

POTENCIAL DE LA TECNOLOGÍA DE HOMOGENIZACIÓN POR ALTA PRESIÓN EN LÁCTEOS



Ing. Quím. Daniela Escobar

11^{er} Congreso Panamericano de la Leche
22-25 de marzo 2010
Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil





UBICACIÓN:

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE TEJIDOS Y URINA



MONTEVIDEO
URUGUAY







ESTRUCTURA DE LA PRESENTACION

1. INTRODUCCION A LA TECNOLOGIA DE HOMOGEGINIZACIÓN POR ALTA PRESION (HPH).

- 1.1 Historia
- 1.2 Equipos

2. EFECTO DE LA HPH EN LOS DISTINTOS COMPONENTES DE LA LECHE E INACTIVACIÓN MICROBIANA.

- 2.1 Inactivación microbiana
- 2.2 Glóbulos grasos
- 2.3 Plasmina
- 2.4 Proteínas

3. LECHE TRATADA HPH PARA LA ELABORACION DE YOGURES.

4. QUESOS ELABORADOS CON LECHE TRATADA POR HPH.

5. PROYECTO REALIZADO: EFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE HPH DE LA LECHE CRUDA Y PASTEURIZADA, EN LA ELABORACIÓN DE “QUESO FRESCO”.



¿Por que nuevas tecnologías de procesado y conservación de alimentos?

■ Consumidores

- mejor calidad
- más nutritivos
- más naturales
- más seguros
- mayor vida útil con menor cantidad de conservantes



Se quiere...

Mantener propiedades organolépticas y nutritivas.

Se buscan...

Nuevas tecnologías de tratamiento no térmico para sustituir la Pasteurización tradicional.

Homogenización por altas presiones, Irradiación, Altas presiones hidrostáticas, Pulsos eléctricos, Luz ultravioleta, Ultrasonido.



HPH

Aplicaciones

- Industria farmacéutica.
- Biotecnología.
- Nanotecnología.
- Industria de los alimentos.
 - Inactivando microorganismos en leche y jugos.
 - Estabilización de emulsiones, sabores y antimicrobianos.
 - Disminución de tamaño de macromoléculas.
 - Inactivación enzimática.
 - Cambios en textura (líquidos/subproductos).



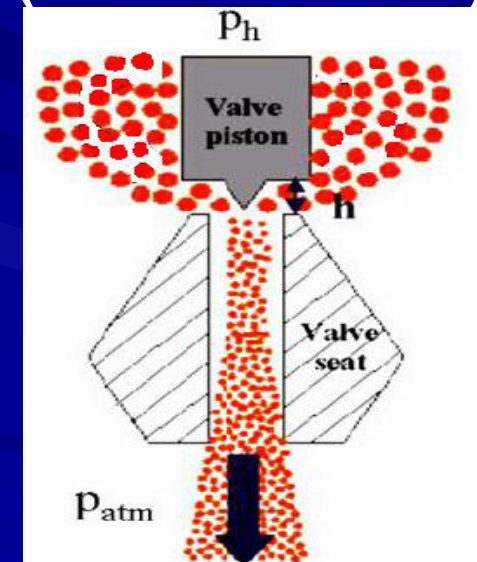
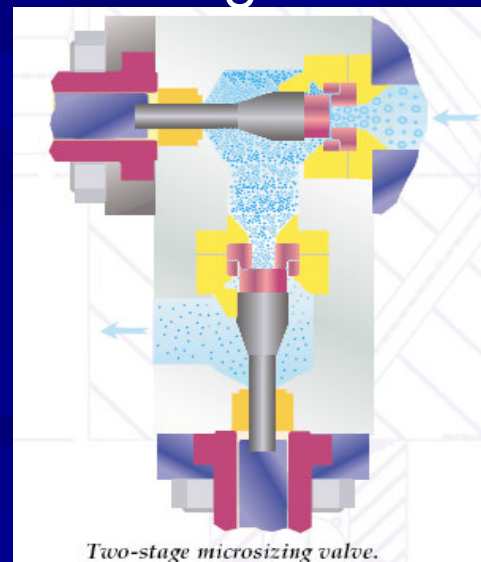
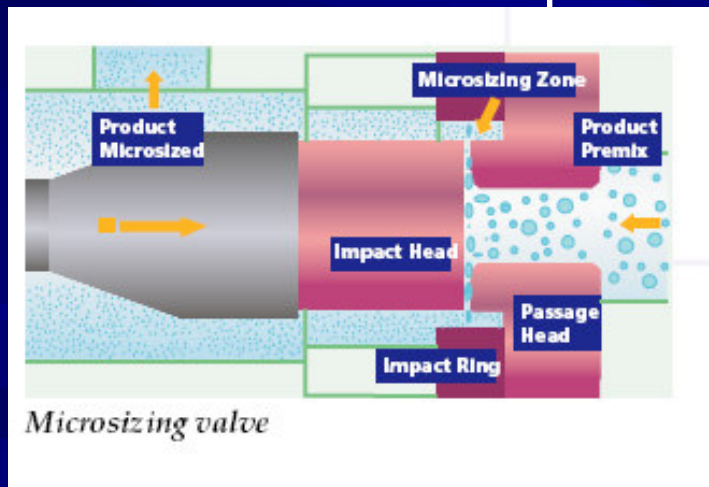
HOMOGEINIZACION

Clásica - 10 y 60 MPa (evita desnatado en almacenamiento de la leche)

Innovación - Ciencia de los materiales y el diseño de válvulas han permitido:

HPH - Alta presión de homogenización (hasta 200 MPa)

UHPH - Ultra alta presión de homogenización (200 – 400 MPa)



Fenómenos que ocurren en HPH

- alta presión
- stress de cizalla
- esfuerzo cortante
- pinzamiento
- cavitación
- ondas de choque
- incremento de temperatura
- impacto y turbulencia



Shirgaonkar, Lothe & Pandit, 1998; Flourey, Bellettre, Legrand, & Desrumaux, 2004, Hayes et al, 2005.

Equipos

Homogenizadores clásicos

Gaulin- Rannie 10 Mpa- 60Mpa y 1000 - 45000 l/h
(máx. Rannie a 100 MPa y 2500 l/h).

Homogenizadores de altas presiones

Avestin (máx. 200 MPa y 1000 l/h)

Modelo: [EmulsiFlex-C1000](#)

Capacidad: 1.000 L/h.

Presión: 30.000psi / 2.000 bar



Modelo: [EmulsiFlex-C160](#)

Capacidad: 160 L/h., indep. de presión.

Presión: 30.000psi / 2.000 bar



<http://www.avestin.com/products.html>

Niro Soavi Machine Models

The relationship between capacity and operating pressures is given in the table below.

Metric Units (GB & US)

Machine Model	Max. Pressures (bar)															Max. kW	Foot Print W x D mm
	100	120	150	180	200	250	300	350	400	450	600	700	1000	1200	1500		
	Maximum Flow Capacity (l/h)																
NS1001	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1.0	415 x 780
NS2002	55	55	55	55	55	55	55	55	55	30	30					1.5	523 x 839
NS2006L/Pony	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	35	35	5.5	790 x 1195
NS3006L/Panther	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	50	50	5.5	790 x 1195
NS2006	650	650	650	450	450	320	250	250	200	200	80	80	80	80	35	5.5	655 x 800
NS3006	1000	1000	1000	750	700	600	500	400	350	300	220	120	120	120	50	5.5	745 x 915
NS3011	3000	2700	2200	1800	1600	1300	1100	900	800	700	550					11.0	1000 x 1410
NS3015	4500	3700	3000	2500	2200	1800	1500	1200	1100	900	750	600	400	270	170	15.0	1000 x 1410
NS3024/18	5000	4600	3700	3000	2700	2200	1800	1500	1300	950	900					18.5	1000 x 1560
NS3024	7200	6000	4800	4000	3500	2700	2100	2000	1500	1000	1000	700	550	310	300	30	1000 x 1560
NS3037/30	9500	8000	6500	5400	4800	3900	3200	2700	2400	2100	1600					30	1390 x 1925
NS3037	12000	10000	8000	6700	6000	5000	4000	3400	3000	2600	2000	1700	1200	900	800	37.0	1390 x 1925
NS3075/45	12000	12000	9800	8000	7300	5800	4900	4200	3600							45.0	1470 x 2035
NS3075/55	14000	14000	12000	10000	9000	7200	6000	5100	4500	4000	2800					55.0	1470 x 2035
NS3075			14000	12000	11000	8200	7000	6000	4900	4900	3100	2000	1400	1400	1000	75.0	1470 x 2035
NS3110/90	17500	17500	17500	16000	14500	11700	9800	8400	7300	6500	4900					90.0	1800 x 2445
NS3110	22000	22000	22000	20000	18000	15000	12000	10000	8500	7400	5500	4200	2600	2600	1800	110.0	1800 x 2445
NS5132	28000	28000	28000	23900	21500	17200	14300	12200	10700	9500	7000					132.0	2010 x 2890
NS5180	37000	37000	36000	32000	28000	24000	19500	16500	14000	12000	9500	7000	5500	4200	3000	180.0	1900 x 2735
NS6200	40000	40000	40000	35000	31000	25000	21500	18500	16000	14000	10800	9000				200.0	2100 x 3090
NS8315	52000	52000	52000	48000	45000	36000	28000	25000	21000	18000	14550	11500				315.0	2350 x 3105



Homogenizadores de ultra altas presiones

Bee International (máx 300 MPa Y 1500 l/h)

Typical performance ranges:

Model	HP	Operating Pressure (PSI)	Capacity Liter/ Hour
DeBEE 2000P-20/45	20	45,000	120
DeBEE 2000P-20/20	20	20,000	250
DeBEE 2000P-50/45	50	45,000	300
DeBEE 2000P-50/20	50	20,000	650
DeBEE 2000P-100/45	100	45,000	600
DeBEE 2000P-100/20	100	20,000	1300
DeBEE 2000P-200/45	200	45,000	1200
DeBEE 2000P-200/20	200	20,000	2700
DeBEE 2000P-250/45	250	45,000	1500



http://www.beei.com/pdf/DeBEE_Production.pdf

Homogenizadores de ultra altas presiones

Stansted Fluid Power (máx 400 MPa y 120 l/h)

MODEL	MWP		FLOW l/hr NOMINAL	POWER kW
	bar	psi		
NG11300S-10-40**	4000	58000	40	7.5
NG11300S-10-30**	3000	44500	40	7.5
NG11300S-10-17**	1700	24650	80	15
nG11300T-22-40	4000	58000	90	15
nG11300T-22-30	3000	44500	120	15
nG11300T-22-17**	1700	24650	200	15

** CONTACT ANTICIPATED INTRODUCTION INTO RANGE 4th QUARTER 2007, FOR EARLIER AVAILABILITY SFP

MODEL	H		W		D		WEIGHT	
	mm	in	mm	in	mm	in	kg	lb
nG11300S	1800	71	500	20	1250	50	500	1100
nG11300T Process Module	1800	71	500	20	500	20	350	770
nG11300T Power Pack	1525	60	1300	52	750	30	750	1650



http://www.homogenizersystems.com/homogenizer_hyd_lok.html

EFECTO DE LA HPH Y UHPH EN LA LECHE

Inactivación microbiana

Ha sido ampliamente demostrada la eficacia en la reducción de la flora nativa de la leche, microorganismos patógenos y bacterias perjudiciales para la calidad de la leche.



Factores que afectan la inactivación microbiana

■ Presión de homogenización

[ruptura de la membrana celular]

a mayor presión, mayor es la reducción de la carga microbiana.

■ Temperatura de entrada de la leche

[afecta la permeabilidad de las membranas biológicas]

mayor eficacia a 20 y 24 °C que a 4 °C.

Thiebaud et al. (2003), Briñez et al. (2006a, 2006b, 2006c, 2007)

■ Equipo utilizado

[diseño de la válvula, número de pases por el equipo]

■ Tiempo de retención

■ Grasa de la leche

Controversia de los autores según sea leche entera o descremada.



