

Cultivos starters para quesos en general

Contenidos

- Historia y evolución del queso.
- Evolución de la flora microbiana y los cultivos starters.
- Características del uso normal de microorganismos en quesos.
- Influencia general de estos cultivos en los quesos (acidificación, sinéresis, flavor, formación de ojos).
- Influencia general del cuajo en el queso

Información acerca del disertante

- Experiencia en elaboración de quesos (duros, semiduros, azules, frescos, blandos) en DK y USA.
- Experiencia en Elaboración de manteca en DK.
- Experiencia en producción de yogur y leche fermentada en DK.
- M Sc en tecnología Láctea de la Royal Agricultural University Cph (1982).
- Gerente de ventas y aplicación en Wisby (82-87).
- Gerente **part time** de desarrollo de productos en Høng/Arla (84-87).
- Asistente Director gerente de Wisby (87-90).
- Director de la gerencia de Wisby –Área técnica incl. R&D, producción, QA+QC, aplicación y ventas (91-98)
- Gerente global de negocios Danisco (99-01)
- Dev. Man. negocios Clerici-Sacco (91-)
- Experiencias paralelas, junto con cursos de gerencia etc:
- Disertante de la Royal Agricultural University Cph., Danisch Dariy school etc., About cultures etc.
- Disertante de la Gastronomic University (Slow Food) en microbiología aplicada.
- Científico consultor de Swiss cheese Association USA
- Co-fundador y miembro del directorio de EFFCA
- Miembro del directorio de Labip

Historia del queso y su microflora

- Hallazgos arqueológicos demuestran que el queso ha surgido hace 5.000 años (o quizás 8.000 años)
- El primer queso fue leche cuajada en el estómago de animales jóvenes que se mataron sin estresarlos – una manera de hacer que el animal posea mayor cantidad de nutrientes y proteínas del sistema inmune.
- Luego, utilizando diferentes maneras de **preservación natural** (pH, aW, sales, etc) permitieron que el queso evolucione a lo largo del tiempo y que se difunda por el comercio de los Vikingos, de los Romanos, etc.
- El comienzo de la elaboración de queso controlada de nuestros tiempos comienza con los monjes Cristianos y fueron comercializados por los Crusades.
- El cultivo starter fue siempre la flora de la leche, mayoritariamente de la ubre (contaminada con heces, esta flora proviene de las plantas que consumían los animales) además puede obtenerse cultivo láctico a partir de las herramientas microbiológicas. Incluso hoy en día pueden aislarse LAB típicas a partir de las plantas!
- Desde mediados de 1800 el uso de **fermento madre** está descrito para la elaboración de manteca y queso, el uso de manteca de leche para inocular nueva crema para elaborar manteca, el uso de suero para inocular leche para queso, etc. Todavía utilizamos tradicionalmente los cultivos DL mesófilos indefinidos.
- La modernización en el uso de cultivos starters provenientes de quesos se produjo hacia finales de 1800 con los descubrimientos de Pasteur, Chr.Emil Hansen, Storch, Orla Jensen y muchos otros buenos científicos que surgieron después de ellos.

Evolución de la flora del queso

Dependiente del sustrato

- Azúcar de la leche = Lactosa (4,7%) es el principal carbohidrato fermentable y, como la mayoría de las LAB pueden fermentarlo, aún cuando son aisladas de las plantas, es natural que dominen si la temperatura es la óptima para su crecimiento ya que pueden bajar el pH relativamente rápido.
- Citrato (0,2) es la segunda fuente de carbohidrato más importante, muchas LAB pueden fermentarlo y esto genera ventajas energéticas.
- MPN, se considera que el contenido de MPN es sólo aprox. del 0,3% pero es suficiente para dar mayor crecimiento a las prt- LAB.
- Proteínas = generalmente las LAB no son fuertemente proteolíticas pero muchas son prt+ y pueden crecer bien en leche, aún cuando se aíslan a partir de plantas, y coexisten las cepas de prt- junto con las prt+.
- Los minerales están generalmente en concentraciones suficientemente altas como para permitir un buen crecimiento de la mayoría de las LAB (Leuconostoc puede requerir extra Mn.)

Evolución de la flora

Parámetros intrínsecos y extrínsecos

- Temperatura/Restricción de temperatura en producción, maduración y almacenamiento.
- pH/ restricción de pH, (pH 4,5-5,3 en la mayoría de los quesos frescos, queso blanco >6)
- Actividad de agua (aW) y humedad (0,99-0,94, el queso normalmente no posee menor a 0,9 aW), muchos M.O. no crecen pero pueden sobrevivir a baja aW por mucho tiempo.
- Contenido de NaCl (1-7% en agua, ningún queso normal tendrá por encima de 15% en la fase acuosa)
- Concentración de gas (potencial redox, eH, contenido de oxígeno, contenido de CO₂, etc.)

Todos estos parámetros y la secuencia de **obstáculos** son los determinantes de los mo que van a dominar en el producto.

Estos son los parámetros tradicionales de la tecnología de quesos típicos. Hoy en día debemos tratar de hacer quesos más blandos, con menos contenido de sal, menos ácidos, etc.

Temperatura de crecimiento

Para diferentes tipos de MO

Temperatura (°C)	Mínima	Óptima
Bacterias Ácido Lácticas	(5-) 10-15	(20-) 30-45
Listeria	2°C	30-40
Micrococci/Staphylococci	4-12	25-35
Brevibacteria	4-15	20-30
Levaduras	4-8	20-30
Geotrichum	4-8	25-30
Mohos	2-12	15-35
Penicillium camemberti	6-10	20-25
Penicillium roqueforti	2-6	20-25

Temperatura/Tipo de queso

Diferencias entre LAB Mesófilas y Termófilas

	Mesófilas (Opt. 31+/-3°C)		Termófilas (Opt. 40+/-3°C)
No cocido (18-34°C)	Masa lavada en caliente (a 38+/-5°C)	Sin lavar en caliente (30-42°C)	Cocidos (a 50+/-7°C)
Queso fresco	Cheddar	Crescenza	Grana/Reggianito
Queso crema	Gouda	Brie estabilizado	Emmental etc.
Camembert	Havarti	Talleggio	Greyerzer
Feta	Samsoe	Gorgonzola	
Roquefort	Tybo/Fynbo/Barra	Mozzarella	Baja humedad M.
Stilton etc.	Pategrás/Leerdam	Italico/Port Salut	
		Cuartirolo /Cremoso	
pH 4,6+/-0,2	pH 5,2+/-0,2	pH 4,7-5,2	pH 5,2+/-0,2
Lactococcus lactis/cremoris/diacetylactis		St.thermophilus, thermophilic Lb. (- delbrueckii	
Leuconostoc		ssp.bulgaricus/lactis y helveticus)	
A veces algunos St.thermophilus			
Mesophilic Lb. (- paracasei, curvatus, rhamnosus, plantarum etc.)		Florasecunadaria/NSLAB, Lb. rhamnosus, Pediococcus, etc.	
Para flavor también puede adicionarse Lb.helveticus.			

