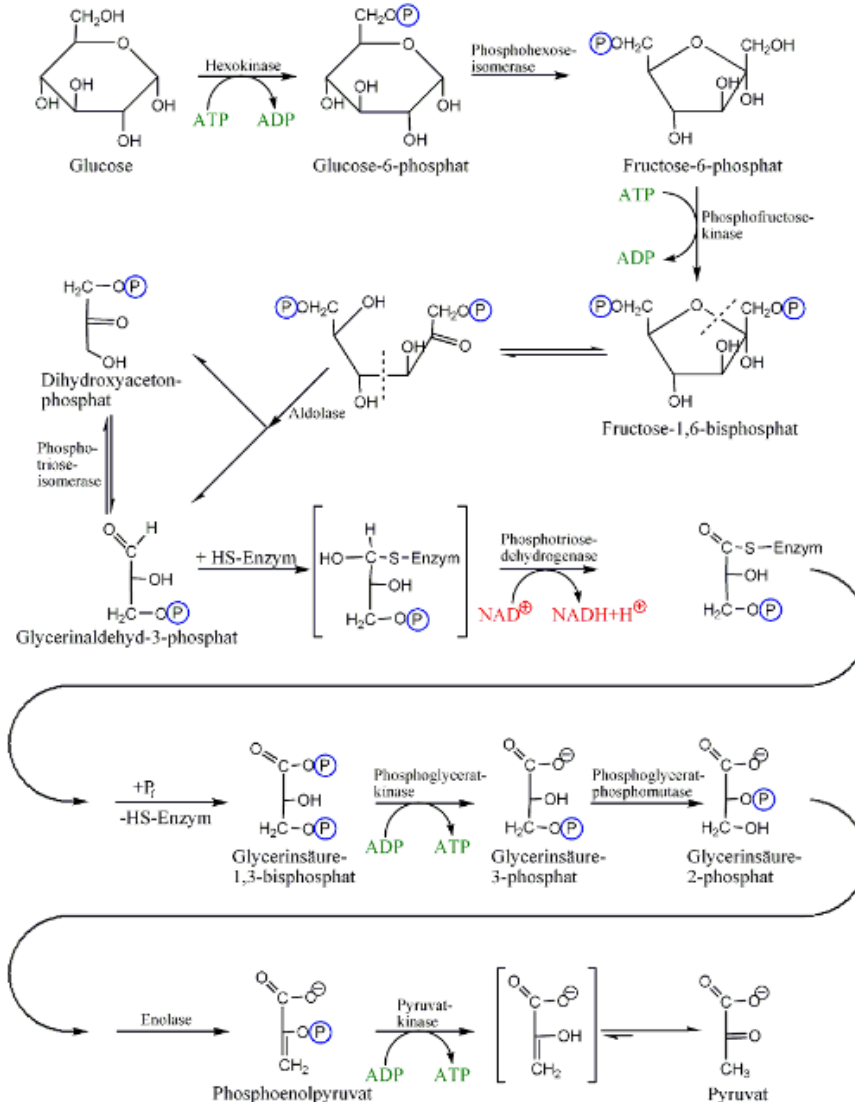
Fermentación láctica - glucosa



Fermentación láctica - glucosa

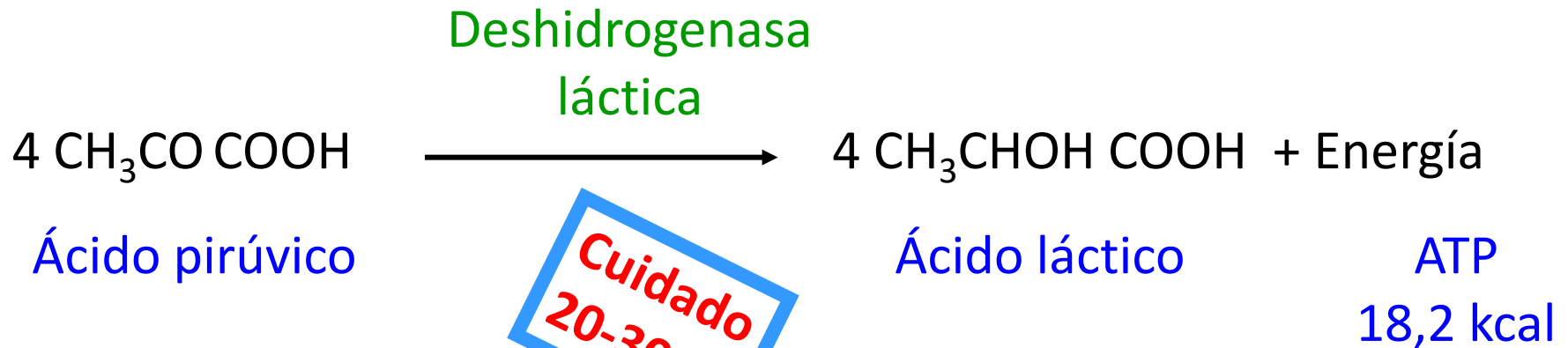
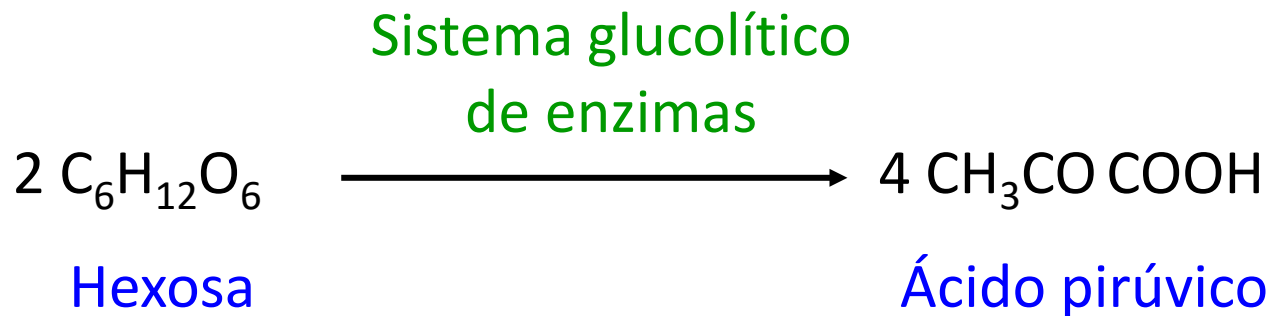
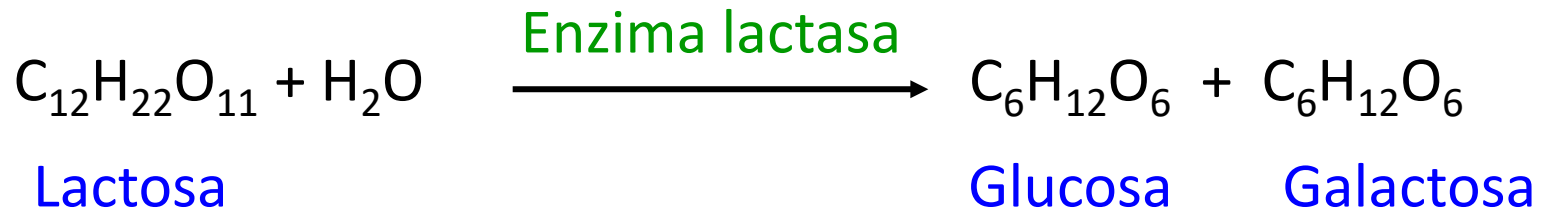
Glucólisis