Microorganismo	Tipo leche	Presión (MPa)	Te (°C)	Ciclos de Reducción log (ufc/ml)	Autores
<i>Staphylococcus. aereus</i>	entera	300	6	3,4	Briñez et al 2007
<i>Staphylococcus. aereus</i>	entera	300	20	4	Briñez et al 2007
<i>Staphylococcus carnosus</i>	entera	300	6	0	Briñez et al 2007
<i>Staphylococcus carnosus</i>	entera	300	20	3,5	Briñez et al 2007
<i>Listeria innocua</i>	entera	100-300	24	1,8	Picart et al 2006
<i>Listeria innocua</i>	0% grasa	200	28	4	Kheadr et al 2002
<i>Listeria innocua</i>	2% grasa	200	28	3	Kheadr et al 2002
<i>Listeria innocua</i>	3,4% grasa	200	28	2	Kheadr et al 2002
<i>Listeria innocua</i>	entera	300	28	4,3	Briñez et al 2006a
<i>E.coli ATCC 10536</i>	entera	300	6		Briñez et al 2006b
<i>E.coli ATCC 10536</i>	entera	300	20	4,3	Briñez et al 2006b
<i>E.coli ATCC 10536</i>	descremada	300	20	3,4	Briñez et al 2006b
<i>E. coli O 157</i>	entera	300	20	3,9	Briñez et al 2006b
<i>E. coli O 157</i>	descremada	300	20	3,5	Briñez et al 2006b
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	entera	200	10	6	Hayes et al 2005
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	entera	100-300	24	4	Picart et al. 2006
<i>Listeria monocytogenes</i>	0,3 % grasa	200	6	1,1	Roig-Sagues et al 2009
<i>Listeria monocytogenes</i>	3,6 % grasa	200	6	1,3	Roig-Sagues et al 2009
<i>Listeria monocytogenes</i>	0,3 % grasa	300-400	6	4,7	Roig-Sagues et al 2009
<i>Listeria monocytogenes</i>	3,6 % grasa	300-400	6	5,8	Roig-Sagues et al 2009
<i>Listeria monocytogenes</i>	10 % grasa	200	6	2,8	Roig-Sagues et al 2009
<i>Listeria monocytogenes</i>	10% grasa	300-400	6	7,5	Roig-Sagues et al 2009

Table 2. Microbial populations (log cfu/mL) of raw and treated milks during storage at 4°C¹

Microbial group	Day	Treatment						
		Raw	Pasteurized: 90°C for 15 s	200 MPa at 30°C	300 MPa at 30°C	100 MPa at 40°C	200 MPa at 40°C	300 MPa at 40°C
Psychrotrophs	0	4.9 ^a ± 0.1	1.4 ^b ± 0.2	1.5 ^b ± 0.6	1.6 ^b ± 0.2	4.2 ^a ± 0.5	1.5 ^b ± 0.6	1.2 ^b ± 0.6
	7		1.4 ^a ± 0.4	1.2 ^a ± 0.5	1.7 ^a ± 0.2		1.5 ^a ± 0.4	1.2 ^a ± 0.4
	14		2.7 ^b ± 0.9	2.7 ^b ± 0.9	3.7 ^a ± 0.4		3.7 ^a ± 0.6	4.1 ^a ± 0.2
	18		5.3 ^a ± 0.8	3.5 ^b ± 1.1	6.4 ^a ± 0.1		5.4 ^a ± 0.5	6.0 ^a ± 0.5
	21		5.8 ^b ± 1.2	3.8 ^c ± 0.9	6.9 ^a ± 0.3		6.7 ^a ± 0.7	7.1 ^a ± 0.4
Total bacteria	0	4.9 ^a ± 0.1	1.4 ^b ± 0.2	1.6 ^b ± 0.2	1.7 ^b ± 0.3	4.4 ^a ± 0.4	1.7 ^b ± 0.2	1.4 ^b ± 0.5
	7		1.4 ^a ± 0.4	1.4 ^a ± 0.2	1.8 ^a ± 0.2		1.5 ^a ± 0.2	1.4 ^a ± 0.4
	14		2.8 ^b ± 0.8	2.5 ^b ± 0.6	3.6 ^a ± 0.3		3.8 ^a ± 0.6	3.7 ^a ± 0.3
	18		5.2 ^a ± 0.8	3.6 ^b ± 1.1	6.3 ^a ± 0.2		5.7 ^a ± 0.2	6.2 ^a ± 0.4
	21		6.2 ^b ± 0.7	3.9 ^c ± 0.9	6.9 ^a ± 0.3		7.4 ^a ± 0.4	7.1 ^a ± 0.4
Lactococci	0	4.9 ^a ± 0.3	1.5 ^b ± 0.1	1.5 ^b ± 0.4	1.7 ^b ± 0.3		1.4 ^b ± 0.6	1.3 ^b ± 0.8
	7		1.6 ^a ± 0.2	1.4 ^a ± 0.5	1.6 ^a ± 0.2		1.4 ^a ± 0.4	1.2 ^a ± 0.5
	14		2.9 ^b ± 0.9	2.5 ^b ± 0.9	3.8 ^a ± 0.3		3.8 ^a ± 0.4	4.1 ^a ± 0.3
	18		5.1 ^b ± 0.6	3.6 ^c ± 1.0	6.2 ^a ± 0.3		5.3 ^b ± 0.7	5.9 ^{ab} ± 0.2
	21		5.6 ^b ± 1.0	3.9 ^c ± 0.7	6.6 ^a ± 0.5		7.2 ^a ± 0.5	6.9 ^a ± 0.5
Coliforms	0	3.5 ^a ± 0.3	ND ^{c2}	ND ^c	ND ^c	0.5 ^b ± 0.6	ND ^c	ND ^c
	7		ND	ND	ND		ND	ND
	14		ND	ND	ND		ND	ND
	18		ND	ND	ND		ND	ND
	21		ND	ND	ND		ND	ND
Lactobacilli	0	2.9 ^a ± 0.2	ND ^c	ND ^c	ND ^c	1.8 ^b ± 0.2	ND ^c	ND ^c
	7		ND	ND	ND		ND	ND
	14		ND	ND	ND		ND	ND
	18		ND	ND	ND		ND	ND
	21		ND	ND	ND		ND	ND
Enterococci	0	3.9 ^a ± 0.2	ND ^c	ND ^c	ND ^c	2.4 ^b ± 0.1	ND ^c	ND ^c
	7		ND	ND	ND		ND	ND
	14		ND	ND	ND		ND	ND
	18		ND	ND	ND		ND	ND
	21		ND	ND	ND		ND	ND
Spores	0	1.7 ^a ± 0.1	0.9 ^c ± 0.2	0.6 ^c ± 0.3	0.7 ^c ± 0.3	1.3 ^b ± 0.3	0.8 ^c ± 0.31	0.6 ^c ± 0.1
	7		0.8 ^a ± 0.3	0.6 ^a ± 0.2	0.8 ^a ± 0.1		0.7 ^a ± 0.19	0.5 ^a ± 0.3
	14		0.9 ^a ± 0.2	0.4 ^b ± 0.1	0.7 ^a ± 0.2		0.7 ^a ± 0.27	0.7 ^a ± 0.3
	18		0.9 ^c ± 0.2	1.0 ^c ± 0.3	1.7 ^b ± 0.2		1.5 ^b ± 1.04	2.8 ^a ± 0.6
	21		1.1 ^b ± 0.2	1.1 ^b ± 0.7	2.8 ^a ± 0.3		2.7 ^a ± 0.12	2.6 ^a ± 0.3
<i>Pseudomonas</i>	0	3.7 ^a ± 0.3	ND ^c	ND ^c	ND ^c	2.6 ^b ± 0.0	ND ^c	ND ^c
	7		ND	ND	ND		ND	ND
	14		ND	ND	ND		ND	ND
	18		ND ^c	ND ^c	ND ^c		2.1 ^b ± 2.5	4.5 ^a ± 0.2
	21		ND ^b	ND ^b	ND ^b		4.8 ^a ± 0.4	5.1 ^a ± 0.6

^{a-c}Values in the same row with different superscripts differ significant ($P < 0.05$).

¹Values are means ± standard deviations of duplicate analysis from 3 different productions.

²ND = not detected.



Microbiota nativa

■ Reducción bacterias totales

90 % en leche entera, a 200 MPa y 10 °C.
Hayes y Kelly, 2003a.

■ Inactivación de bacterias psicrotrofas y coliformes

99,9%, a 200 - 400 Mpa y 45 - 30 °C de temperatura de entrada.
Hayes et al 2005 y Pereda et al. 2007.

■ Esporas

[altamente resistentes al calor y a los tratamientos de UHPH]
reducción entre 0,8 y 1,1 ciclos logarítmicos, a 200 - 300 MPa y 30 - 40 °C
Pereda et al 2007.



Glóbulos grasos

Glóbulos grasos (1 - 10 μm). En promedio se encuentran entre el 50 y 90% del total con un diámetro de 3-6 μm .

- HPH afecta significativamente el tamaño del glóbulo graso en la leche dependiendo:
 - Presión de homogenización
 - Temperatura de entradaHayes y Kelly 2003a.
- Tamaño del glóbulo graso disminuye con el incremento de presión y de temperatura
- Arriba de los 300 MPa a temperaturas mayores de 30-40 $^{\circ}\text{C}$ se produce una agregación que aumenta el tamaño.



Zamora et al 2007 y Pereda et al.2006

Presión (MPa)	Te (°C)	etapas	Dv 0,9 (µm)	Dv 0,5 (µm)	Autor
0		1 y 2	5,9-6,2	2,9-3,0	Hayes & Kelly 2003
18	50	1 y 2	1,4	0,5	Hayes & Kelly 2003
50	6,1-8,7	1 y 2	5,5-5,7	2,0-2,3	Hayes & Kelly 2003
100	7,1	1	3,0	0,6	Hayes & Kelly 2003
100	8,9	2	1,8	0,4	Hayes & Kelly 2003
200	6,4	1	1,3	0,4	Hayes & Kelly 2003
200	9,5	2	1,07	0,4	Hayes & Kelly 2003
0		2	5,1	3,1	Pereda et al 2007
Pasteurizada y homogenizada			0,9	0,4	Pereda et al 2007
200	30-40	2	0,2-0,3	0,1	Pereda et al. 2007
300	30	2	0,3	0,1	Pereda et al. 2007
300	40	2	1,4	0,1	Pereda et al. 2007
0	-	-	5,1	3,1	Zamora et al.2007
pasteurizada			5,1	3,1	Zamora et al.2007
Pasteurizada y homogenizada	57-60		1,1	0,4	Zamora et al.2007
15 MPa					
100	30	2	0,8	0,3	Zamora et al.2007
200	30	2	0,4	0,2	Zamora et al.2007
300	30	2	0,3	0,1	Zamora et al.2007
330	30	2	5,8	0,2	Zamora et al.2007



Glóbulos grasos

Glóbulos grasos (1 - 10 μm). En promedio se encuentran entre el 50 y 90% del total con un diámetro de 3-6 μm .

- HPH afecta significativamente el tamaño del glóbulo graso en la leche dependiendo:
 - Presión de homogenización
 - Temperatura de entradaHayes y Kelly 2003a.
- Tamaño del glóbulo graso disminuye con el incremento de presión y de temperatura
- Arriba de los 300 MPa a temperaturas mayores de 30-40 $^{\circ}\text{C}$ se produce una agregación que aumenta el tamaño.



Zamora et al 2007 y Pereda et al.2006

Glóbulos grasos

Glóbulos grasos (1 - 10 μm). En promedio se encuentran entre el 50 y 90% del total con un diámetro de 3-6 μm .

- HPH afecta significativamente el tamaño del glóbulo graso en la leche dependiendo:
 - Presión de homogenización
 - Temperatura de entradaHayes y Kelly 2003a.
- Tamaño del glóbulo graso disminuye con el incremento de presión y de temperatura
- Arriba de los 300 MPa a temperaturas mayores de 30-40 $^{\circ}\text{C}$ se produce una agregación que aumenta el tamaño.