pH al que pueden crecer diferentes MO

MO	Min. pH / optimo	Max. pH
E.coli, Salmonelli a.o. Enterobacteria.	4-4,5 / 6-7	8-9
Listeria.	4,5-5 / 5,7-7	7-8
Micrococci/Staph.	4,5-5 / 5,5-6,5	6,5-8
Brevibacteria	5,6-5,8 / 6-7	8-9
Lactococcus Leuconostoc	4,2-4,5 / 5,5-6,5	7-8
Lactobacilli	3-3,7 / 5-5,7	7-7,5
St.thermophilus	4-4,5 / 5,7-6,5	7-8
Pediococci	3,5-4 / 5,2-6,5	7-8
Levaduras	App.1,5 / 4,5-7	8-9
Geotrichum	4-4,6 / 5,5-7	8-9
Hongos	1-2 / 5-7	10-11
Penicillium	3-4 / 5-7	9-10

aW y concentración de NaCl.

min. aW apropiado para crecimiento de MO

aW	NaCl en agua % p/v	Grupo de MO
0,99	1,7	Todos los MO pueden crecer bien
0,98	3,5	St.thermophilus; Lb.bulg. (Lc.cremoris 0,97)
0,96	7	Mayoría de las LAB (opt. 0,97-1) incl. Lc.lactis &Lb.helveticus
0,94	10	Mayoría de bacterias patógenas
0,92	13	LAB resistentes a sales y Listeria
0,90	16	La mayoría de las bacterias alteradoras incl. Listeria, Brevibacteria Geotrichum (opt. 0,95-1) P.camemberti (opt. 0,93-0,98)
0,88	19	La mayoría de las levaduras
0,86	22	Staph. aureus & S.equorum etc. para queso
0,80	30	La mayoría de los mohos, Bacterias Halomonas P.roqueforti (min. 0,83, óptimo 0,88 y por encima)
0,65		Moho Xerofílicos
0,60-0,62		Levaduras Osmofílicas

Características de las LAB/Bf más utilizadas.

Temperatura óptima, pH mín. en leche etc.

Cultivo	Morfología	T min +/-3°C	Opt. +/-2	Max +/-3	pH min +/-0,1	Ferm. Lact.	Lactato	Citrato
T St.th.	Biplococos o cocos en cadenas	15	39	50	4,0 prt+ 4,7 prt+	Homo	L+	-
T Ec.fae	Cocos	15	37	55	variable	Homo	L+	-
T Lb.helv	Bacilos	13	37	48	3,3	homo	DL	-
T Lb.del bulg/lact	Bacilos	15	41	53	3,6	homo	D -	-
T Lb.fer	Bacilos	13	40	50	3,8	hetero	DL	+/-
T Lb.acid	Bacilos	20	38	45	3,8	homo	DL	-
T Lb.rha	Bacilos	12	37	45	4,0	fac. het	L+	+
T Bf.lact	Bacilos bífidos	20	37	45	4,7	homo	L+ y acético	-
M Lb.cas	Bacilos	10	34	40	4,0	fac.het	L+	+/-
M Lb.pla	Bacilos	12	37	42	variable	fac.het	DL	-
M Lc.l	Biplococos	12	34	40	4,2	homo	L+	-
M Lc.cr	Cocci in chains	8	30	36	4,4	homo	L+	-
M Lc.dia	Biplococos o cocos en cadena	10	32	40	4,6	homo	L+	+
M Leuc	Cocos	8	30	40	>6	hetero	D -	+

MO comunmente utilizados para diferentes tipos de quesos

MO	Queso	Organismos presentes
1 <i>Lc.lactis</i> ssp. <i>lactis</i>	Duros como el Cheddar etc.	(1),2,(3,5,6,8)
2 <i>Lc.lactis</i> ssp. <i>cremoris</i>	Semiduros como el Gouda / + ojos grandes	(1),2,3 (4,5,6,7,8,9,12,13) / ídem +14
3 <i>Lc.lactis</i> ssp. <i>lactis</i> biovar <i>diacetylactis</i>	Frescos como Cottage C/ Cuartirolo, Cremoso	1,(2,3,4) / (1),2,(3,4,5)
4 <i>Leuconostoc</i> ssp. <i>lactis</i> or <i>mesenterioides</i>	Blandos como Feta / Crescenza. & bolas Mozzarella.	1,(2,3,4,5,6,7,8) / (1,3,5),6,(7,9)
5 <i>Lb.casei</i> / <i>paracasei</i> / <i>rhamnosus</i> / <i>plantarum</i>	Blandos con mohos externos como Camembert / Brie estabilizado	(1),2,3,(4,5,6,7) + 10,(12) / (1),6 (7,9) + 10,(12)
6 <i>St.thermophilus</i>	Blandos para untar (Muenster etc)	12+13,(+)/-10
7 <i>Lb.delbrueeckii</i> ssp. <i>bulg./lactis</i>	Mohos azules como Roquefort a.o.	(1),2,3,4,(5,6,7,8),11,(12,13)
8 <i>Lb.helveticus</i>	Mohos azules como Gorgonzola	(3,4,5)6,7(8),11,12,(13)
9 <i>Lb.acidophilus</i>	Pasta hilada semidura, Kashk.	(1,5),6,(7,8)
10 <i>P.camemberti</i>	Duros cocidos Grana /+Emmental	(1,3,5).6,7,8,(9),(12,13)/ditto+14
11 <i>P.roqueforti</i>		
12 Levaduras		
13 Frotis		
14 <i>Propionibacteria freudenreichii</i> ssp.		