Esto ya lo he visto antes, en el metabolismo



Fermentación láctica - galactosa

Reacción	Enzima
Galactosa + ATP ↓ Galactosa-1-fosfato	Galactoquinasa
Galactosa-1-fosfato ↓↑ Glucosa-1-fosfato	Galactovaldenasa UDPG Uridin-difosfato-glucosa
Glucosa-1-fosfato ↓↑ Glucosa-6-fostato	Fosfatoglucomutasa
Reacciones de la glucólisis	Enzimas de la glicólisis



b. Procesos de coagulación

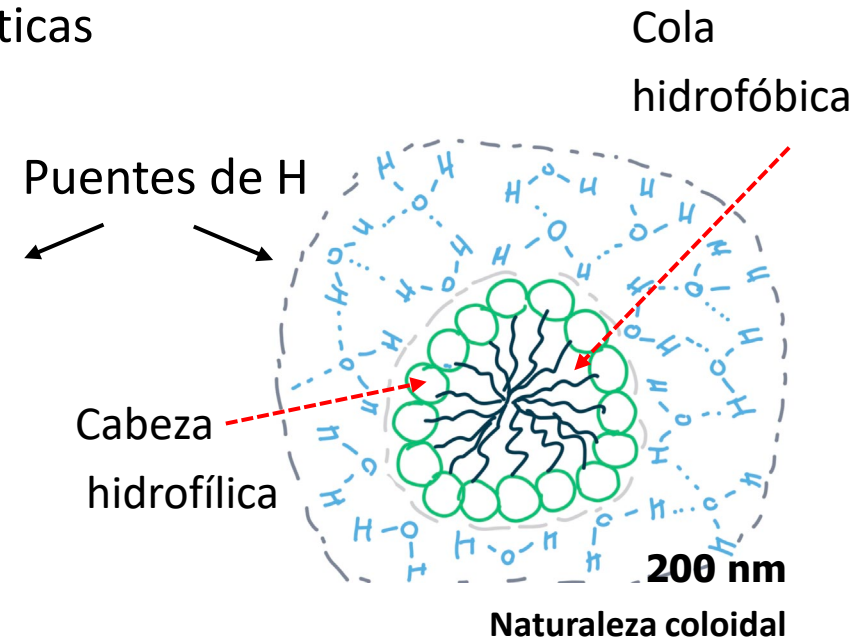
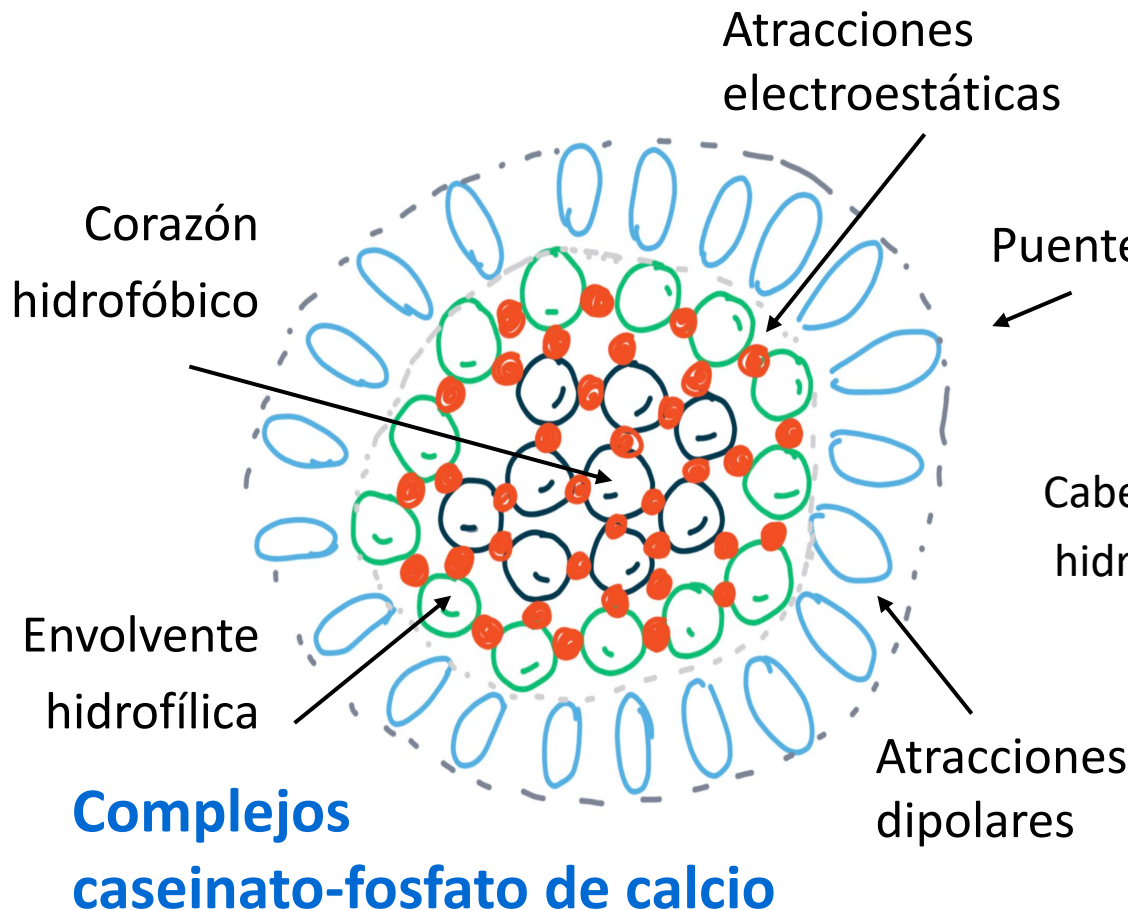
Desestabilización de las micelas de caseína

Caseína: 3% de la leche y 80 % total proteínas.

 β, α_{s1} y α_{s2} -caseína

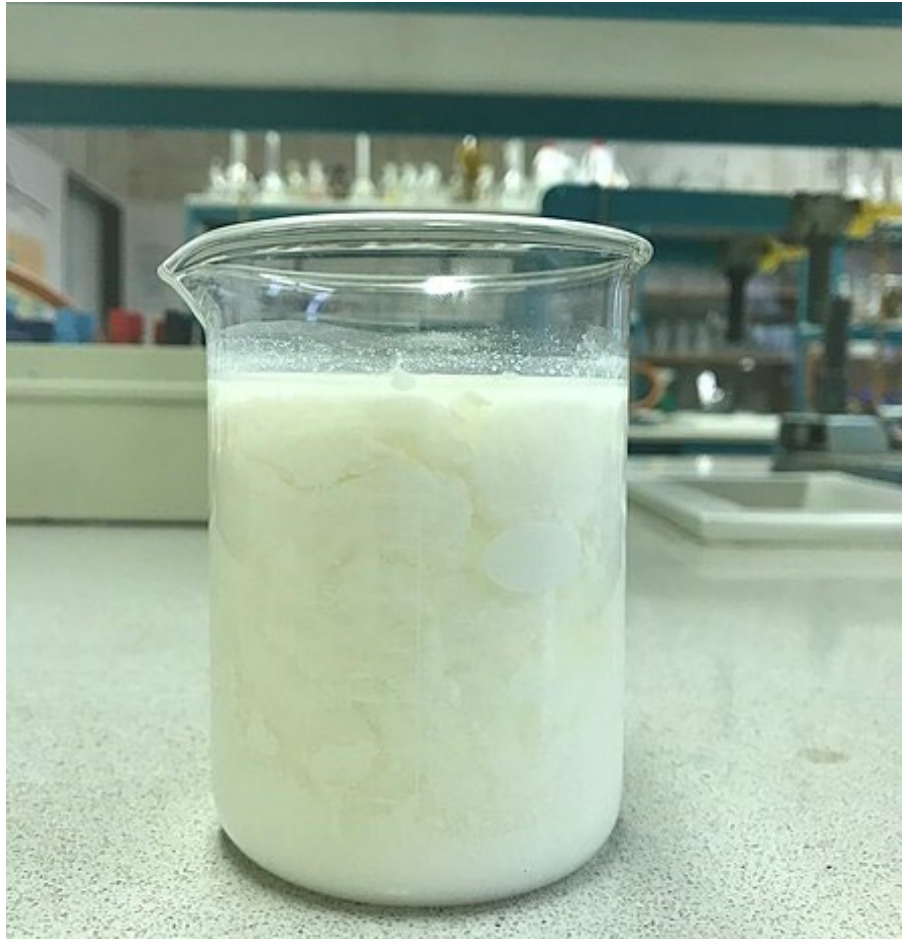
 κ -caseína

 Grupo fosfato
 Dipolo agua



Micelas de caseína en la leche

Inicio pH = 5,2 - 5,3 Fin pH = 4,6 - 4,7



FUENTE:https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Agregace_micel_kaseinu_v_ml%C3%A9ce_p%C5%99i_zm%C4%9Bn%C4%9B_pH_p%C5%99id%C3%A1n%C3%ADm_kyseliny_octov%C3%A9.jpg