Zamora et al 2007 y Pereda et al.2006

Glóbulos grasos

Glóbulos grasos (1 - 10 μm). En promedio se encuentran entre el 50 y 90% del total con un diámetro de 3-6 μm .

- HPH afecta significativamente el tamaño del glóbulo graso en la leche dependiendo:
 - Presión de homogenización
 - Temperatura de entradaHayes y Kelly 2003a.
- Tamaño del glóbulo graso disminuye con el incremento de presión y de temperatura
- Arriba de los 300 MPa a temperaturas mayores de 30-40 $^{\circ}\text{C}$ se produce una agregación que aumenta el tamaño.



Zamora et al 2007 y Pereda et al.2006

¿ lipólisis ?

- *Se reporto un aumento en los AGL cuando se trata la leche cruda a 200 MPa y 30 °C (atribuido a que probablemente no se tuvo el tiempo y temperatura suficiente para inactivar la LPL) pero no hubo cambios en los AGL a 200 a 40 °C ni a 300 Mpa a 30-40 °C*

Pereda et al (2008a)

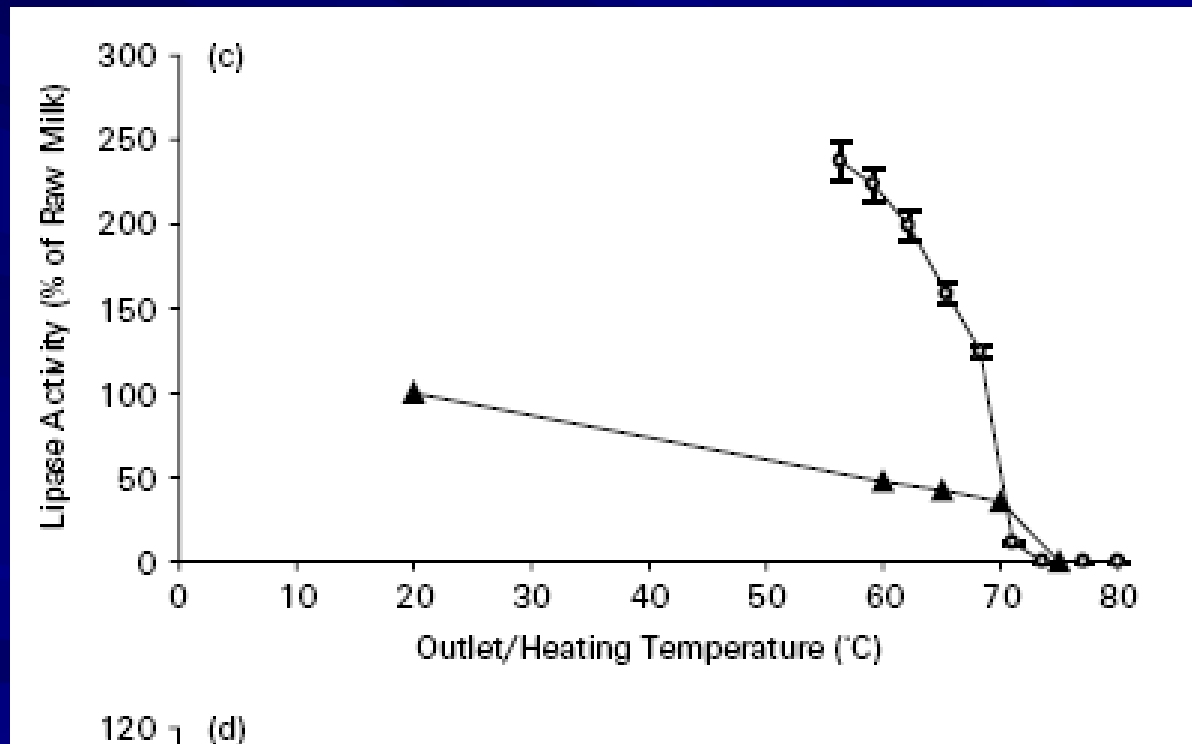
- *Por otro lado no se encontraron cambios significativos en el perfil de AGL en leche de vaca, oveja y cabra en el rango de 50 a 350 Mpa y una temperatura de 10°C.*

Rodriguez-Alca, Harte y Fontecha 2009



Fenómeno de activación/inactivación de la LPL (lipoproteína lipasa) durante el calentamiento y stress que se produce en la HPH es muy complejo y son necesarios más estudios en esta área.

Datta et al. 2005



200 MPa

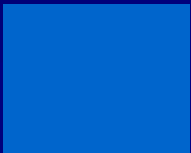


Plasmina

Tratamiento	Te (°C)	% inactivación de plasmina	Autores
Leche pasteurizada por 15 s	90	70	Pereda et al.2008
HPH 200 Mpa	30-40	45	Pereda et al.2008
HPH 300 MPa	30-40	70	Pereda et al.2008
Pasteurizada y homogeinizada	75	45	Hayes et al. 2005
HPH 150 MPa	45	85	Hayes et al. 2005
HPH 250	45	95	Hayes et al. 2005
HPH 200 MPa	25	74	Datta el al. 2005
HPH 50	50	90	Datta el al. 2005
Calentamiento de 65 a 80 °C		12-15	Datta el al. 2005

Escobar, D. 2010

Influye conjuntamente la presión del fluido y sus efectos dentro de la válvula, así como la temperatura.



Proteínas

Caseína

Existen estudios que apoyan la teoría de que el diámetro aparente de las micelas de caseínas disminuye con la aplicación de la presión desde 100 a 250 MPa

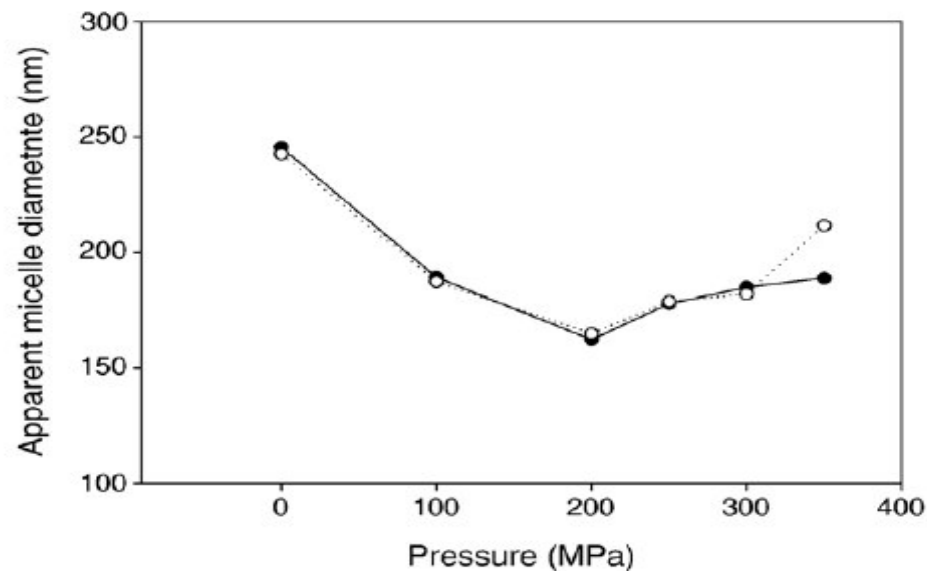


Fig. 2. Apparent micelle size of raw skim milk. Data points represent two independent experiments.

Roach y Harte 2008



Table 2

Effect of pressure and number of passes on average apparent casein micelle size and turbidity of the milk

Treatment (MPa/passes)	Size (nm)	A_{320}
Control	214.3 (1.3) ^a	1.073 (0.014) ^a
41/2	209.2 (1.6) ^{a,b}	1.030 (0.021) ^{a,b}
41/4	209.1 (0.6) ^{a,b}	1.037 (0.016) ^{a,b}
41/6	209.5 (0.6) ^{a,b}	0.928 (0.055) ^{b,c,d}
114/2	206.6 (0.6) ^{b,c}	0.977 (0.023) ^{a,b,c}
114/4	206.1 (0.6) ^{b,c}	1.004 (0.015) ^{a,b,c}
114/6	205.3 (1.3) ^{b,c}	0.986 (0.007) ^{a,b,c}
186/2	199.7 (1.6) ^{c,d}	0.935 (0.009) ^{a,b,c,d}
186/4	193.1 (1.7) ^{d,e}	0.866 (0.034) ^{c,d}
186/6	189.4 (2.6) ^e	0.831 (0.045) ^d

^{a,b,c,d,e} Values are expressed as means, with standard error in brackets ($n = 3$). Means in the same column with different superscript are significantly different ($p \leq 0.05$).

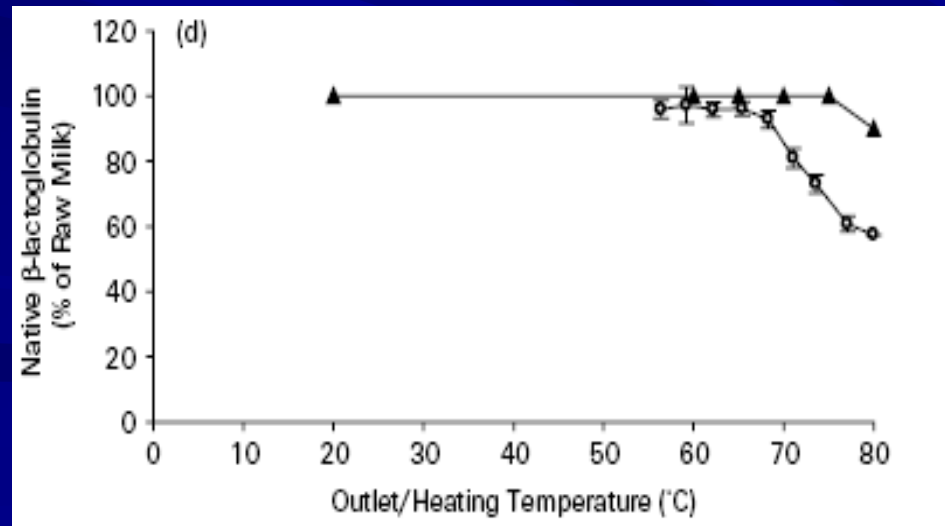


Proteínas sericas

No se ha observado desnaturalización:

- 50 y 200 MPa de HPH con una temperatura de entrada entre 6 y 10 °C . Hayes y Kelly 2003a
- 186 MPa y 25 °C Sandra y Dalgleish, 2005.

La β -Lg es resistente a la desnaturalización utilizando 200 MPa hasta que las temperaturas de salida son aproximadamente 65 °C. Datta et al. 2005



200 MPa



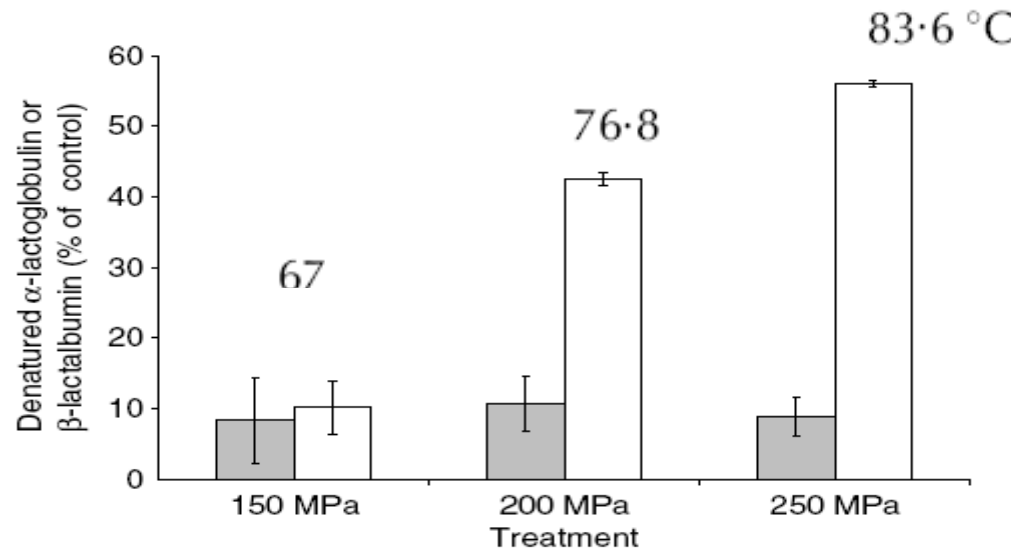


Fig. 1. Denaturation of α -lactalbumin (\blacksquare) and β -lactoglobulin (\square) in high pressure homogenised (150–250 MPa) full-fat milk. Error bars represent standard deviations of data from triplicate trials.