Fermentación Láctica

Metabolismos de Lactosa por diferentes LAB

Organismo	Transporte	Vía	Enzima	Productos Mol/mol lactosa	Isómero de Lactato
Lactococci	Fosfoenolpiruvato fosfotransferasa.	Glicólisis (Gly)	P-Beta-galactosidasa	4 lactato	L+
St. thermophilus	ATP	Gly	Beta-galactosidasa	4 Lactato	L+
Thermophilic Lactobacilli	ATP	Gly	Beta-galactosidasa	4 Lactato	DL o D-
Leuconostoc	ATP?	Phosphoketolase	Beta-galactosidasa	2 Lactato + 2 Etanol+ 2 CO ₂	D-

Metabolismo de citrato en *Lc. diacetylactis*, *Leuconostoc* y algunos *Lb.*

- El Citrato se desdobla en oxalacetato y acetato mediante la citrato liasa (dependiente de Mg^{++}/Mn^{++}).
- El oxalacetato es desdoblado en piruvato y CO_2 por la oxalato decarboxilasa.
- El piruvato puede ser desdoblado en acetaldehído y CO_2 (*diacetylactis* puede realizar esto)
- El piruvato, por la acetolactato sintetasa, puede desdoblarse en acetolactato, éste por oxidación puede convertirse en Diacetilo, componente necesario para el flavor, se considera como aroma bastante frutal (pero no el único que genera todo el flavor requerido).
- El acetaldehído es un componente de flavor indeseado (pero buscado en yogur), se desdobla en diacetilo por *Leuconostoc*, y por esta razón un cultivo DL es óptimo para alcanzar un buen flavor. El *diacetylactis* genera más diacetilo y *Leuconostoc* ayuda a desdoblar el acetaldehído.
- El diacetilo será desdoblado, por la diacetil reductasa, en acetoína que es un componente con poco flavor pero que puede ser desdoblada, por la acetoína reductasa, en 2,3-butilenglicol, que da un sabor más dulce, y complementa el flavor con el diacetilo, pero que haya una reducción muy fuerte del diacetilo no es demasiado bueno.
- Para obtener un óptimo flavor, es necesario un buen control de la fermentación del citrato.

Formación de CO₂ por LAB

Volumen relativo

Volumen de gas sustrato % m/m	Volumen CO ₂ a partir Citrato	Volumen de CO ₂ de la Lactosa
0,8	-	9,5
0,5	-	5,9
0,2	12,6	2,4
0,1	6,3	1,2
0,02	1,3	0,24

(1) Volúmenes a temperatura y presión estándar (STP)

(2) No se permite que se realice para adsorción/solución

(3) Masa de queso de 18 kg

(4) Asumiendo que 3 moles de CO₂ se producen a partir de 1 mol de citrato

(5) Asumiendo que 1 mol de CO₂ se produce a partir de 1 mol de lactosa.

NC. No calculado. Niveles de citrato >0.2% m/m no son encontrados normalmente en quesos Cheddar.

Fermentación de lactato por Bacterias propiónicas

- Las bacterias propiónicas (*P. freudenreichii* ssp. *shermanii* es el comúnmente utilizado) desdobla el lactato del queso en piruvato y luego en acetato y succinato, luego el piruvato se desdobla en propianato.
- La fórmula tradicional establece que 3 moles de lactato dan 2 moles de propionato, 1 mol de Acetato, 1 mol CO₂ y 1 mol H₂O.
- En queso, se considera que el succinato residual puede encontrarse comúnmente y esto a menudo conduce a una post fermentación generando más propionato por lo que el flavor no es el óptimo en el momento de enfriamiento, tal vez se forma gas extra en este proceso. Se conoce que el succinato activa los cultivos, en la fase final puede generar gas extra y pueden generar problemas como rajaduras en los quesos.
- En quesos con residuos de citrato y exceso de CO₂, el primero puede desdoblarse en succinato con producción extra de CO₂, esto conduce a problemas como rajaduras. Se recomienda controlar la fermentación del citrato con la adición de cultivos DL o NSLAB.
- Propianato, Acetato, ácidos grasos libres de cadena corta y aminoácidos se liberan por la actividad peptidasa de PAB generando un flavor adicional típico como lo son los ojos grandes en los quesos.
- PAB son promovidos por la actividad peptidasa de *Lb.* (*Lb.lactis*) y *Lc.* (*diacetylactis*).

Cultivos y calidad de los quesos

Parámetros que influyen en el desarrollo de starters lácticos.

- Acidez/pH del queso influyen en la coagulación y en el corte del coágulo del queso, influye en la cantidad de cuajo en el queso, esto tiene un impacto directo en la textura y el flavor por la proteólisis.
- La actividad acidificante influye en la sinéresis y en la sequedad, y como consecuencia también en la textura.
- Nivel de Acidificación/pH mínimo, influyen en la textura y flavor al igual que en el color, directa o indirectamente a través de la actividad enzimática.
- La propiedad de actividad proteolítica influye en la textura y flavor – flavor principalmente de la actividad peptidasa donde especialmente la autólisis genera actividad libre peptidasa y transaminasa generando un impacto directo en el flavor.
- Producción de gas – estructura/formación de ojos intervienen en la textura.

Elaboración de queso

Posibilidades tecnológicas

- Calidad de la leche/composición (proteínas, grasas, urea, gases, flora y tiempo de premaduración de la leche cruda como así también aditivos como nitrato, CaCl_2 , CO_2 , ajuste de pH etc.)
- Tratamiento de la leche (calentamiento, homogenización y estandarización)
- Proporción de cultivos e inoculación y enzimas utilizadas, pre-maduración, tamaño de corte de cuajada, pH al corte y suero del escurrido (Ca^{++}), lavado/calentamiento/cocción, etc.
- Todas estas determinaciones:
- pH en el corte \ Min. pH \ contenido de grasa \ Sinéresis –Agua en quesos libres de grasa.
- Todo esto determina la textura y flavor antes del salado:
- Enzimas residuales y actividad de los cultivos + Salado-sal en agua
- Temperatura de maduración, humedad y gas + Calados (mohos internos)
- Cultivos de maduración en superficie (pH aumenta con NH_3) NSLAB
- Todo esto determina la maduración, la composición final, la textura y desarrollo de flavor.