c. y d. Descomposición de proteínas y cambios en otros constituyentes

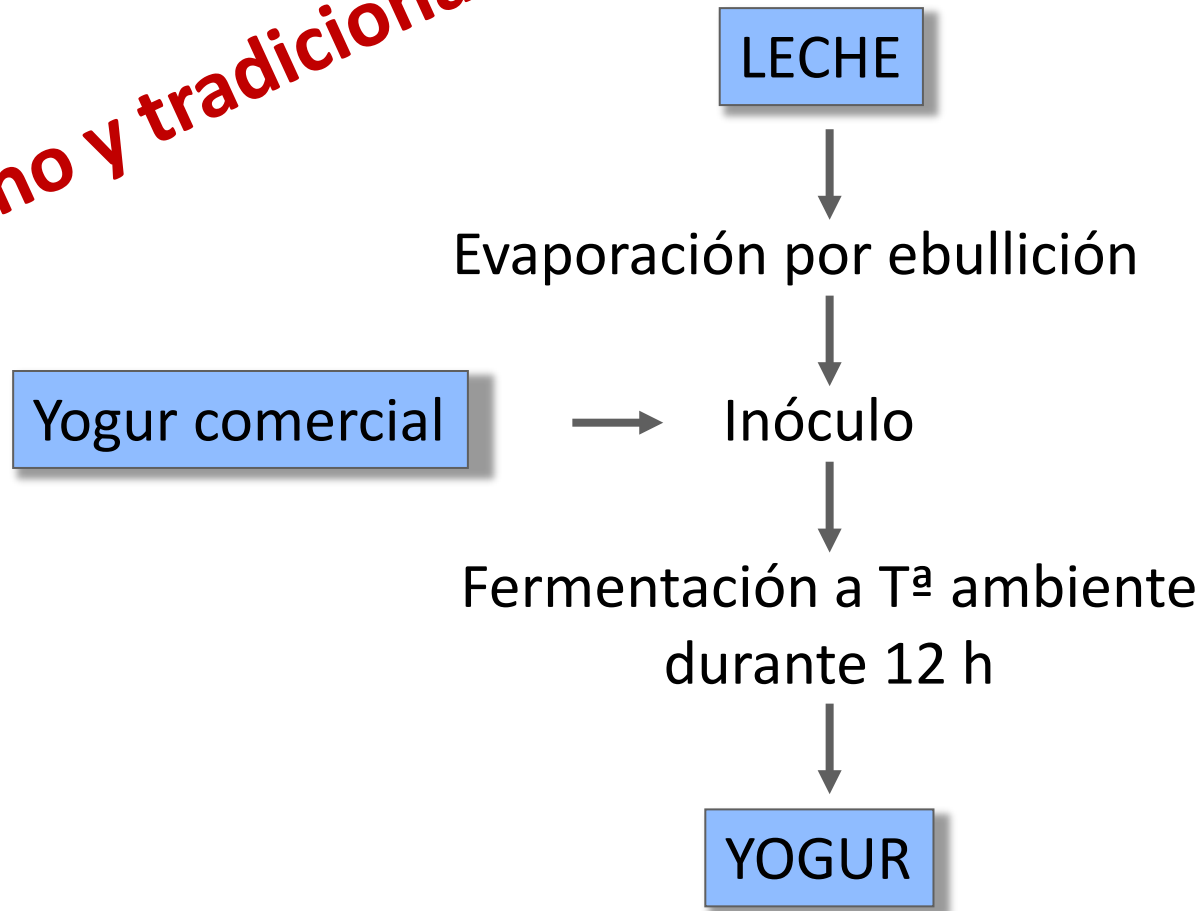
- Más aminoácidos libres en el yogur por la actividad proteolítica de Lb, el yogur es un producto más digestible.
- Aparición de polisacáridos que contribuyen a la consistencia y a una menor sinéresis.
- Aparición de ácidos grasos volátiles por hidrólisis de las grasas.

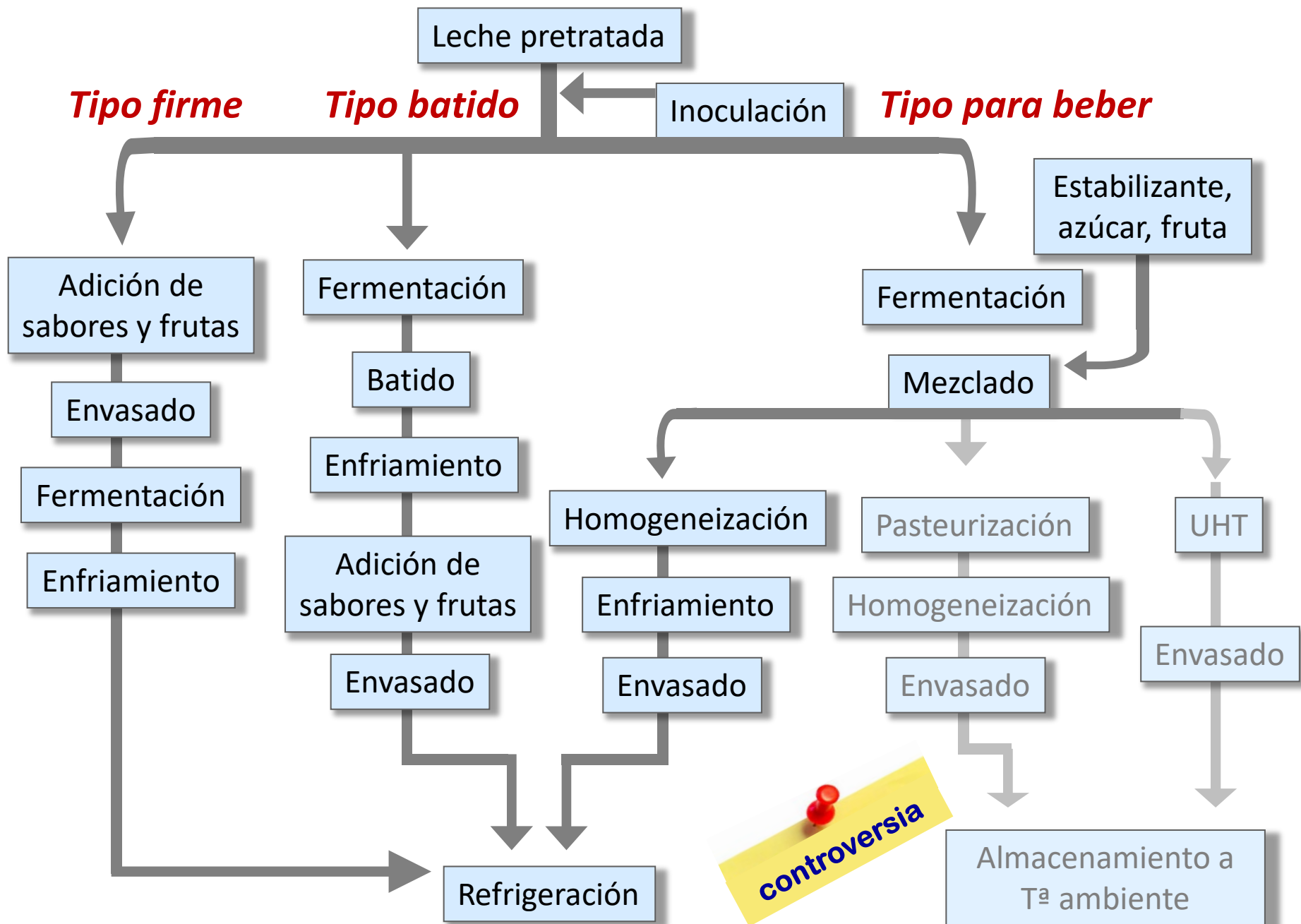
e. Producción de aromas y sabores

- Contribución de gran cantidad y variedad de compuestos: carboxílicos y ácidos grasos volátiles.
- Destacan:
 - Acetaldehído (23-41 ppm)
 - Diacetilo (< 0,5 ppm) Aroma característico