Hayes et al.2005

La idea de que no solamente el calor, sino que las fuerzas ocurridas durante la homogenización induce a la desnaturalización de las proteínas del suero.



Es corroborado por estudios de Hayes et al.2005 y de Zamora et al. 2007 siendo este efecto mucho menor en la α -La.

LECHE TRATADA HPH PARA LA ELABORACION DE YOGURES

- El tratamiento de la leche a 200 y 300 MPa produce yogures con menor sinéresis y geles más firmes.

Serra et al. 2007 y 2009

- Mejora de la textura y la estabilidad de los yogures sin la necesidad de uso de estabilizantes y aditivos en tratamiento combinado de HPH y pasteurización.

Hernández y Harte 2008.

- Son pocos los estudios realizados hasta el momento en la producción de yogur con leche tratada HPH o UHPH.



QUESOS ELABORADOS A PARTIR DE LECHE TRATADA POR HPH

Aumenta el rendimiento quesero comparado con el mismo tipo de queso pasteurizado.

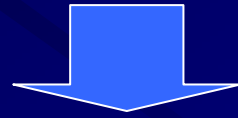
Atribuido a un aumento en la capacidad de retención de agua en las proteínas, así como una mayor retención de proteínas de suero en la cuajada.

Fue encontrado en la utilización de 100 MPa en quesos de cabra, Crescenza, Cacciota y Pecorino así como 200 Mpa en queso cheddar .

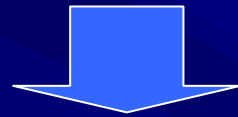
Guerzoni et al. 1999; Lanciotti et al. 2004, 2006; Vannini et al. 2008 y Burns et al. 2008 y Kheadr et al 2002.



Se produce cambio en las macromoléculas



Cambios en la microestructura del queso



Cambio en la población microbiana



Cambio en las actividades enzimáticas



Cambio en los perfiles lipolíticos y proteolíticos



Se encontraron diferencias sensoriales

Distintos tipos de quesos cacciota o un acelaramiento en la maduración.

Lanciotti et al. 2006

Queso pecorino con aroma más intensamente picante .

Vannini et al. 2008



Textura mas firme, elástica y cohesiva debido a la formación de una matriz de caseína compacta y regular en queso cheddar.

Kheadr et al. 2002



INNOVACION - NUEVOS PRODUCTOS

Otros resultados de interés....

Se reduce significativamente la acumulación de aminas biogénicas hacia el final de la maduración de los quesos cacciota y pecorino (100 MPa).

Lanciotti et al. 2007a

Se evaluó el potencial del tratamiento de HPH (100 MPa) como portador de bacteria probiótica (*Lactobacillus casei* y *Lactobacillus acidophilus*) en queso crescenza, encontrando un incremento en la viabilidad durante el almacenamiento del *L. acidophilus*. Para esta cepa fue mejor medio de transporte el queso con HPH que el pasteurizado.

Burns et al. 2008



THE UNIVERSITY of TENNESSEE



WASHINGTON STATE
UNIVERSITY



EFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE HPH EN LA LECHE CRUDA Y PASTEURIZADA PARA LA ELABORACIÓN DE “QUESO FRESCO”

Objetivo

Estudiar la utilización del tratamiento de Homogenización por Alta Presión (HPH) a la leche cruda y pasteurizada, como alternativa para la elaboración de “Queso Fresco”, según sus efectos en el rendimiento, composición y textura.

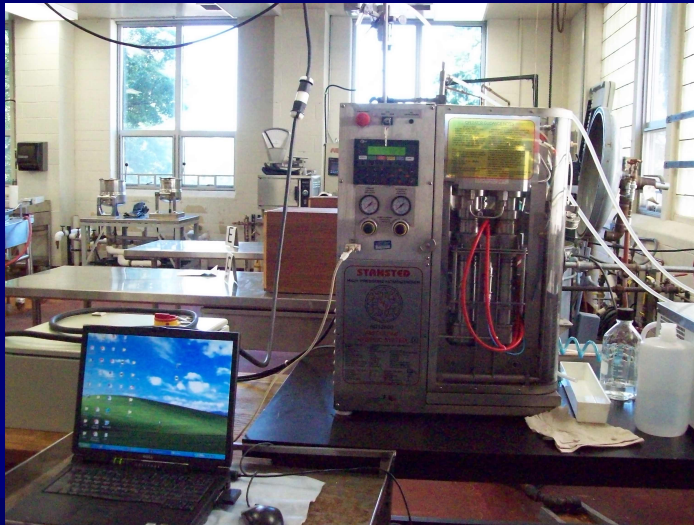
Queso Fresco

- Queso blanco, blando, salado.
- Característica principal su textura: crumbliness.
- Tradicionalmente elaborado con leche cruda.
- Interés por encontrar otras tecnologías de procesamiento, con atributos similares al queso elaborado con leche cruda, principalmente crumbliness que lo caracteriza.



Elaboración del queso

Se trató la leche cruda y pasteurizada a presiones de 0, 100, 200 y 300 MPa.



LECHE TRATADA

AGREGADO INOCULO

AGREGADO
CUAGULANTE

32 ° C. .
30 min.

CORTE CUAJADA

COCCION

38 ° C.

DESUERADO
Y SALADO

En tres
partes

PRE-PRENSADO Y
PRENSADO

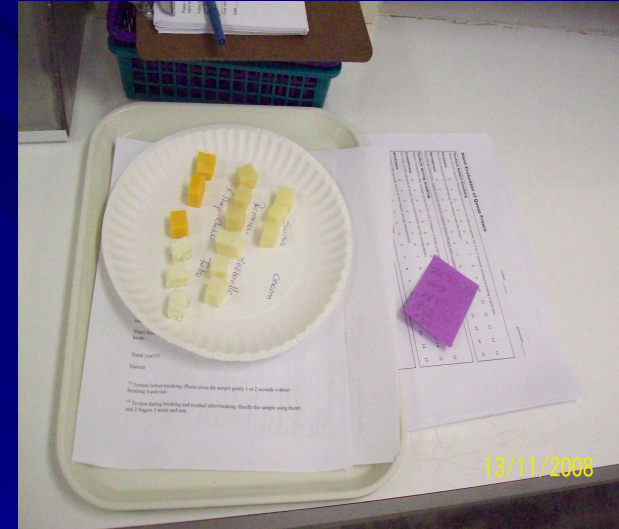
ALMACENAMIENTO

4 ° C.



Ensayos realizados

- Humedad (rendimiento)
- Electroforesis en gel
- Textura
 - Análisis sensorial
(Crumbliness, firmeza, elasticidad, pegajosidad, cohesividad, y grasa residual)
 - Análisis instrumental
(Compresión uniaxial)



Resultados Humedad y Rendimiento

		0 MPa	100 Mpa	200 MPa	300 MPa
Humedad(%)	LC	41,1 e	45,6 d	48,4 c	45,9 d
	LP	45,3 d	47,9c	49,8 b	52,3 a
Rendimiento(*)	LC	10,5 f	11,5 d	13,0 b	11,9 c
	LP	11,1 e	12,0 c	12,9 b	14,2 a

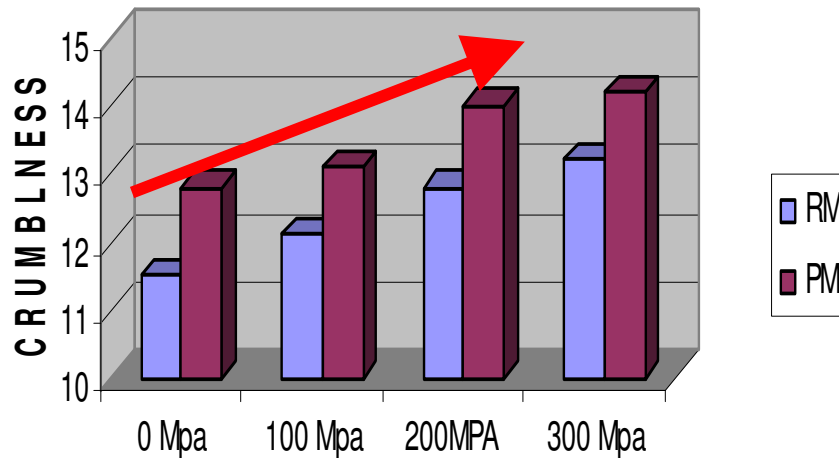
(*) Rendimiento = $100 * \text{g queso} / \text{g leche inicial}$
 a,b,c,d,e los que poseen la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).



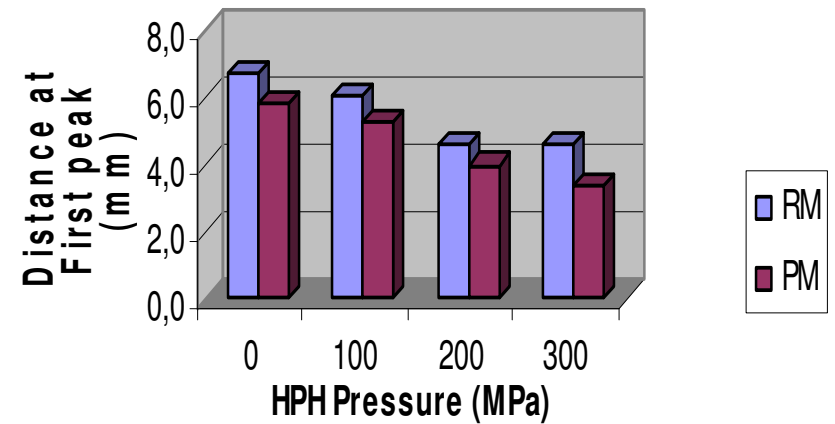
Resultados

Análisis sensorial e Instrumental

SENSORIAL CRUMLINESS



TEXTURE (Uniaxial compression)



Escala -16 puntos:

0= nada; 3 = poco; 7 = moderado; 15 = extremo

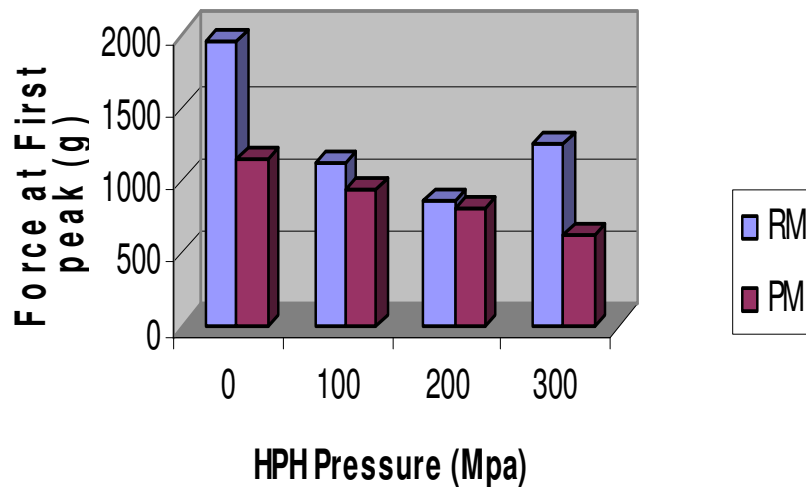


Resultados

Análisis sensorial e Instrumental

		0 MPa	100 MPa	200 MPa	300 MPa
FIRMEZA	LC	8,6 b	8,3 b	8,3 b	9,6 c
	LP	7,7 a	8,4 b	8,6 b	8,4 b

TEXTURE (Uniaxial compression)



Escala -16 puntos:

- 0 = nada;
- 3 = poco;
- 7 = moderado;
- 15 = extremo



Conclusiones

La combinación del tratamiento de pasteurización con HPH a 300 MPa resulta una interesante alternativa de procesamiento.