Parámetros del proceso afectan la calidad del queso

Parámetros /Efectos en	1. Menor cultivo/ Menor maduración	2. (Más) Agua en la leche	3. (Mayor liberación de suero) Más agua de lavado para cuajada	4. Menor temperatura de cocción (en áreas de activación del cultivo)	2,3 y 4 juntos
Fermentación	Comienzo más lento/ Menor acidez total	=, menos acidez total	=, menos acidez total	Más rápida (menos rápido)	Más lenta/= y menos acidez total
Sinéresis/Humedad en el queso	Más lento / más alto	Un poco mayor / mayor	Un poco menor / un poco mayor	Mucho menor / Mucho mayor	Mucho menor / Mucho mayor
pH después de prensa/antes de salado (6h)	Significativamente mayor	=	=	Menor	=/menor
pH mínimo (24h)	=	Un poco mayor	Significativamente mayor	Significativamente menor	(un poco menor)

Calidad del cuajo y del queso

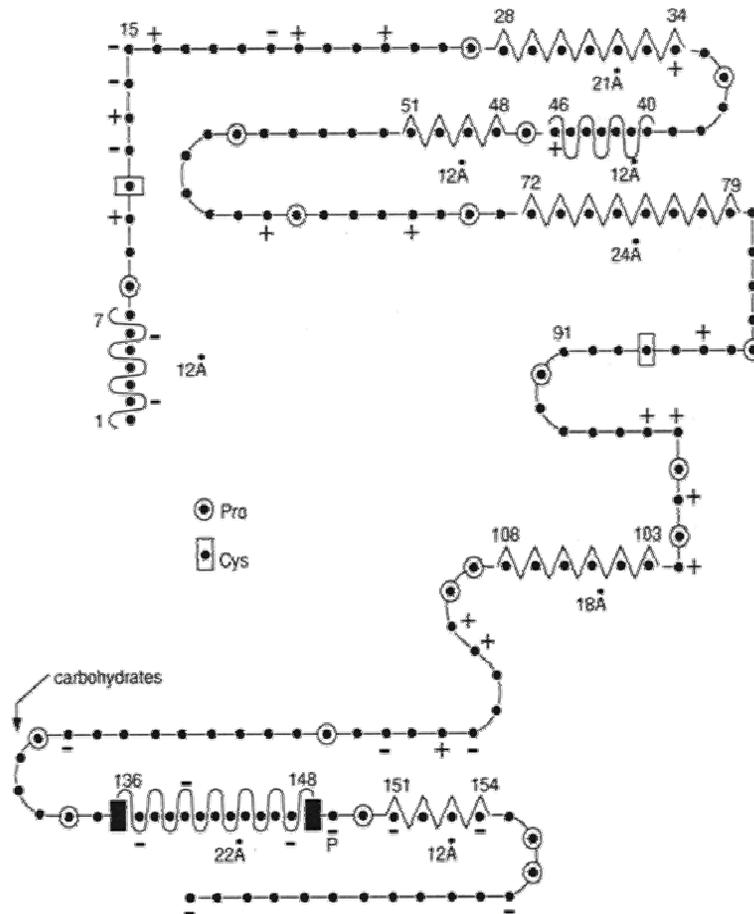
- Coagulación, gelación y sinéresis dependen de la acción del cuajo, esto está fuertemente influenciado por la acidez y por la actividad del cultivo, especialmente para el cuajo animal y la quimosina, la cantidad que se necesita depende del pH en el corte.
- La actividad proteolítica en los quesos depende del coagulante utilizado, como también en la mayoría de las Mozarellas depende del proceso de hilado de la pasta y de cocción.
- La proteólisis inicial determina las proteínas.
- La proteólisis secundaria es el factor principal en el desarrollo de la textura (y flavor), en la mayoría de los queso duros y en Mozzarella. El grado de amargor depende de la actividad del cuajo.
- Por lo tanto la maduración, la textura del queso y la estabilidad de la mozzarella son muy dependientes de la actividad del coagulante residual, que nuevamente depende de determinados parámetros como el tipo y cantidad adicionada, pH de corte y pH y temperatura en la cocción en los procesos de pasta hilada.

Factores que influyen en la retención y actividad del cuajo en el queso

Factor	Retención	Actividad
Cantidad de cuajo	superior	superior
Aditivos que disminuyen el pH o aumentan la acidez (CaCl_2 , CO_2)	superior	superior
Adición del cultivo y Actividad	superior	superior
Aumento de temperatura (no por encima de 40°C)	=	superior
Contenido de humedad en el queso	=	superior
Sal en el queso	=	decrece
Aumento de Temperatura en la maduración	=	superior

Cuajo

Corte primario



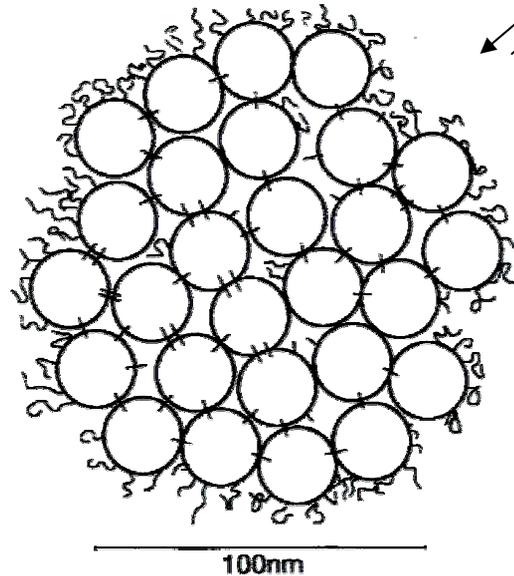
Micela de caseína

○ Submicela

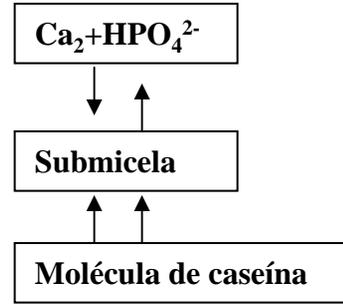
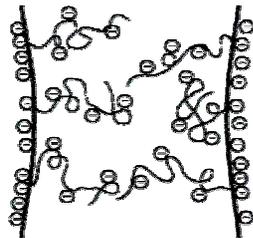
~ Macropéptido de caseína

— Uniones de fosfato de calcio

a)



c)



b)

d)

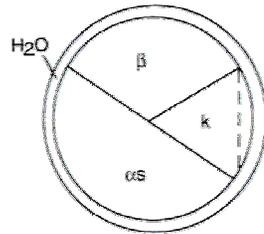


Modelo de micela de caseína:

- a) Sub-unidades periféricas con unidas entre los extremos C-terminales, segmentos de k-caseína y las uniones hechas por coloides Ca fosfato.
- b) Balance con el suero.
- c) Superficies cargadas en las micelas.
- d) Posible interacción entre la enzima y las k-caseínas.