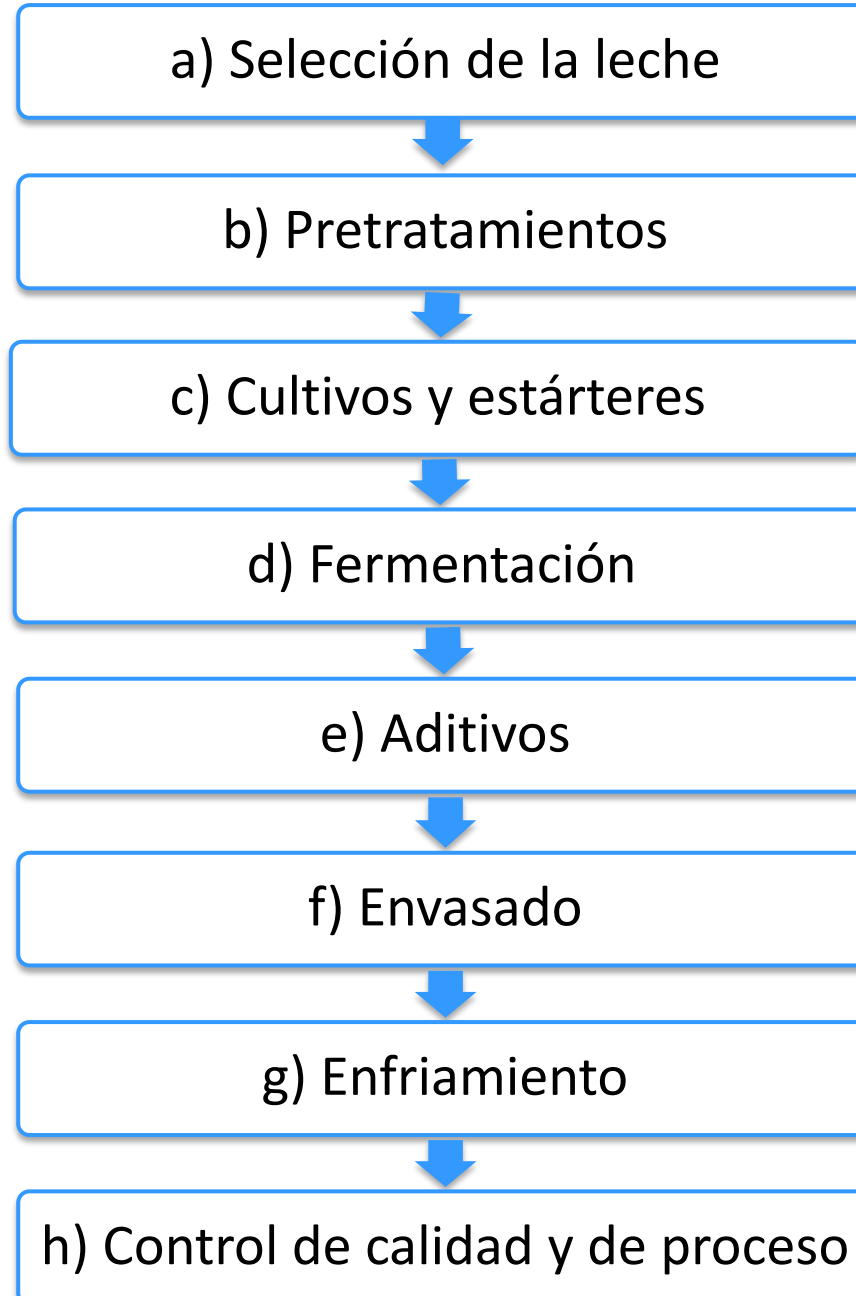
2.3. Proceso general de fabricación

Artesano y tradicional





Etapas del proceso de fabricación



a. Selección de la leche

Variabilidad de la composición de la leche



FUENTE: <https://freesvg.org/bottle-milk-cow>

Factores de influencia

Tecnológicos

Idoneidad de la leche para el proceso

Nutricionales

Diferente valor nutritivo

1. Factores genéticos Especie, raza, herencia e individuo
2. Factores fisiológicos Fase de lactancia, edad animal, nº de lactaciones
3. Factores ambientales Estación del año, clima, temperatura
4. Factores alimentarios Alimentación, aporte energético
5. Factores zootécnicos Sistema de ordeño

Fluctuaciones diarias Grasa hasta 20%
Glúcidos y Proteínas hasta 2%

Controles de calidad	En recepción	En los tanque antes de iniciar el proceso de producción
Edad de la leche	✓	✓
Temperatura	✓	✓
Peso	✓	
Contenido de grasas	✓	
Acidez	✓	
Antibióticos: muy importante	✓	
Contenido total de bacterias	✓	✓
Aspecto	✓	✓
Olor y sabor	✓	✓

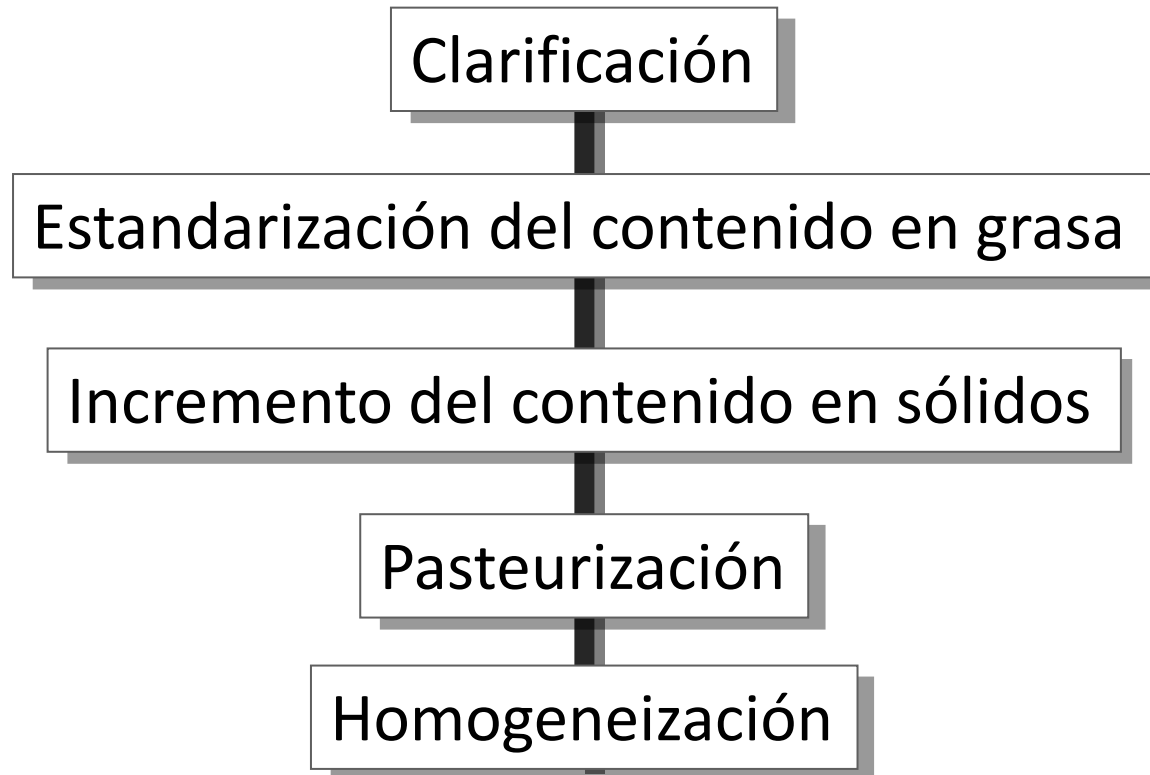
Las vacas sanas no necesitan antibióticos.
La norma es cero antibióticos en el test de control

Silos para el almacenamiento de leche



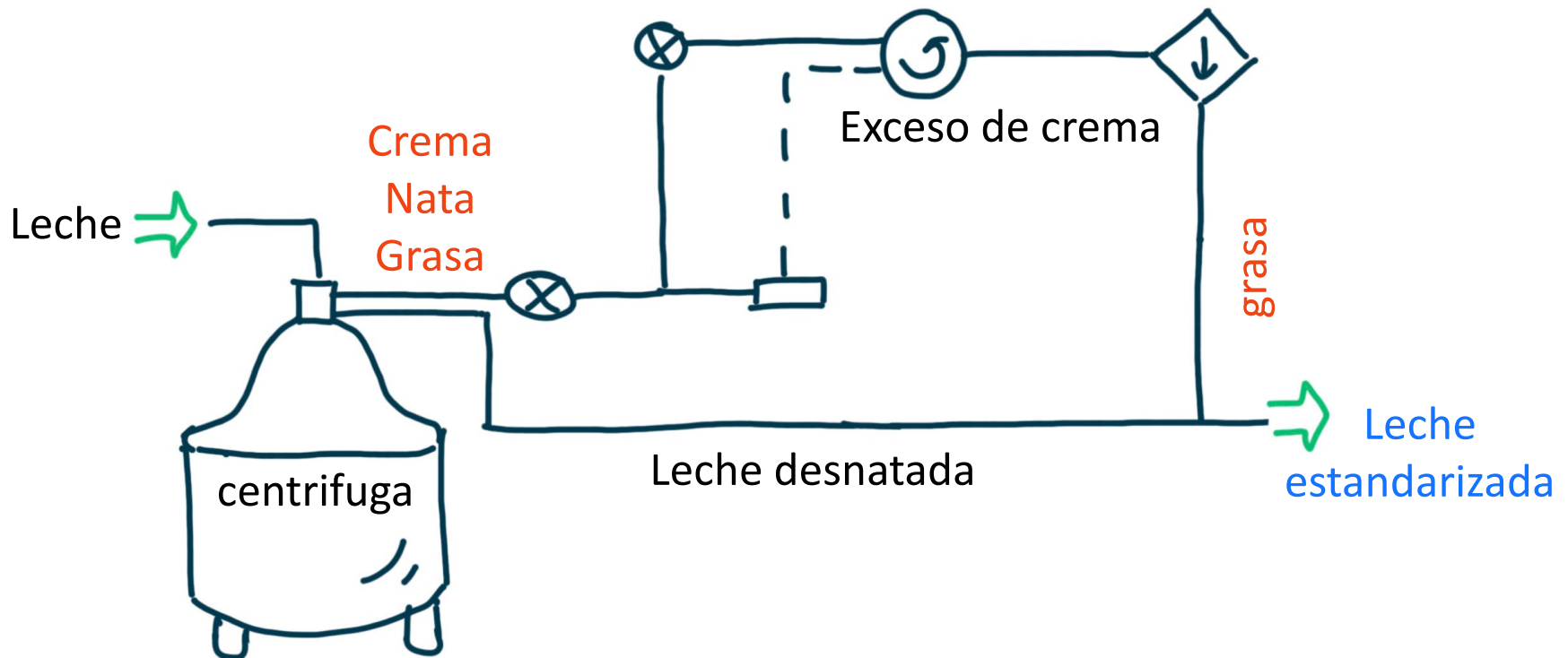
FUENTE:https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_new_new_dairy-plant,_milk_factory_in_Beilen;_Midden_Drenthe_-_photo_agriculture_in_the_Netherlands,_2012.jpg