- Incremento de 35% en el rendimiento respecto al queso tradicional.
- Mejora de “crumbliness” de 11,5 a 14,2.



¿Potencial de HPH ?

- Potencial para sustituir la pasteurización de la leche o ser utilizada en un proceso combinado de HPH o UHPH, según las condiciones operativas y los equipos.
- Modifica la estructura molecular de la leche, lo que podría permitir la producción de distintos tipos de ingredientes funcionales



- Innovación y desarrollo de productos de nuevos productos lácteos es posibles debido a cambios en las propiedades reológicas y sensoriales que produce la leche tratada por HPH o UHPH.
- Aumento en el rendimiento quesero
- Aceleración de los tiempos de maduración.



FINALMENTE..

A medida que se realizan más investigaciones, surgen cada vez más aplicaciones de interés para esta tecnología en la industria láctea. Si bien se visualiza un alto potencial para esta tecnología y los avances de la ciencia han ido permitiendo la mejora de los equipos disponibles, aún faltan barreras que atravesar.



REFERENCIAS

- Briñez, W.J; Roig-Sagués, A.X, Hernández Herrero, M.M and Guamis-López, B. 2007. Inactivation of *Staphylococcus* spp. strains in whole milk and orange juice using ultra high pressure homogenization at inlet temperatures of 6 and 20°C. *Food Control* 18 1282–1288
- Briñez, W.J; Roig-Sagués, A.X, Hernández Herrero, M.M and Guamis-López, B. 2006a Inactivation of *Listeria innocua* in milk and orange juice by ultrahigh-pressure homogenization. *Journal of food protection* 69, 186-92
- Briñez, W.J; Roig-Sagués, A.X, Hernández Herrero, M.M and Guamis-López, B.2006b. Inactivation of two strains of *Escherichia coli* inoculated into whole and skim milk by ultrahigh-pressure homogenisation. *Le lait* 86, 241-249
- Burns, P., Patrignani, F., Serrazanetti, D., Vinderola, G.C., Reinheimer, J.A., Lanciotti, R., M., Guerzoni, M.E., 2008. Probiotic Crescenza Cheese Containing *Lactobacillus Casei* and *Lactobacillus acidophilus* Manufactured with High-Pressure Homogenized Milk. *Journal of Dairy Science* 91, 500-512.
- Datta, N., Hayes, M. G., Deeth, H. C., & Kelly, A. L. 2005. Significance of frictional heating for effects of high pressure homogenisation on milk. *Journal of Dairy Research*, 72, 393–399.
- Floury, J., Bellettre, J., Legrand, J., & Desrumaux, A. 2004. Analysis of a new type of high pressure homogeniser. A study of the flow pattern. *Chemistry Engineering Science*, 59, 843–853.
- Guerzoni, M.E., Vannini, L., Chaves-López, C., Lanciotti, R., Suzzi, G., Gianotti, A., 1999. Effect of high pressure homogenization on microbial and chemico-physical characteristics of goat cheeses. *Journal of Dairy Science* 82, 851–862.
- Hayes, M.G, Fox, P.F and Kelly A.L. 2005. Potential application of high pressure homogenization in processing of liquid milk. *J. Dairy Res.* 72: 25-33.
- Hayes, M. G. and Kelly, A.L. 2003a. High pressure homogenization of raw whole bovine milk (a) effects on fat globule size and other properties. *J. Dairy Res.*, 70:297-305.
- Hayes M. G. and Kelly.A.L 2003b. High pressure homogenisation of milk (b) effects on indigenous enzymatic activity. *J. Dairy Res.*, 70:307-313.
- Kheadr, E E, Vachon J F, Paquin, P and Fliss, I. 2002. Effect of dynamic pressure on microbiological, rheological and microstructural quality of Cheddar cheese. *International Dairy Journal* 12 435–446.

Lanciotti, R., Chaves Lopez, C., Patrignani, F., Paparella, A., Guerzoni, M.E., Serio, A., Suzzi, G. 2004. Effects of milk treatment with dynamic high pressure on microbial population as well as on the lipolytic and proteolytic profiles of Crescenza cheese. *International Journal of Dairy Technology* 57, 19–25.

Lanciotti, R., Patrignani, F., Iucci, L., Guerzoni, M.E., Suzzi, G., Belletti, N. Y Gardini, F. 2007. Effects of milk high pressure homogenization on biogenic amine accumulation during ripening of ovine and bovine italian cheeses. *Food Chemistry* 104, 693-701.

Lanciotti, R., Vannini, L., Patrignani, F., Iucci, L., Vallicelli, M., Ndagijimana, M., Guerzoni, M.E., 2006. Effects of high pressure homogenisation of milk on cheese yield and microbiology, lipolysis and proteolysis during ripening of Caciotta cheese. *Journal of Dairy Research* 76, 216-226.

Pereda J., V. Ferragut, J. M. Quevedo, B. Guamis and A. J. Trujillo. 2007. Effects of ultra-high pressure homogenization on microbial and physicochemical shelf life of milk. *J. Dairy Sci.*, 90:1081-1093

Pereda J., V. Ferragut, J. M. Quevedo, B. Guamis and A. J. Trujillo. 2008. Effects of Ultra-High-Pressure Homogenization Treatment on the Lipolysis and Lipid Oxidation of Milk during Refrigerated Storage. *J. Agric. Food Chem.* 56 (16), 7125–7130

Picart L., M. Thiebaud, M. René, J. P. Guiraud, J. C. Cheftel and E. Dumay. 2006. Effects of high pressure homogenization of raw bovine milk on alkaline phosphatase and microbial inactivation. A comparison with continuous short-time thermal treatments. *J. Dairy Res.*, 73:1-10

Rodríguez-Alcalá, L.M; Harte, F; , Fontecha, J. 2009. Fatty acid profile and CLA isomers content of cow, ewe and goat milks processed by high pressure homogenization. *Innovative Food Sci. and Emerging Techn.* 10 32–36

Roig-Sagués, X.; Velázquez, R. M ; Montealegre-Agramont, P.; López-Pedemonte, T. J.; Briñez-Zambrano, W. J.; Guamis-López, B. and Hernandez-Herrero, M. M. (2009). Fat content increases the lethality of ultra-high-pressure homogenization on *Listeria monocytogenes* in milk. *J. Dairy Sci.* 2009. 92:5396-5402.

Muchas
Gracias!!!

descobar@latu.org.uy



POTENCIAL DE LA TECNOLOGÍA DE HOMOGENIZACIÓN POR ALTA PRESIÓN EN LÁCTEOS



Ing. Quím. Daniela Escobar

11^{er} Congreso Panamericano de la Leche
22-25 de marzo 2010
Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil





UBICACIÓN:

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE TEJIDOS Y URINA



MONTEVIDEO
URUGUAY







ESTRUCTURA DE LA PRESENTACION

1. INTRODUCCION A LA TECNOLOGIA DE HOMOGEINIZACIÓN POR ALTA PRESION (HPH).

- 1.1 Historia
- 1.2 Equipos

2. EFECTO DE LA HPH EN LOS DISTINTOS COMPONENTES DE LA LECHE E INACTIVACIÓN MICROBIANA.

- 2.1 Inactivación microbiana
- 2.2 Glóbulos grasos
- 2.3 Plasmina
- 2.4 Proteínas

3. LECHE TRATADA HPH PARA LA ELABORACION DE YOGURES.

4. QUESOS ELABORADOS CON LECHE TRATADA POR HPH.

5. PROYECTO REALIZADO: EFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE HPH DE LA LECHE CRUDA Y PASTEURIZADA, EN LA ELABORACIÓN DE “QUESO FRESCO”.



¿Por que nuevas tecnologías de procesado y conservación de alimentos?

■ Consumidores

- mejor calidad
- más nutritivos
- más naturales
- más seguros
- mayor vida útil con menor cantidad de conservantes



Se quiere...

Mantener propiedades organolépticas y nutritivas.

Se buscan...

Nuevas tecnologías de tratamiento no térmico para sustituir la Pasteurización tradicional.

Homogenización por altas presiones, Irradiación, Altas presiones hidrostáticas, Pulsos eléctricos, Luz ultravioleta, Ultrasonido.



HPH

Aplicaciones

- Industria farmacéutica.
- Biotecnología.
- Nanotecnología.
- Industria de los alimentos.
 - Inactivando microorganismos en leche y jugos.
 - Estabilización de emulsiones, sabores y antimicrobianos.
 - Disminución de tamaño de macromoléculas.
 - Inactivación enzimática.
 - Cambios en textura (líquidos/subproductos).



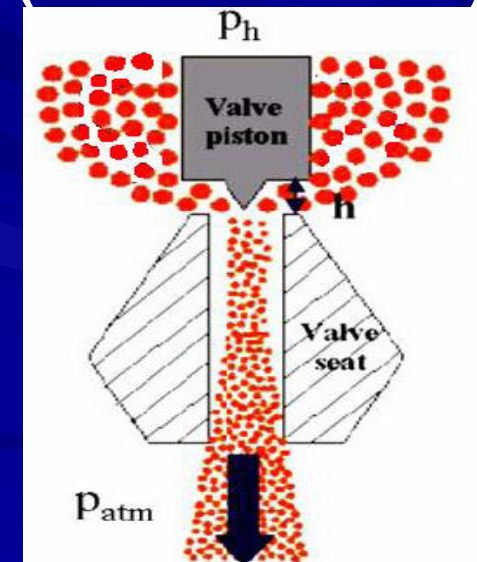
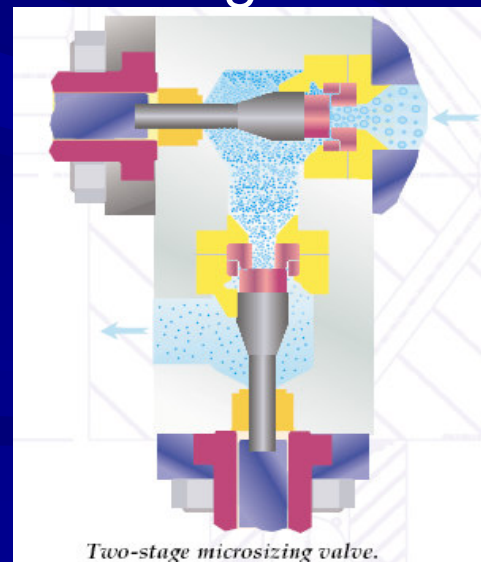
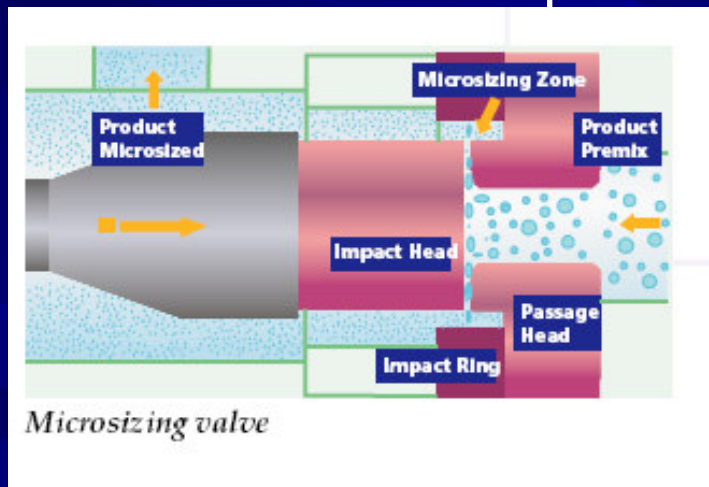
HOMOGEINIZACION

Clásica - 10 y 60 MPa (evita desnatado en almacenamiento de la leche)

Innovación - Ciencia de los materiales y el diseño de válvulas han permitido:

HPH - Alta presión de homogenización (hasta 200 MPa)

UHPH - Ultra alta presión de homogenización (200 – 400 MPa)



Fenómenos que ocurren en HPH

- alta presión
- stress de cizalla
- esfuerzo cortante
- pinzamiento
- cavitación
- ondas de choque
- incremento de temperatura
- impacto y turbulencia



Shirgaonkar, Lothe & Pandit, 1998; Flourey, Bellettre, Legrand, & Desrumaux, 2004, Hayes et al, 2005.