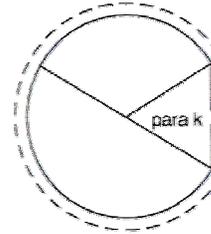
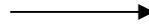
Coagulante enzimático lácteo

Primer etapa



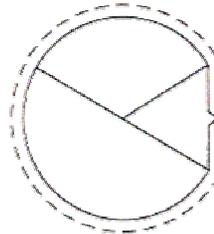
Micela de caseína +
Fosfato coloidal

+ quimosina



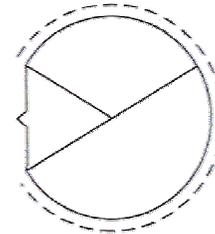
Caseinglicopéptido

Segunda etapa

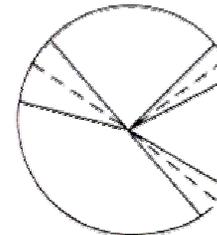
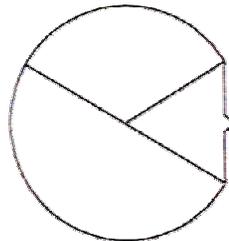
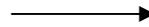


...(=O---H-) (-O-Ca-O-)

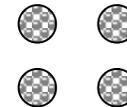
(formación de la red)



+ quimosina



+



polipéptidos

Tercer etapa

(proteólisis casuales)

Tipos de coagulantes en el mercado

Cuajo líquido	→	ternero - bovino
Cuajo en polvo	→	ternero - bovino
Cuajo en pasta	→	ternero – cordero - cabrito

**Coagulantes
microbianos**

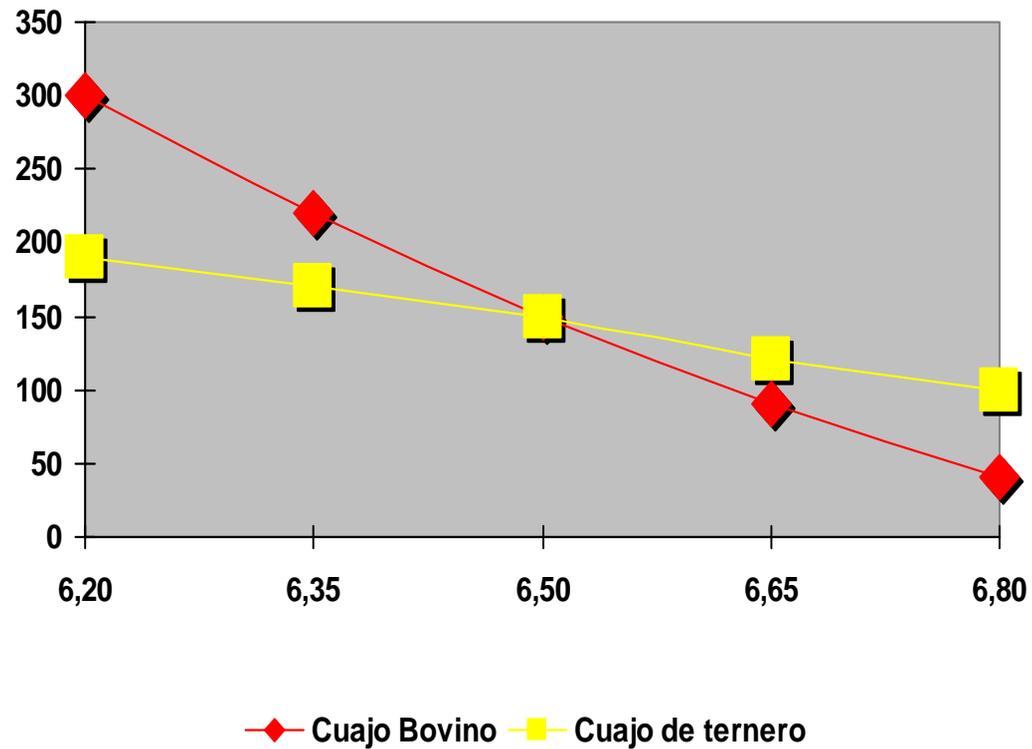
- **Rhizomucor miehei**
- **Rhizomucor pusillus**
- **Endothia parasitica**

**Quimosina a partir de
ADN recombinante**

- **Escherichia coli K 12-A**
- **Kluyveromices lactis-B**
- **Aspergillus niger-B**

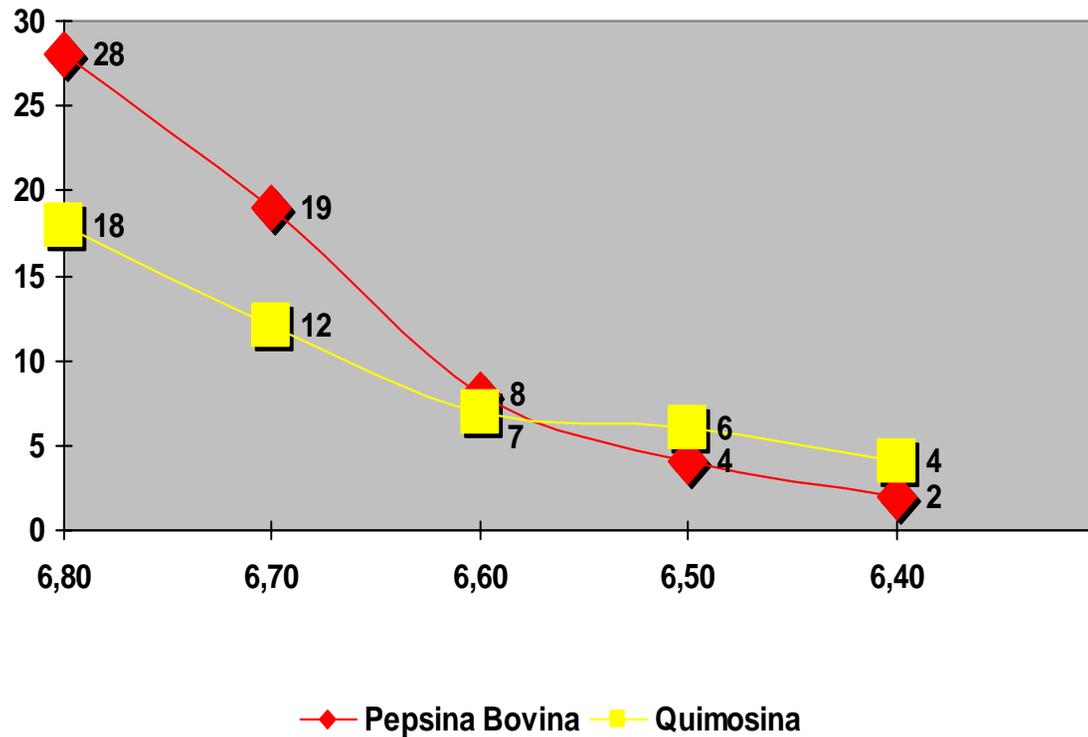
Influencia pH/actividad relativa

La influencia del pH sobre la actividad relativa de los coagulantes



Influencia del pH en el tiempo de coagulación

Tiempo de coagulación de la Pepsina y Quimosina en función del pH de la leche



Tiempo de coagulación en min./pH
concentración de cuajo constante (pH 6,5 0 20 min.)