b. Pretratamientos de la leche



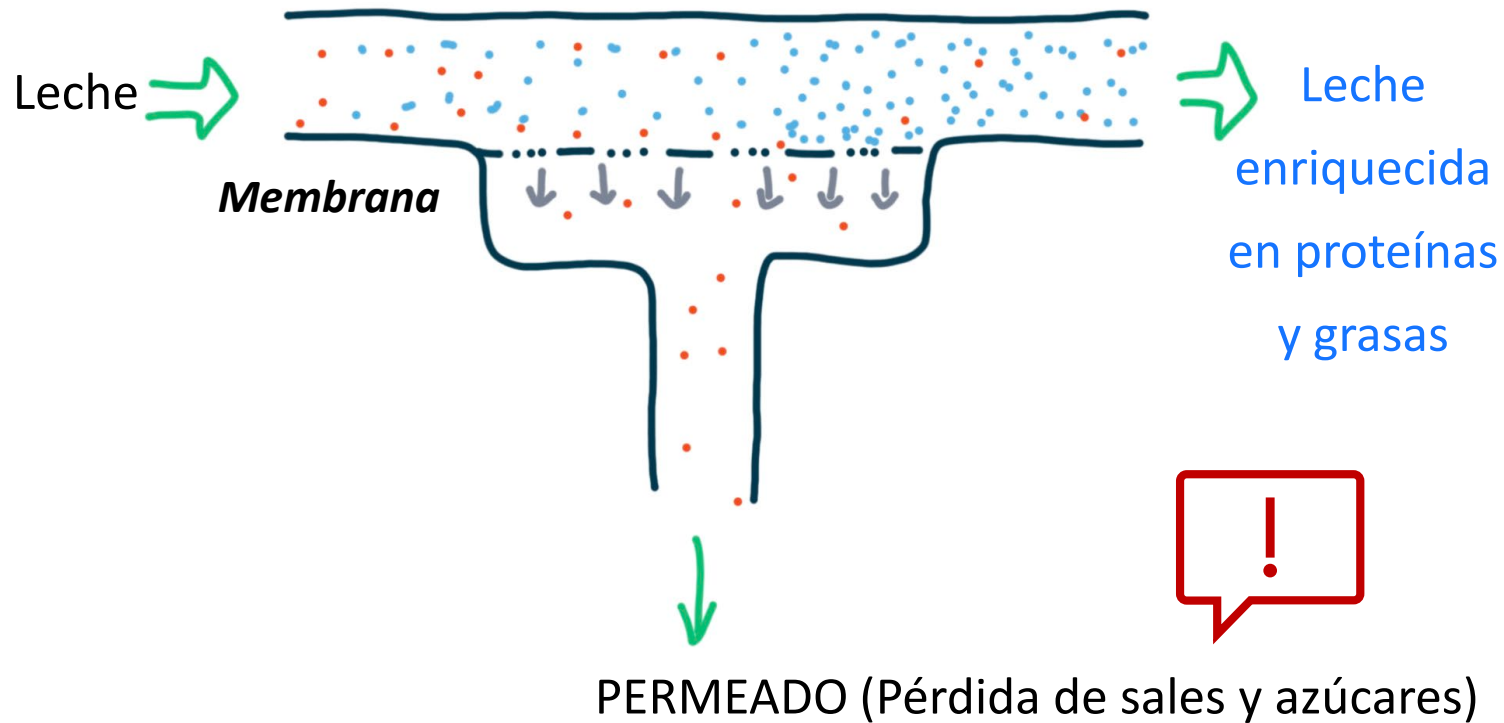
- Estandarización del contenido en grasa

Yogur clásico	>3 %
Yogur semidesnatado	0,5 – 3,0 %
Yogur desnatado	< 0,5 %



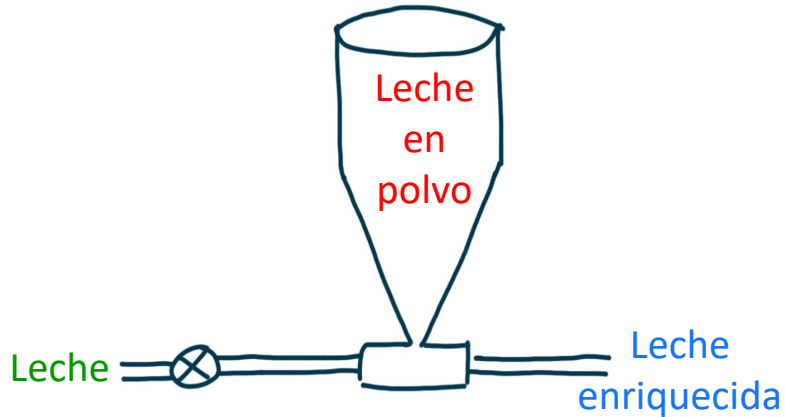
- **Incremento del contenido en sólidos: $\geq 12\%$**

- ✓ Concentración de la leche por ultrafiltración

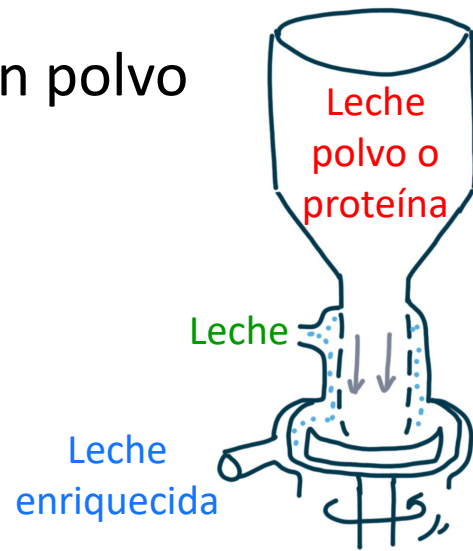


- ✓ Concentración de la leche por evaporación
10-20 % agua / 1-2,3 % sólidos → Gran consumo de energía