Equipos

Homogenizadores clásicos

Gaulin- Rannie 10 Mpa- 60Mpa y 1000 - 45000 l/h
(máx. Rannie a 100 MPa y 2500 l/h).

Homogenizadores de altas presiones

Avestin (máx. 200 MPa y 1000 l/h)

Modelo: [EmulsiFlex-C1000](#)

Capacidad: 1.000 L/h.

Presión: 30.000psi / 2.000 bar



Modelo: [EmulsiFlex-C160](#)

Capacidad: 160 L/h., indep. de presión.

Presión: 30.000psi / 2.000 bar



<http://www.avestin.com/products.html>

Niro Soavi Machine Models

The relationship between capacity and operating pressures is given in the table below.

Metric Units (GB & US)

Machine Model	Max. Pressures (bar)															Max. kW	Foot Print W x D mm
	100	120	150	180	200	250	300	350	400	450	600	700	1000	1200	1500		
	Maximum Flow Capacity (l/h)																
NS1001	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1.0	415 x 780
NS2002	55	55	55	55	55	55	55	55	55	30	30				1.5	523 x 839	
NS2006L/Pony	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	35	35	5.5	790 x 1195
NS3006L/Panther	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	50	50	5.5	790 x 1195
NS2006	650	650	650	450	450	320	250	250	200	200	80	80	80	80	35	5.5	655 x 800
NS3006	1000	1000	1000	750	700	600	500	400	350	300	220	120	120	120	50	5.5	745 x 915
NS3011	3000	2700	2200	1800	1600	1300	1100	900	800	700	550				11.0	1000 x 1410	
NS3015	4500	3700	3000	2500	2200	1800	1500	1200	1100	900	750	600	400	270	170	15.0	1000 x 1410
NS3024/18	5000	4600	3700	3000	2700	2200	1800	1500	1300	950	900				18.5	1000 x 1560	
NS3024	7200	6000	4800	4000	3500	2700	2100	2000	1500	1000	1000	700	550	310	300	30	1000 x 1560
NS3037/30	9500	8000	6500	5400	4800	3900	3200	2700	2400	2100	1600				30	1390 x 1925	
NS3037	12000	10000	8000	6700	6000	5000	4000	3400	3000	2600	2000	1700	1200	900	800	37.0	1390 x 1925
NS3075/45	12000	12000	9800	8000	7300	5800	4900	4200	3600						45.0	1470 x 2035	
NS3075/55	14000	14000	12000	10000	9000	7200	6000	5100	4500	4000	2800				55.0	1470 x 2035	
NS3075			14000	12000	11000	8200	7000	6000	4900	4900	3100	2000	1400	1400	1000	75.0	1470 x 2035
NS3110/90	17500	17500	17500	16000	14500	11700	9800	8400	7300	6500	4900				90.0	1800 x 2445	
NS3110	22000	22000	22000	20000	18000	15000	12000	1000	8500	7400	5500	4200	2600	2600	1800	110.0	1800 x 2445
NS5132	28000	28000	28000	23900	21500	17200	14300	12200	10700	9500	7000				132.0	2010 x 2890	
NS5180	37000	37000	36000	32000	28000	24000	19500	16500	14000	12000	9500	7000	5500	4200	3000	180.0	1900 x 2735
NS6200	40000	40000	40000	35000	31000	25000	21500	18500	16000	14000	10800	9000			200.0	2100 x 3090	
NS8315	52000	52000	52000	48000	45000	36000	28000	25000	21000	18000	14550	11500			315.0	2350 x 3105	



Homogenizadores de ultra altas presiones

Bee International (máx 300 MPa Y 1500 l/h)

Typical performance ranges:

Model	HP	Operating Pressure (PSI)	Capacity Liter/ Hour
DeBEE 2000P-20/45	20	45,000	120
DeBEE 2000P-20/20	20	20,000	250
DeBEE 2000P-50/45	50	45,000	300
DeBEE 2000P-50/20	50	20,000	650
DeBEE 2000P-100/45	100	45,000	600
DeBEE 2000P-100/20	100	20,000	1300
DeBEE 2000P-200/45	200	45,000	1200
DeBEE 2000P-200/20	200	20,000	2700
DeBEE 2000P-250/45	250	45,000	1500



http://www.beei.com/pdf/DeBEE_Production.pdf

Homogenizadores de ultra altas presiones

Stansted Fluid Power (máx 400 MPa y 120 l/h)

MODEL	MWP		FLOW l/hr NOMINAL	POWER kW
	bar	psi		
NG11300S-10-40**	4000	58000	40	7.5
NG11300S-10-30**	3000	44500	40	7.5
NG11300S-10-17**	1700	24650	80	15
nG11300T-22-40	4000	58000	90	15
nG11300T-22-30	3000	44500	120	15
nG11300T-22-17**	1700	24650	200	15

** CONTACT ANTICIPATED INTRODUCTION INTO RANGE 4th QUARTER 2007, FOR EARLIER AVAILABILITY SFP

MODEL	H		W		D		WEIGHT	
	mm	in	mm	in	mm	in	kg	lb
nG11300S	1800	71	500	20	1250	50	500	1100
nG11300T Process Module	1800	71	500	20	500	20	350	770
nG11300T Power Pack	1525	60	1300	52	750	30	750	1650



http://www.homogenizersystems.com/homogenizer_hyd_lok.html

EFECTO DE LA HPH Y UHPH EN LA LECHE

Inactivación microbiana

Ha sido ampliamente demostrada la eficacia en la reducción de la flora nativa de la leche, microorganismos patógenos y bacterias perjudiciales para la calidad de la leche.



Factores que afectan la inactivación microbiana

■ Presión de homogenización

[ruptura de la membrana celular]

a mayor presión, mayor es la reducción de la carga microbiana.

■ Temperatura de entrada de la leche

[afecta la permeabilidad de las membranas biológicas]

mayor eficacia a 20 y 24 °C que a 4 °C.

Thiebaud et al. (2003), Briñez et al. (2006a, 2006b, 2006c, 2007)

■ Equipo utilizado

[diseño de la válvula, número de pases por el equipo]

■ Tiempo de retención

■ Grasa de la leche

Controversia de los autores según sea leche entera o descremada.



Microorganismo	Tipo leche	Presión (MPa)	Te (°C)	Ciclos de Reducción log (ufc/ml)	Autores
<i>Staphylococcus. aereus</i>	entera	300	6	3,4	Briñez et al 2007
<i>Staphylococcus. aereus</i>	entera	300	20	4	Briñez et al 2007
<i>Staphylococcus carnosus</i>	entera	300	6	0	Briñez et al 2007
<i>Staphylococcus carnosus</i>	entera	300	20	3,5	Briñez et al 2007
<i>Listeria innocua</i>	entera	100-300	24	1,8	Picart et al 2006
<i>Listeria innocua</i>	0% grasa	200	28	4	Kheadr et al 2002
<i>Listeria innocua</i>	2% grasa	200	28	3	Kheadr et al 2002
<i>Listeria innocua</i>	3,4% grasa	200	28	2	Kheadr et al 2002
<i>Listeria innocua</i>	entera	300	28	4,3	Briñez et al 2006a
<i>E.coli ATCC 10536</i>	entera	300	6		Briñez et al 2006b
<i>E.coli ATCC 10536</i>	entera	300	20	4,3	Briñez et al 2006b
<i>E.coli ATCC 10536</i>	descremada	300	20	3,4	Briñez et al 2006b
<i>E. coli O 157</i>	entera	300	20	3,9	Briñez et al 2006b
<i>E. coli O 157</i>	descremada	300	20	3,5	Briñez et al 2006b
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	entera	200	10	6	Hayes et al 2005
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	entera	100-300	24	4	Picart et al. 2006
<i>Listeria monocytogenes</i>	0,3 % grasa	200	6	1,1	Roig-Sagues et al 2009
<i>Listeria monocytogenes</i>	3,6 % grasa	200	6	1,3	Roig-Sagues et al 2009
<i>Listeria monocytogenes</i>	0,3 % grasa	300-400	6	4,7	Roig-Sagues et al 2009
<i>Listeria monocytogenes</i>	3,6 % grasa	300-400	6	5,8	Roig-Sagues et al 2009
<i>Listeria monocytogenes</i>	10 % grasa	200	6	2,8	Roig-Sagues et al 2009
<i>Listeria monocytogenes</i>	10% grasa	300-400	6	7,5	Roig-Sagues et al 2009

Table 2. Microbial populations (log cfu/mL) of raw and treated milks during storage at 4°C¹