pH	E.p	Mm	Mm XL	94-100 Quimosina	75:25 Ch:Bp	50:50 Ch.:Bp.
6,7	25	30	34	32	40	50
6,6	23	24	26	25	28	30
6,5	20	20	20	20	20	20
6,4	18	17	16	17	16	15
6,3	16	15	14	15	14	12
6,2	15	13	12	13	12	10

Cuajo en mL / % por 100L leche

concentración 1:50.000

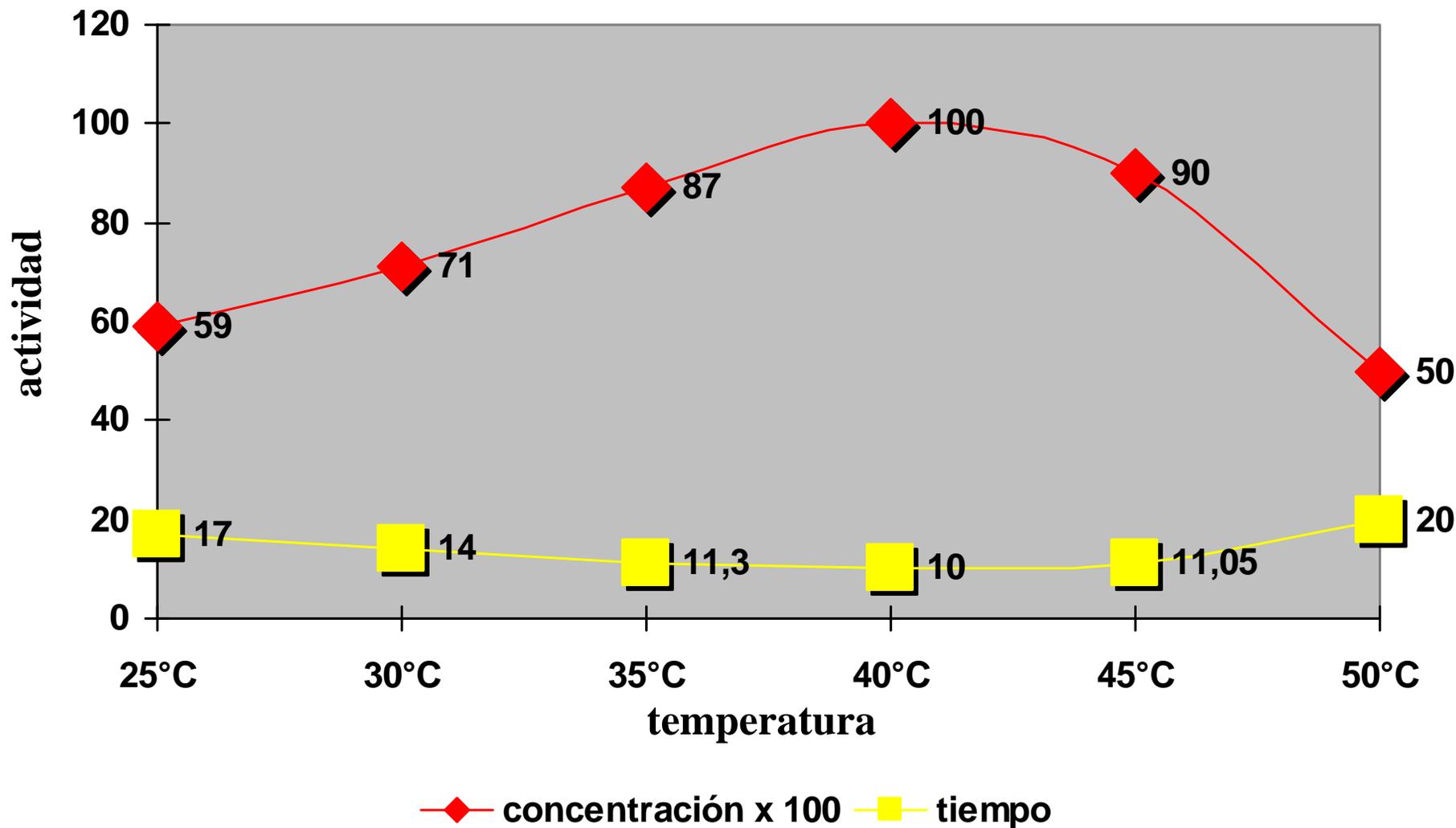
Para alcanzar 20 min. en el tiempo de coagulación a pH 6,5

pH	E.p.	Mm	Mm XI	94-100 Quimosina	75:25	50:50
6,7	4,8/125	5,7/150	6,4/168	6,0/158	7,6/200	9,4/250
6,6	4,4/115	4,6/120	5,1/134	4,4/126	5,4/140	5,6/150
6,5	3,8/100	3,8/100	3,8/100	3,8/100	3,8/100	3,8/100
6,4	3,4/ 90	3,2/ 85	2,9/ 76	3,2/ 85	3,0/ 80	2,8/ 75
6,3	3,0/ 80	2,8/ 75	2,5/ 66	2,7/ 71	2,6/ 68	2,2/ 60
6,2	2,9 /76	2,5/ 66	2,2/ 58	2,4/ 63	2,2/ 60	2,0/ 52

Tiempo de coagulación aprox. / Ca⁺⁺

% CaCl ₂ adicionado	Ep	Cal _f	Mm	Mp
0	100	100	100	100
0,05	70	60	55	45
0,10	45	35	30	25
0,15	35	30	25	20

Influencia de la temperatura en la actividad de cuajo.