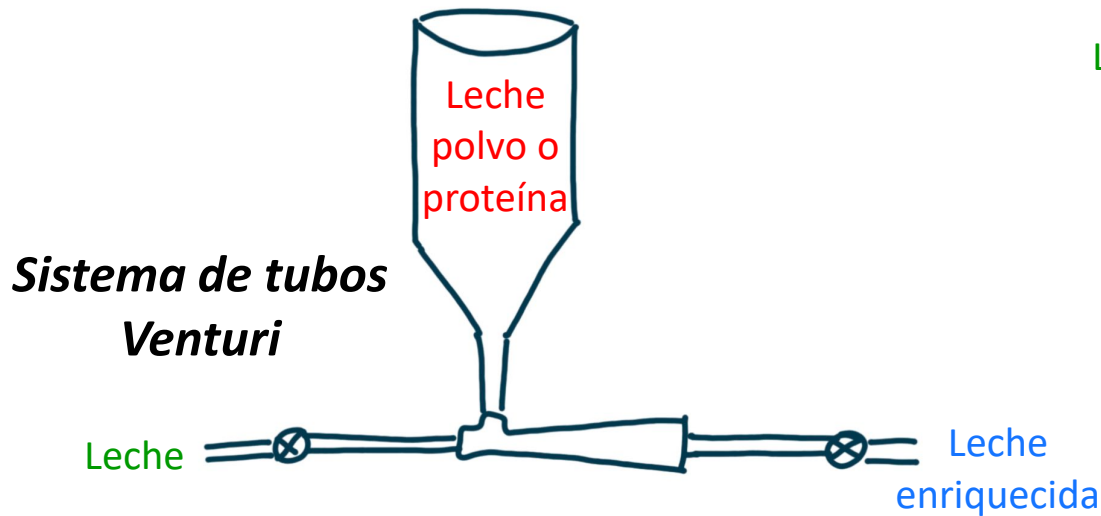
✓ Adición de caseína o leche en polvo



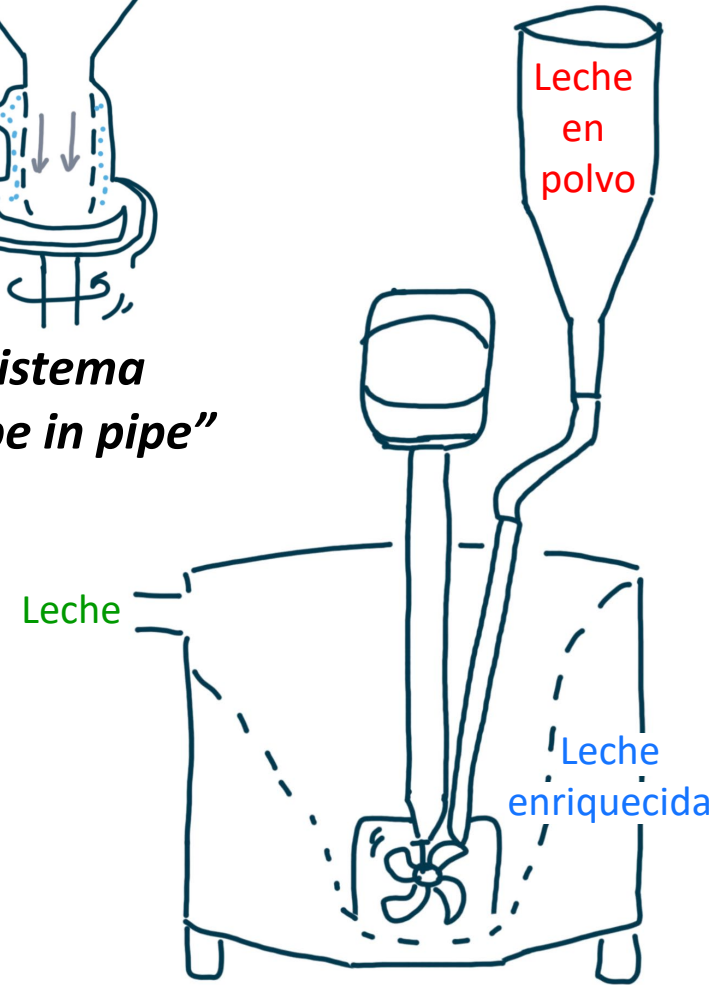
Sistema de circuitos de circulación



Sistema "pipe in pipe"

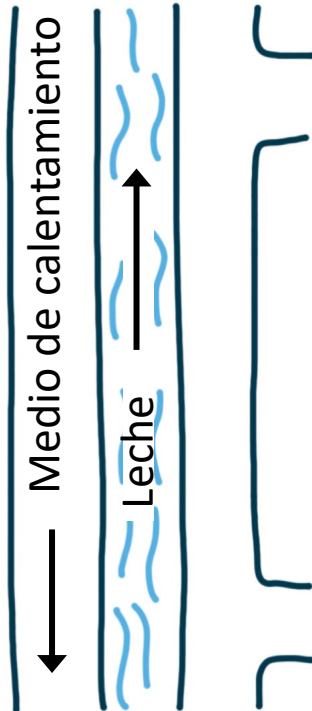


Sistema de tubos Venturi



Sistema de turbinas agitadoras

- **Pasteurización** 90-95 °C → 5 min



- líquido frío y caliente separados por una pared
- calentamiento muy rápido
- aprovechamiento de energía

- cuidado con los depósitos de sólidos
- problemas de recontaminación

Intercambiador de calor de placas

Fenómeno	Efecto
Microbiológico	
• Destrucción de microorganismos patógenos • Destrucción de la microflora competitiva • Destrucción de bacteriofagos	• Sanitización • Rapidez en la fermentación y mejor conservación
Químico	
• Inactivación de la mayor parte de las sustancias antibacterianas naturales • Inactivación de lipasas y proteasas • Caramelización de la lactosa con formación de ácido fórmico	• Rapidez en la fermentación • Mayor estabilidad del gusto y de la consistencia durante la conservación • Estimulación del crecimiento de los fermentos y formación de aromas
Químico-físico	
• Desnaturalización de β-lactoglobulina y α-lactoalbúmina • Interacción entre caseína y proteína desnaturalizada • Disminución del potencial redox por degasificación	• Aumento de la cremosidad del yogur • Mejora de la consistencia y viscosidad del coagulo • Reducción de la tendencia a la sinéresis • Aumento de la coagulación ácida • Rapidez en la fermentación y estabilidad frente a la oxidación

- **Homogeneización**

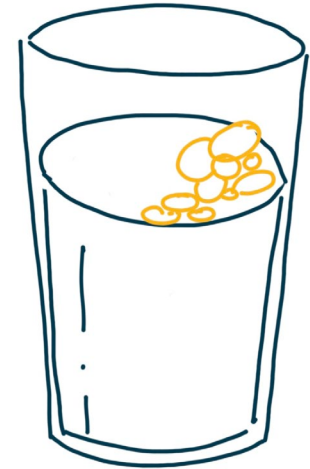
Desintegrar finamente los glóbulos de grasa para conseguir una suspensión permanente y estable y evitar su separación



Glóbulos dispersos en solución acuosa



Agregación de los glóbulos (floculación)



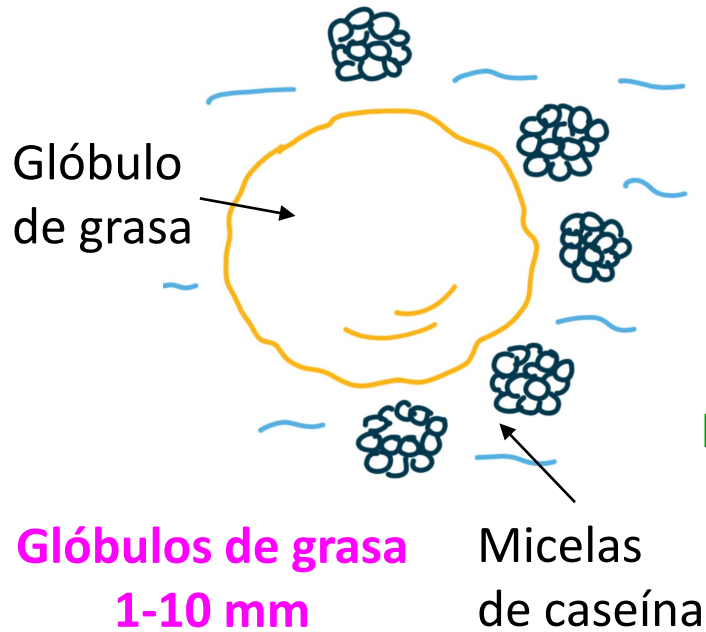
Separación de la nata de la leche

- Después de la etapa de estandarización (leche + nata)
- Antes o después del tratamiento térmico

Desestabilización de la fase acuosa

Defecto organoléptico

Leche cruda



HOMOGENEIZACION

10-20 Mpa
40-80 °C

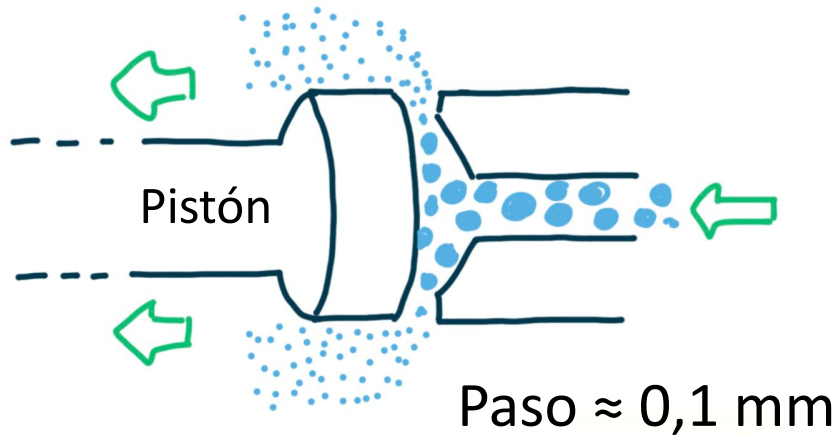
Leche homogeneizada



10000 glóbulos más que
en leche cruda

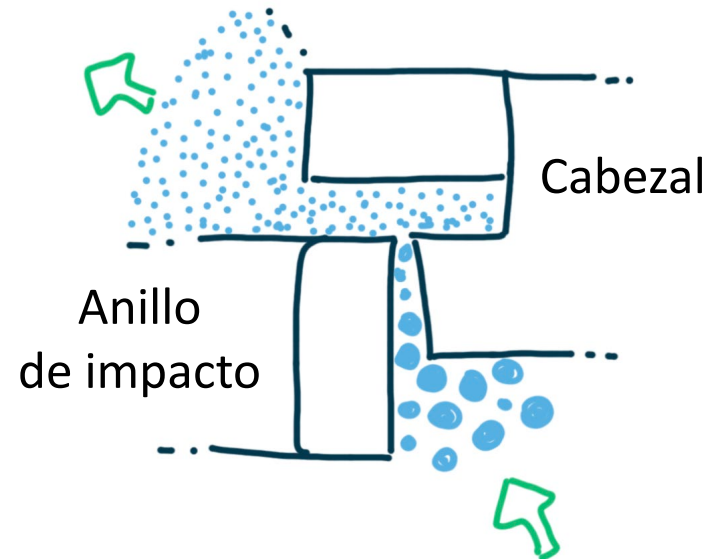
Los glóbulos de grasa se comportan como micelas de caseína