Microbial group	Day	Treatment						
		Raw	Pasteurized: 90°C for 15 s	200 MPa at 30°C	300 MPa at 30°C	100 MPa at 40°C	200 MPa at 40°C	300 MPa at 40°C
Psychrotrophs	0	4.9 ^a ± 0.1	1.4 ^b ± 0.2	1.5 ^b ± 0.6	1.6 ^b ± 0.2	4.2 ^a ± 0.5	1.5 ^b ± 0.6	1.2 ^b ± 0.6
	7		1.4 ^a ± 0.4	1.2 ^a ± 0.5	1.7 ^a ± 0.2		1.5 ^a ± 0.4	1.2 ^a ± 0.4
	14		2.7 ^b ± 0.9	2.7 ^b ± 0.9	3.7 ^a ± 0.4		3.7 ^a ± 0.6	4.1 ^a ± 0.2
	18		5.3 ^a ± 0.8	3.5 ^b ± 1.1	6.4 ^a ± 0.1		5.4 ^a ± 0.5	6.0 ^a ± 0.5
	21		5.8 ^b ± 1.2	3.8 ^c ± 0.9	6.9 ^a ± 0.3		6.7 ^a ± 0.7	7.1 ^a ± 0.4
Total bacteria	0	4.9 ^a ± 0.1	1.4 ^b ± 0.2	1.6 ^b ± 0.2	1.7 ^b ± 0.3	4.4 ^a ± 0.4	1.7 ^b ± 0.2	1.4 ^b ± 0.5
	7		1.4 ^a ± 0.4	1.4 ^a ± 0.2	1.8 ^a ± 0.2		1.5 ^a ± 0.2	1.4 ^a ± 0.4
	14		2.8 ^b ± 0.8	2.5 ^b ± 0.6	3.6 ^a ± 0.3		3.8 ^a ± 0.6	3.7 ^a ± 0.3
	18		5.2 ^a ± 0.8	3.6 ^b ± 1.1	6.3 ^a ± 0.2		5.7 ^a ± 0.2	6.2 ^a ± 0.4
	21		6.2 ^b ± 0.7	3.9 ^c ± 0.9	6.9 ^a ± 0.3		7.4 ^a ± 0.4	7.1 ^a ± 0.4
Lactococci	0	4.9 ^a ± 0.3	1.5 ^b ± 0.1	1.5 ^b ± 0.4	1.7 ^b ± 0.3		1.4 ^b ± 0.6	1.3 ^b ± 0.8
	7		1.6 ^a ± 0.2	1.4 ^a ± 0.5	1.6 ^a ± 0.2		1.4 ^a ± 0.4	1.2 ^a ± 0.5
	14		2.9 ^b ± 0.9	2.5 ^b ± 0.9	3.8 ^a ± 0.3		3.8 ^a ± 0.4	4.1 ^a ± 0.3
	18		5.1 ^b ± 0.6	3.6 ^c ± 1.0	6.2 ^a ± 0.3		5.3 ^b ± 0.7	5.9 ^{ab} ± 0.2
	21		5.6 ^b ± 1.0	3.9 ^c ± 0.7	6.6 ^a ± 0.5		7.2 ^a ± 0.5	6.9 ^a ± 0.5
Coliforms	0	3.5 ^a ± 0.3	ND ^{c2}	ND ^c	ND ^c	0.5 ^b ± 0.6	ND ^c	ND ^c
	7		ND	ND	ND		ND	ND
	14		ND	ND	ND		ND	ND
	18		ND	ND	ND		ND	ND
	21		ND	ND	ND		ND	ND
Lactobacilli	0	2.9 ^a ± 0.2	ND ^c	ND ^c	ND ^c	1.8 ^b ± 0.2	ND ^c	ND ^c
	7		ND	ND	ND		ND	ND
	14		ND	ND	ND		ND	ND
	18		ND	ND	ND		ND	ND
	21		ND	ND	ND		ND	ND
Enterococci	0	3.9 ^a ± 0.2	ND ^c	ND ^c	ND ^c	2.4 ^b ± 0.1	ND ^c	ND ^c
	7		ND	ND	ND		ND	ND
	14		ND	ND	ND		ND	ND
	18		ND	ND	ND		ND	ND
	21		ND	ND	ND		ND	ND
Spores	0	1.7 ^a ± 0.1	0.9 ^c ± 0.2	0.6 ^c ± 0.3	0.7 ^c ± 0.3	1.3 ^b ± 0.3	0.8 ^c ± 0.31	0.6 ^c ± 0.1
	7		0.8 ^a ± 0.3	0.6 ^a ± 0.2	0.8 ^a ± 0.1		0.7 ^a ± 0.19	0.5 ^a ± 0.3
	14		0.9 ^a ± 0.2	0.4 ^b ± 0.1	0.7 ^a ± 0.2		0.7 ^a ± 0.27	0.7 ^a ± 0.3
	18		0.9 ^c ± 0.2	1.0 ^c ± 0.3	1.7 ^b ± 0.2		1.5 ^b ± 1.04	2.8 ^a ± 0.6
	21		1.1 ^b ± 0.2	1.1 ^b ± 0.7	2.8 ^a ± 0.3		2.7 ^a ± 0.12	2.6 ^a ± 0.3
<i>Pseudomonas</i>	0	3.7 ^a ± 0.3	ND ^c	ND ^c	ND ^c	2.6 ^b ± 0.0	ND ^c	ND ^c
	7		ND	ND	ND		ND	ND
	14		ND	ND	ND		ND	ND
	18		ND ^c	ND ^c	ND ^c		2.1 ^b ± 2.5	4.5 ^a ± 0.2
	21		ND ^b	ND ^b	ND ^b		4.8 ^a ± 0.4	5.1 ^a ± 0.6

^{a-c}Values in the same row with different superscripts differ significant ($P < 0.05$).

¹Values are means ± standard deviations of duplicate analysis from 3 different productions.

²ND = not detected.



Microbiota nativa

■ Reducción bacterias totales

90 % en leche entera, a 200 MPa y 10 °C.
Hayes y Kelly, 2003a.

■ Inactivación de bacterias psicrotrofas y coliformes

99,9%, a 200 - 400 Mpa y 45 - 30 °C de temperatura de entrada.
Hayes et al 2005 y Pereda et al. 2007.

■ Esporas

[altamente resistentes al calor y a los tratamientos de UHPH]
reducción entre 0,8 y 1,1 ciclos logarítmicos, a 200 - 300 MPa y 30 - 40 °C
Pereda et al 2007.



Glóbulos grasos

Glóbulos grasos (1 - 10 μm). En promedio se encuentran entre el 50 y 90% del total con un diámetro de 3-6 μm .

- HPH afecta significativamente el tamaño del glóbulo graso en la leche dependiendo:
 - Presión de homogenización
 - Temperatura de entradaHayes y Kelly 2003a.
- Tamaño del glóbulo graso disminuye con el incremento de presión y de temperatura
- Arriba de los 300 MPa a temperaturas mayores de 30-40 $^{\circ}\text{C}$ se produce una agregación que aumenta el tamaño.
Zamora et al 2007 y Pereda et al.2006

Presión (MPa)	Te (°C)	etapas	Dv 0,9 (µm)	Dv 0,5 (µm)	Autor
0		1 y 2	5,9-6,2	2,9-3,0	Hayes & Kelly 2003
18	50	1 y 2	1,4	0,5	Hayes & Kelly 2003
50	6,1-8,7	1 y 2	5,5-5,7	2,0-2,3	Hayes & Kelly 2003
100	7,1	1	3,0	0,6	Hayes & Kelly 2003
100	8,9	2	1,8	0,4	Hayes & Kelly 2003
200	6,4	1	1,3	0,4	Hayes & Kelly 2003
200	9,5	2	1,07	0,4	Hayes & Kelly 2003
0		2	5,1	3,1	Pereda et al 2007
Pasteurizada y homogenizada			0,9	0,4	Pereda et al 2007
200	30-40	2	0,2-0,3	0,1	Pereda et al. 2007
300	30	2	0,3	0,1	Pereda et al. 2007
300	40	2	1,4	0,1	Pereda et al. 2007
0	-	-	5,1	3,1	Zamora et al.2007
pasteurizada			5,1	3,1	Zamora et al.2007
Pasteurizada y homogenizada	57-60		1,1	0,4	Zamora et al.2007
15 MPa					
100	30	2	0,8	0,3	Zamora et al.2007
200	30	2	0,4	0,2	Zamora et al.2007
300	30	2	0,3	0,1	Zamora et al.2007
330	30	2	5,8	0,2	Zamora et al.2007

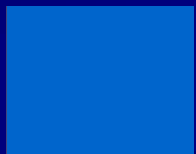
¿ lipólisis ?

- *Se reporto un aumento en los AGL cuando se trata la leche cruda a 200 MPa y 30 °C (atribuido a que probablemente no se tuvo el tiempo y temperatura suficiente para inactivar la LPL) pero no hubo cambios en los AGL a 200 a 40 °C ni a 300 Mpa a 30-40 °C*

Pereda et al (2008a)

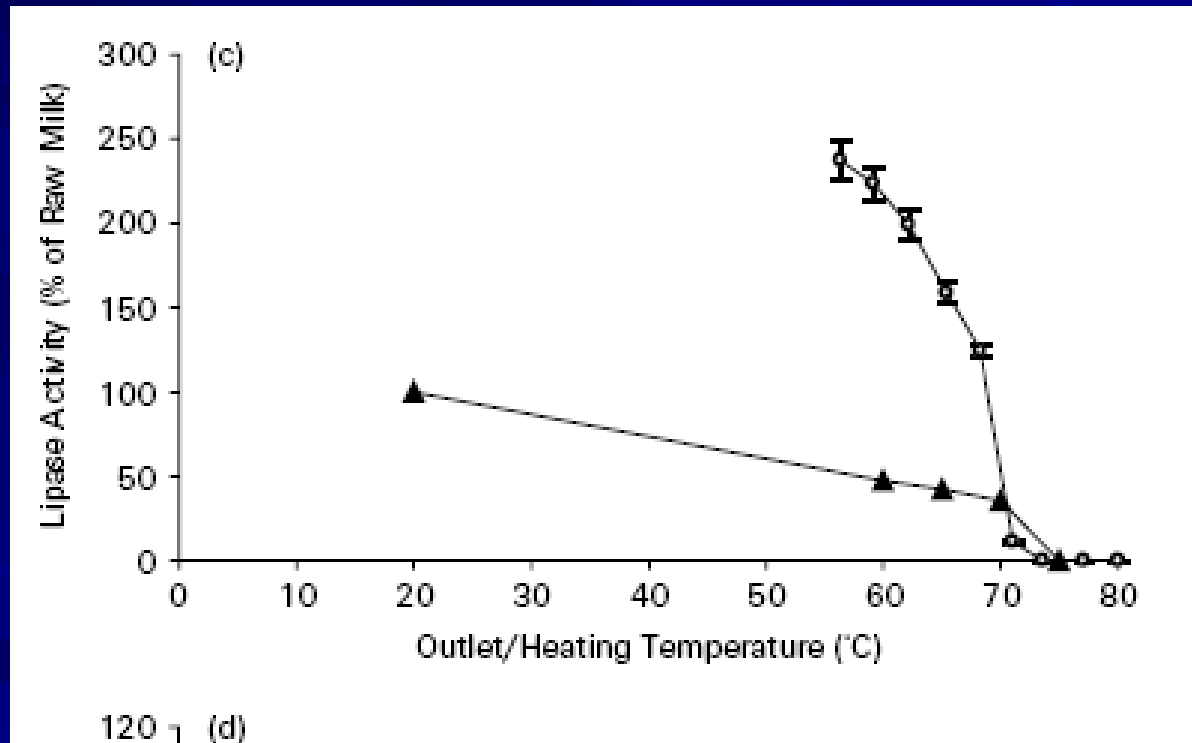
- *Por otro lado no se encontraron cambios significativos en el perfil de AGL en leche de vaca, oveja y cabra en el rango de 50 a 350 Mpa y una temperatura de 10°C.*

Rodriguez-Alca, Harte y Fontecha 2009



Fenómeno de activación/inactivación de la LPL (lipoproteína lipasa) durante el calentamiento y stress que se produce en la HPH es muy complejo y son necesarios más estudios en esta área.

Datta et al. 2005

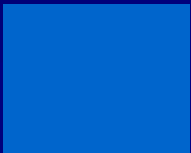


Plasmina

Tratamiento	Te (°C)	% inactivación de plasmina	Autores
Leche pasteurizada por 15 s	90	70	Pereda et al.2008
HPH 200 Mpa	30-40	45	Pereda et al.2008
HPH 300 MPa	30-40	70	Pereda et al.2008
Pasteurizada y homogeinizada	75	45	Hayes et al. 2005
HPH 150 MPa	45	85	Hayes et al. 2005
HPH 250	45	95	Hayes et al. 2005
HPH 200 MPa	25	74	Datta el al. 2005
HPH 50	50	90	Datta el al. 2005
Calentamiento de 65 a 80 °C		12-15	Datta el al. 2005

Escobar, D. 2010

Influye conjuntamente la presión del fluido y sus efectos dentro de la válvula, así como la temperatura.



Proteínas

Caseína

Existen estudios que apoyan la teoría de que el diámetro aparente de las micelas de caseínas disminuye con la aplicación de la presión desde 100 a 250 MPa

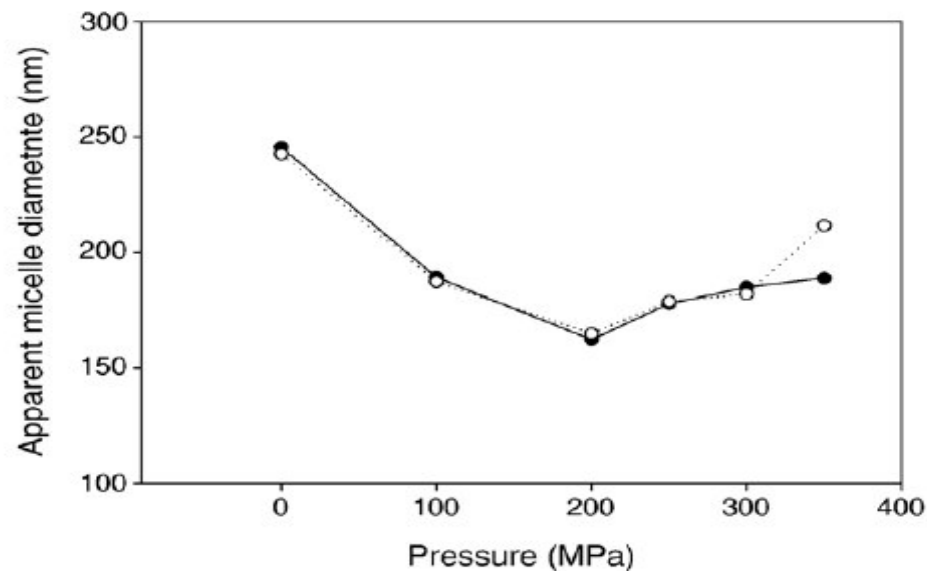


Fig. 2. Apparent micelle size of raw skim milk. Data points represent two independent experiments.