Actividad relativa del cuajo

Influencia de la temperatura (pH 6,5)

°C	Ep	Ternero y Quimosina	Mm	Mm TL	Mm XL
30	90	90	80	80	80
32	100	100	100	100	100
35	110	110	115	113	112
40	120	140	150	145	120
45	95	145	180	150	100
50	10	100	200	110	20
55	1	10	190	80	10
60	<1	5	90	40	<1
65	<1	<1	40	10	<1

Recuperación de la actividad del coagulante / retención (Holmes et.al. 1977)

pH	6,6	6,6	5,2	5,2
Recuperación en el tipo de coagulante	Cuajada	Suero	Cuajada	Suero
Cuajo de ternero y quimosina	30%	70%	83%	17%
Mucor mihei	17%	83%	17%	83%

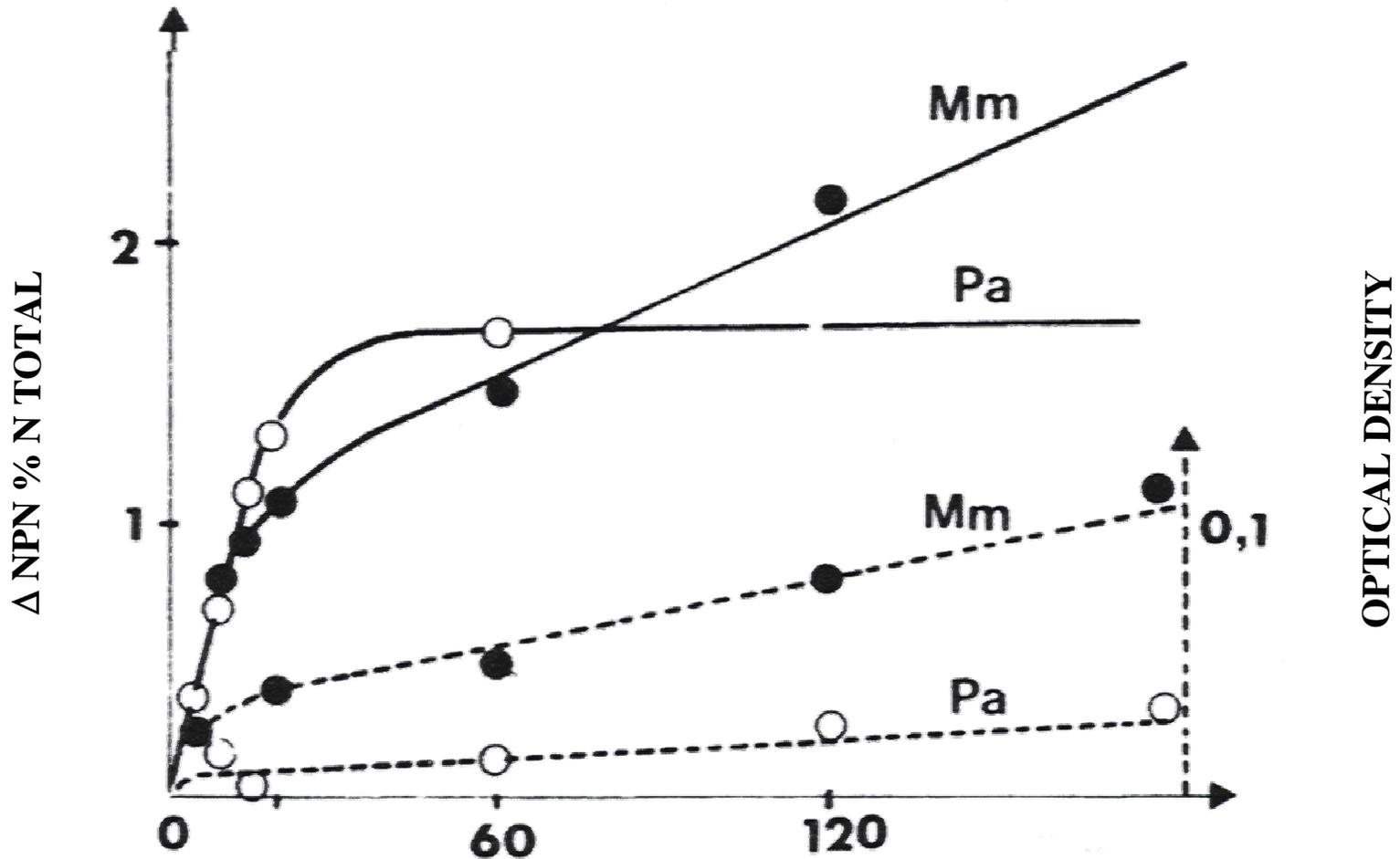
Coagulantes que permanecen activos durante la cocción (60 °C /5 min.)

pH	5,0	5,5	6,0
Tipo de coagulante			
Ep	<1%	<1%	<1%
Cuajo de ternero y quimosina	94%	60%	10%
Mm TL	99%	98%	97%
Mm XL	83%	32%	1%

Retención del cuajo en el coágulo y estabilidad de la temperatura dependiendo del pH

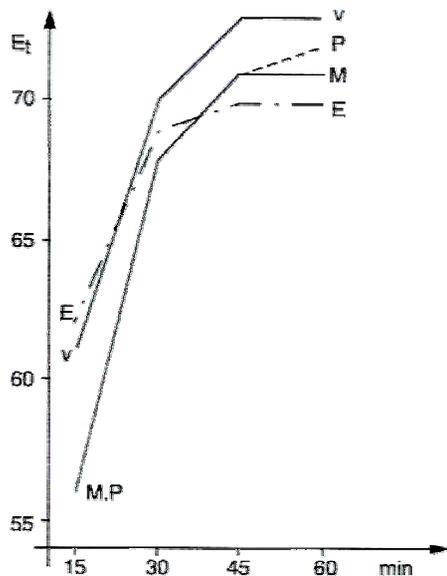
- El cuajo natural se retiene en grandes cantidades en el coágulo a bajos pH durante el corte, a pH 5,2, el 83-86% permanece la cuajada y sólo el 17-24% se elimina con el suero, pero a pH altos: 6,6, sólo el 30-31% permanece en la cuajada. Una caída en el pH de 6,6 a 6,4 es significativa para observar retención y proteólisis en los quesos!
- El cuajo es más activo en la cocción que a pH bajos, un pH 6,2, 50°C durante 20 min son suficientes para disminuir la actividad de Ep de 100 al 1,5%, y un pH 5,2, 55°C por 20 min son necesarios para disminuir la actividad. Para el coagulante Mm. XL, el cuajo de ternero y quimosina necesitan 65°C para inactivarse y a 55 °C sólo ocurre una pequeña inactivación. Para el coagulante estándar Mm aún 65 °C no son suficientes para su inactivación.
- Una disminución de pH a 5,0 es suficientemente significativa para que se mantenga la actividad del cuajo, a 55°C. Mayor proteólisis en el queso genera menor tiempo de vida útil!