Tipos de homogenizadores de leche



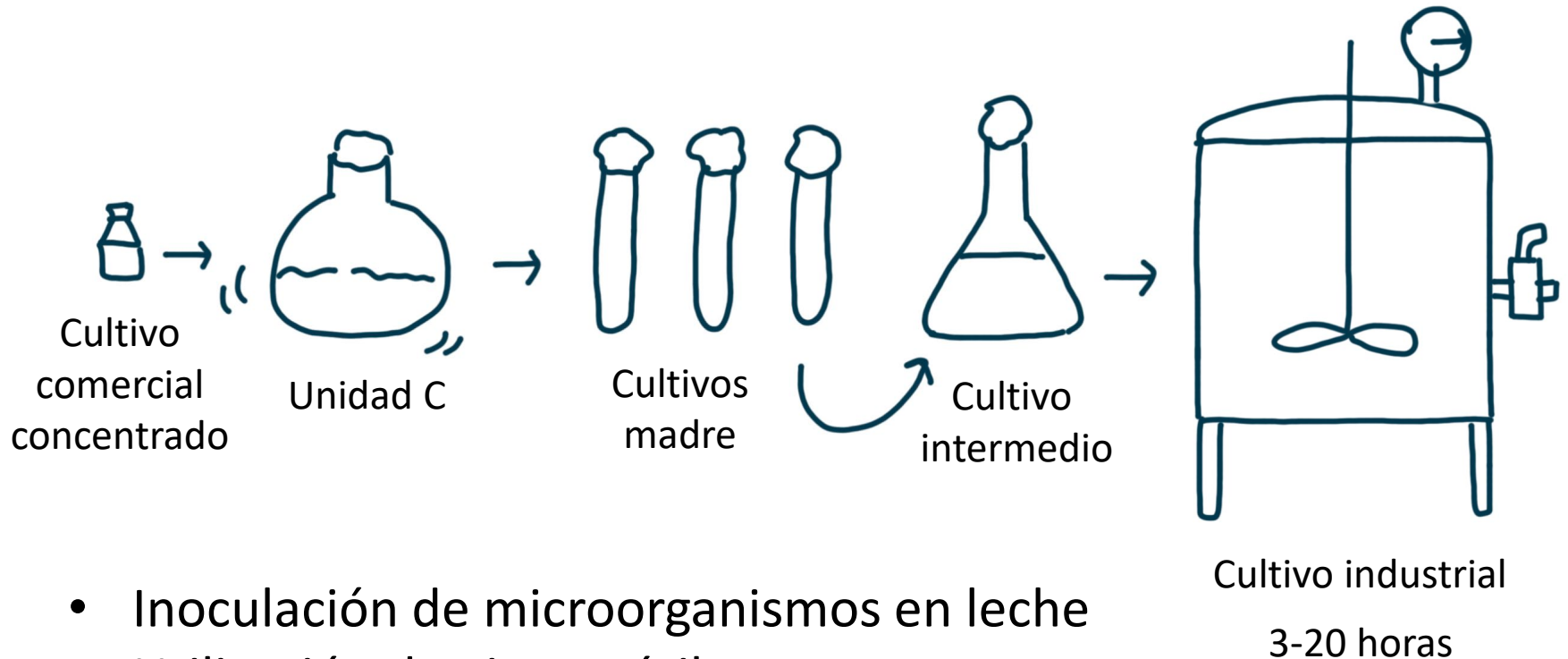
Flujo concéntrico

Flujo cruzado



c. Cultivos y estárteres

Propagación: Preparación aséptica de cultivos



- Inoculación de microorganismos en leche
- Utilización de aire estéril
- Uso de líneas de vapor
- Línea CIP: Clean in place

Videos sobre estárteres



<https://www.youtube.com/watch?v=MpEsTJ3BHyE>

<https://www.expansion.com/economia-digital/companias/2017/07/12/59651749268e3e0d4d8b45de.html>

d. Fermentación: parámetros del proceso

1. Leche seleccionada y pretratada
2. Cantidad de inóculo (valor óptimo)
Yogur natural : 2 % cultivo mixto
Yogur frutas: 1-2% cultivo mixto
3. Inoculación: Distribución aséptica y uniforme de las bacterias
4. Tª de incubación: Rango óptimo: 41-42 °C
5. Tiempo de incubación: 2-3 horas cultivos habituales
6. Ratio Str./Lb.
En el cultivo
yogur natural: 1:1
yogur frutas: predominio Str.
Después de la incubación
yogur natural: 1,2-2:2
yogur frutas: >10:1
7. Acidificación: Moderada hasta pH: 4,5

Yogur firme: el producto va pasando a través de cámaras de incubación y túnel de enfriamiento termostatzado en pallet con el producto en el envase.

Yogur batido: la fermentación tiene lugar en tanques de fermentación con palas de agitación mecánica que al final del proceso rompen los coágulos de yogur.

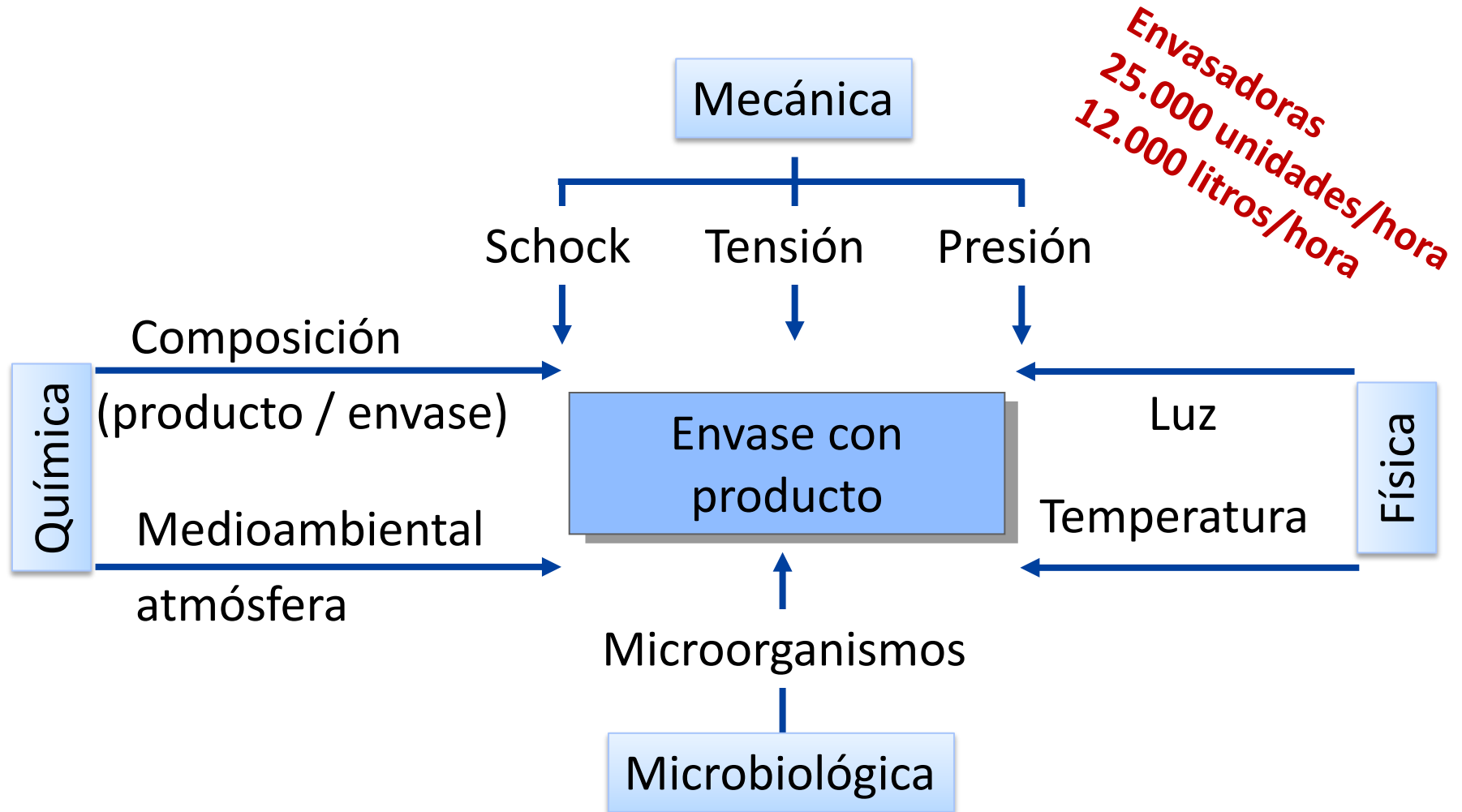
- Tanque tipo SBQ-RR
- Tanque multiproceso

e. Aditivos

Sistema automatizado pesada-mezcla

f. Envasado

- Aséptico con radiación UV, aire limpio y agua caliente estéril
- Los envases se fabrican in situ