Cambios en NPN y densidad óptica



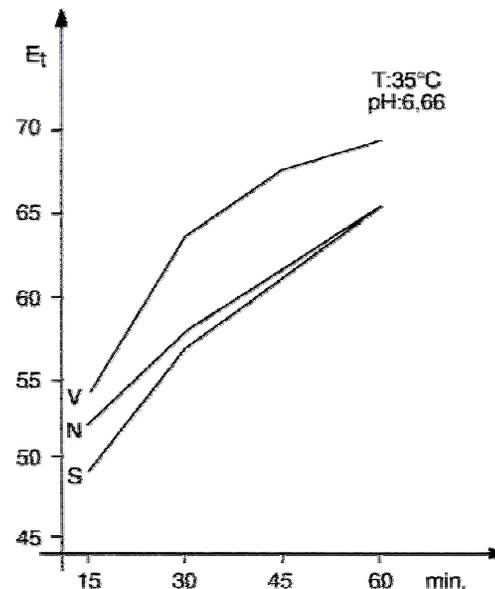
Pa) Cuajo animal Mn) Rhizomucor miehei

Producción / tipo de cuajo



Incremento en la firmeza del cuajo con el tiempo de cuajada obtenido por diferentes coagulantes en parte de leche desnatada adicionada de cultivos de suero de Grana. pH 6.3 coagulando a temperatura 33°C Tiempo de coagulación alrededor de 11'

P= R. pusillus M.= R. miehei E= E. parasitica V= cuajo de ternero



Incremento en la firmeza del cuajo vs tiempo de coagulación con diferentes coagulantes en una porción de leche desnatada adicionado con cultivo de suero fermento de Grana pH 6,66 coagulación a temperatura 35°C tiempo de coagulación time 8,30'

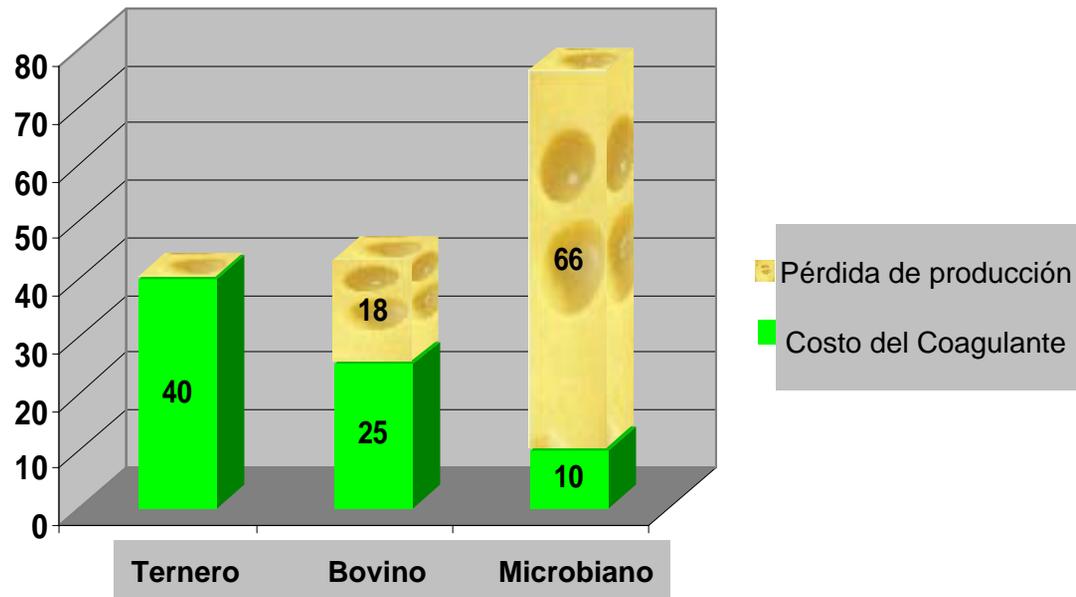
N= R. miehei S=R. miehei thermolabile V= cuajo de ternero

	Emmons (*)		Corradini (**)	
	Incremento de proteínas en el suero g/100 ml	Pérdida de producción %	Incremento de las proteínas en el suero g/100 ml	Pérdida de producción %
Pepsina bovina	0.0059			0.15
R. pusillus	0.0183	0.16	0.0038	0.64
R. miehei	0.0247	0.48	0.0159	0.36
E. parasitica	0.0451	0.65	0.0089	1.00
(*) Queso Cheddar		1.18	0.0249	
(**) Queso Grana				

Proteólisis generada por el coagulante

Tipo de coagulante	Quimosina / Pura de ternero	Pepsina bovina	M.m	M.p.	E.p.
Unión que rompe	5	10	7	7	7, también en Beta-caseína
Actividad a pH altos	Baja, muy específica	Baja, bastante específica	Medio	Medio	Alta, bastante en Beta-caseína
Actividad a pH bajos	Alta, Primero en la AlfaS1 - caseína	Muy alta, Primero en AlfaS1 - caseína	Muy alta, Inespecífica pero primero en AlfaS1	Muy alta, Inespecífica pero primero en AlfaS1	Muy alta, Inespecífica, además en B-caseína
%Disminución de producción en Gouda y Cheddar	0	0,2 (0-0,4)	0,4 (0,2-0,8)	0,6 (0,5-0,8)	1,2 (1-1,3) Más que en Mozzarella?

Pérdida de producción/costo del coagulante



Qué coagulante utilizar

- El coagulante que se va a utilizar depende del queso que se va a elaborar.
- Depende del tipo de textura, flavor, tiempo de maduración y vida útil que se pretende.
- El precio puede influir en la elección pero uno debe balancear el precio con las características buscadas en la producción del queso.
- El cuajo de ternero es generalmente el mejor pero en algunos lugares no es el elegido por el origen animal (vegetarianos, Kosher, BSE, etc), además las variaciones en el precio pueden ser importantes.
- La quimosina es generalmente un buen componente, pero en algunos lugares no se quiere utilizar por el uso de OGM además de la pérdida de flavor y porque retarda la maduración.
- La pepsina bovina es una SAM barata y puede ser una buena alternativa por esta razón, pero genera menor rendimiento y la textura del queso puede verse afectada, dando más grietas debido a la alta proteólisis.
- Coagulantes microbianos: pueden ser buenos para quesos específicos (Ep para altas cocciones o quesos de pasta hilada) y quesos frescos o quesos muy ácidos (Mm) o sin maduración (Mp) con poca vida útil. Estos productos son demandados por vegetarianos / kosher pero el costo real es mayor que el calculado debido al menor rendimiento durante la producción.