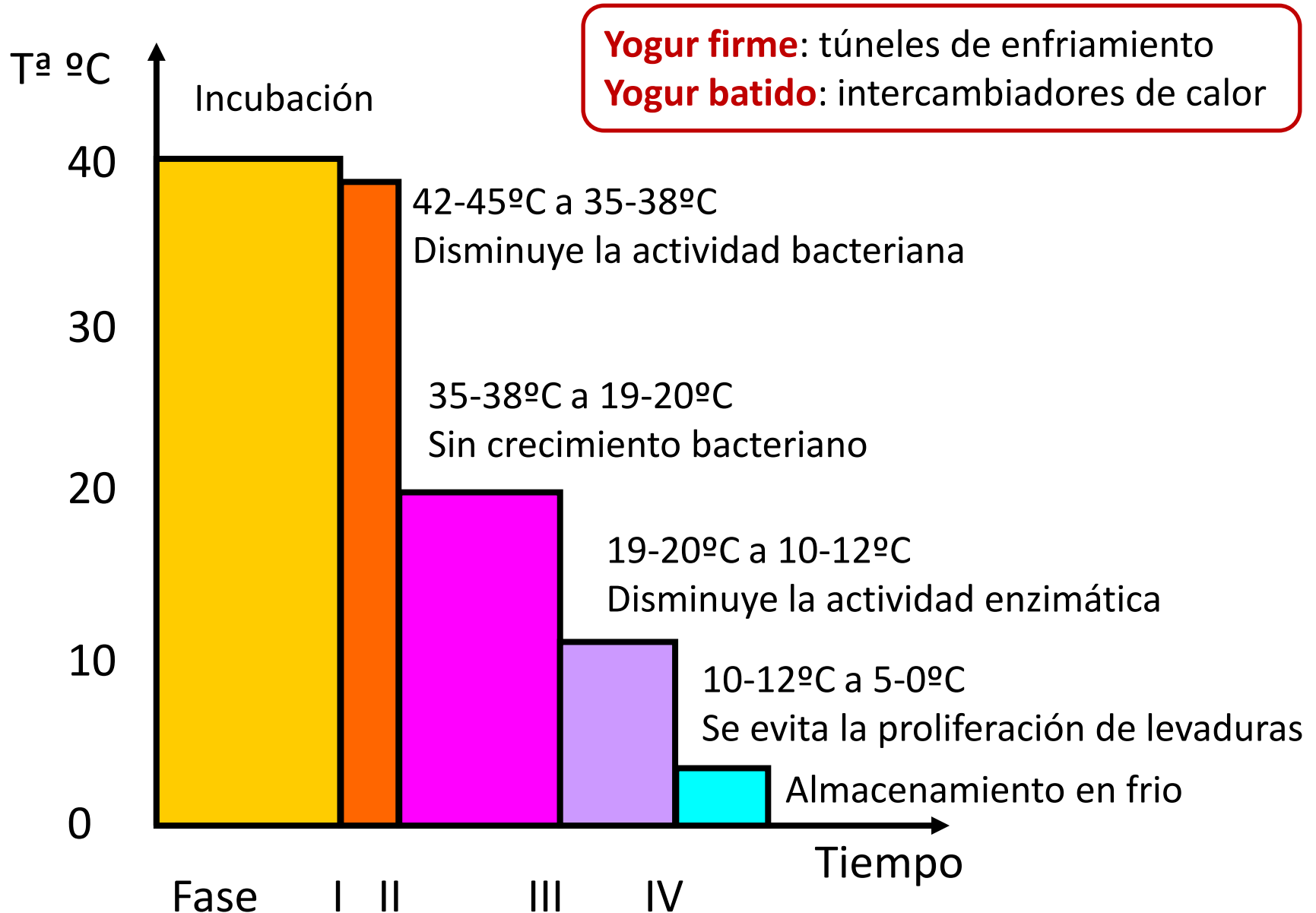


Función protectora de los envases

g. Enfriamiento

Yogur natural	Yogur frutas
pH 6,60	pH 6,60
pH 5,30	pH 5,30
pH 5,00	pH 5,00
pH 4,70	pH 4,70
pH 4,50	pH 4,50
Enfriamiento Intervalo 0,20-0,25	Enfriamiento Intervalo 0,8

Proceso de enfriamiento: etapas



Videos sobre la producción de yogur

Fabricando Made in Spain

Jueves por la noche

Portada | Videos | Directo | Fotos | Reporteros

1



www.youtube.com/watch?v=v7fG394NEHM

<https://www.youtube.com/watch?v=4Tm-bjxzssU>

<http://www.rtve.es/alacarta/videos/fabricando-made-in-spain/fabricando-made-in-spain-elaboracion-del-yogur/2332656/>

YouTube^{ES}

Buscar



Fabricación del Yogurt

Bibliografía

1. J.L. RASIC and J.A. KURMANN. *Fermented Fresh Milk Products: Volume 1 Yoghurt: Scientific Grounds, Technology, Manufacture and Preparations*. **Ed: Technical Dairy Publishing House.**
2. J.L. RASIC and J.A. KURMANN. *Fermented Fresh Milk Products: Volume 2 Cheese*. **Ed: Technical Dairy Publishing House**
3. VITTORIO BOTTAZZI. *I lattici fermentati: Aspetti biochimici, tecnologici, probiotici e nutrizionali*. (Direttore dell'Istituto di Microbiologia e del Centro di Ricerche Biotecnologiche Università Cattolica di Piacenza e Cremona). **Ed: Istituto Danone**
4. Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del sector lácteo. **Ed: Ministerio de Medio Ambiente 2005**
5. *Estadística Láctea*. MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (MAPA).
<https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/ganaderia/estadistica-industrias-lacteas/estadistica-lactea-anual/default.aspx> (26/10/2020)
6. *Micelas de caseína*: <http://www.Public.iastate.edu/~cford/Caseinmicelle2.jpg> (9/10/2013)
7. *La Industria Alimentaria Española*. FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE INDUSTRIAS DE ALIMENTACIÓN Y BEBIDAS
<http://www.fiab.es/alimentaria.asp> (9/10/2013)
8. G. BYLUND. *Manual de Industrias Lácteas, Traducido de la versión inglesa por Antonio Lopez Gomez*. **AMV Ediciones**. Madrid: 2003
9. http://www.revistavirtualpro.com/files/ti12_200512.pdf (11/10/2013)
10. <http://www.monografias.com/trabajos73/yogur-elaboracion-conservacion/yogur-elaboracion-conservacion2.shtml> (11/10/2013)
11. C.W. BAMFORTH. *Alimentos, fermentación y microorganismos*. **Ed: Acribia S.A.**
12. B.H. LEE. *Fundamentos de Biotecnología de los Alimentos*. **Ed: Acribia S.A.**
13. G. GARIBAY, Q. RAMÍREZ y L. MUNGUÍA. *Biotecnología Alimentaria*. **Ed: Limusa**
14. A. TAMIME, R. ROBINSON. *Yogur: Ciencia y Tecnología*. **Editorial ACRIBIA S.A.** Zaragoza: 1991, p. 7 – 158.
15. B. J.B. WOOD. *Microbiology of fermented foods*. **Ed: Elsevier applied science publishers**
16. CHANDAN, RAMESH. *Yogurt: Nutricional and Health properties*. **Ed: NYA – National Yogurt Association.**
17. PRESCOTT, DUNN. *Microbiología Industrial*. **Ed: Aguilar S.A.**
18. <http://www.sisman.utm.edu.ec/.../L.../leche%20y%20productos%20lacteos.pdf> (14/10/2013)