Roach y Harte 2008

Table 2

Effect of pressure and number of passes on average apparent casein micelle size and turbidity of the milk

Treatment (MPa/passes)	Size (nm)	A_{320}
Control	214.3 (1.3) ^a	1.073 (0.014) ^a
41/2	209.2 (1.6) ^{a,b}	1.030 (0.021) ^{a,b}
41/4	209.1 (0.6) ^{a,b}	1.037 (0.016) ^{a,b}
41/6	209.5 (0.6) ^{a,b}	0.928 (0.055) ^{b,c,d}
114/2	206.6 (0.6) ^{b,c}	0.977 (0.023) ^{a,b,c}
114/4	206.1 (0.6) ^{b,c}	1.004 (0.015) ^{a,b,c}
114/6	205.3 (1.3) ^{b,c}	0.986 (0.007) ^{a,b,c}
186/2	199.7 (1.6) ^{c,d}	0.935 (0.009) ^{a,b,c,d}
186/4	193.1 (1.7) ^{d,e}	0.866 (0.034) ^{c,d}
186/6	189.4 (2.6) ^e	0.831 (0.045) ^d

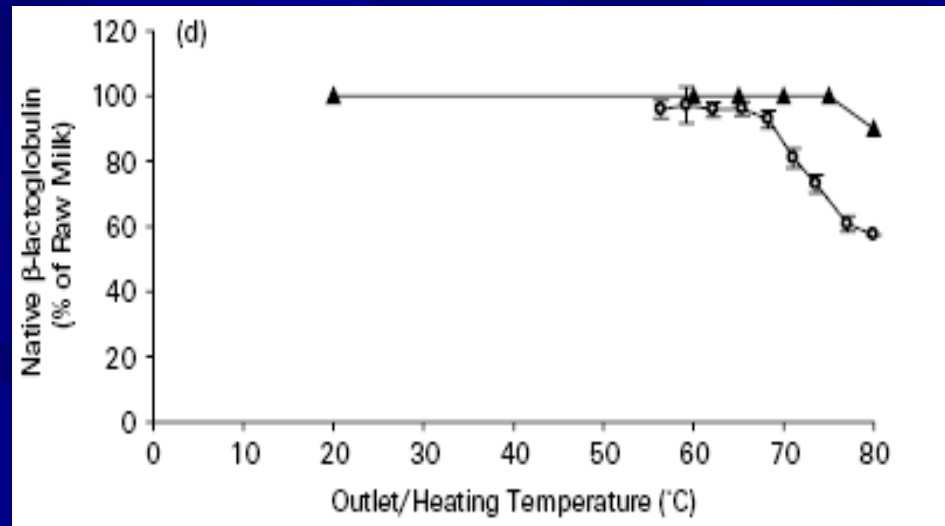
^{a,b,c,d,e} Values are expressed as means, with standard error in brackets ($n = 3$). Means in the same column with different superscript are significantly different ($p \leq 0.05$).

Proteínas sericas

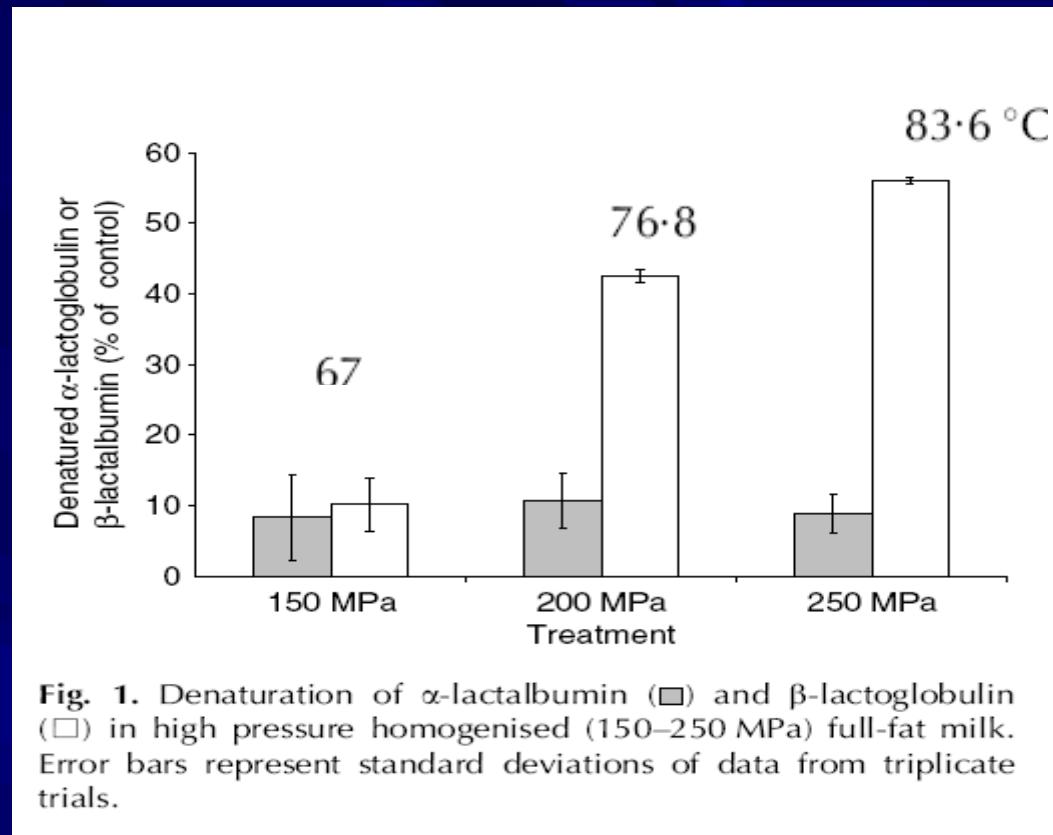
No se ha observado desnaturalización:

- 50 y 200 MPa de HPH con una temperatura de entrada entre 6 y 10 °C . Hayes y Kelly 2003a
- 186 MPa y 25 °C Sandra y Dalgleish, 2005.

La β -Lg es resistente a la desnaturalización utilizando 200 MPa hasta que las temperaturas de salida son aproximadamente 65 °C. Datta et al. 2005



200 MPa



Hayes et al.2005

La idea de que no solamente el calor, sino que las fuerzas ocurridas durante la homogenización induce a la desnaturalización de las proteínas del suero.

Es corroborado por estudios de Hayes et al.2005 y de Zamora et al. 2007 siendo este efecto mucho menor en la α -La.

LECHE TRATADA HPH PARA LA ELABORACION DE YOGURES

- El tratamiento de la leche a 200 y 300 MPa produce yogures con menor sinéresis y geles más firmes.

Serra et al. 2007 y 2009

- Mejora de la textura y la estabilidad de los yogures sin la necesidad de uso de estabilizantes y aditivos en tratamiento combinado de HPH y pasteurización.

Hernández y Harte 2008.

- Son pocos los estudios realizados hasta el momento en la producción de yogur con leche tratada HPH o UHPH.

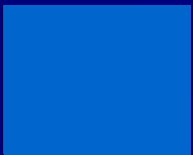
QUESOS ELABORADOS A PARTIR DE LECHE TRATADA POR HPH

Aumenta el rendimiento quesero comparado con el mismo tipo de queso pasteurizado.

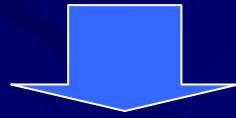
Atribuido a un aumento en la capacidad de retención de agua en las proteínas, así como una mayor retención de proteínas de suero en la cuajada.

Fue encontrado en la utilización de 100 MPa en quesos de cabra, Crescenza, Cacciota y Pecorino así como 200 Mpa en queso cheddar .

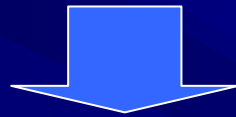
Guerzoni et al. 1999; Lanciotti et al. 2004, 2006; Vannini et al. 2008 y Burns et al. 2008 y Kheadr et al 2002.



Se produce cambio en las macromoléculas



Cambios en la microestructura del queso



Cambio en la población microbiana



Cambio en las actividades enzimáticas



Cambio en los perfiles lipolíticos y proteolíticos



Se encontraron diferencias sensoriales

Distintos tipos de quesos cacciota o un acelaramiento en la maduración.

Lanciotti et al. 2006

Queso pecorino con aroma más intensamente picante .

Vannini et al. 2008



Textura mas firme, elástica y cohesiva debido a la formación de una matriz de caseína compacta y regular en queso cheddar.

Kheadr et al. 2002

INNOVACION - NUEVOS PRODUCTOS

Otros resultados de interés....

Se reduce significativamente la acumulación de aminas biogénicas hacia el final de la maduración de los quesos cacciota y pecorino (100 MPa).

Lanciotti et al. 2007a

Se evaluó el potencial del tratamiento de HPH (100 MPa) como portador de bacteria probiótica (*Lactobacillus casei* y *Lactobacillus acidophilus*) en queso crescenza, encontrando un incremento en la viabilidad durante el almacenamiento del *L. acidophilus*. Para esta cepa fue mejor medio de transporte el queso con HPH que el pasteurizado.

Burns et al. 2008



EFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE HPH EN LA LECHE CRUDA Y PASTEURIZADA PARA LA ELABORACIÓN DE “QUESO FRESCO”

Objetivo

Estudiar la utilización del tratamiento de Homogenización por Alta Presión (HPH) a la leche cruda y pasteurizada, como alternativa para la elaboración de “Queso Fresco”, según sus efectos en el rendimiento, composición y textura.

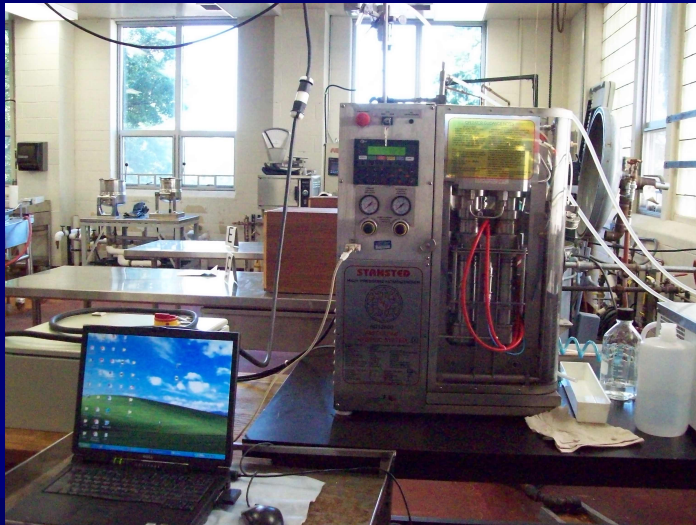
Queso Fresco

- Queso blanco, blando, salado.
- Característica principal su textura: crumbliness.
- Tradicionalmente elaborado con leche cruda.
- Interés por encontrar otras tecnologías de procesamiento, con atributos similares al queso elaborado con leche cruda, principalmente crumbliness que lo caracteriza.



Elaboración del queso

Se trató la leche cruda y pasteurizada a presiones de 0, 100, 200 y 300 MPa.



LECHE TRATADA

AGREGADO INOCULO

AGREGADO
CUAGULANTE

32 ° C. .
30 min.

CORTE CUAJADA

COCCION

38 ° C.

DESUERADO
Y SALADO

En tres
partes

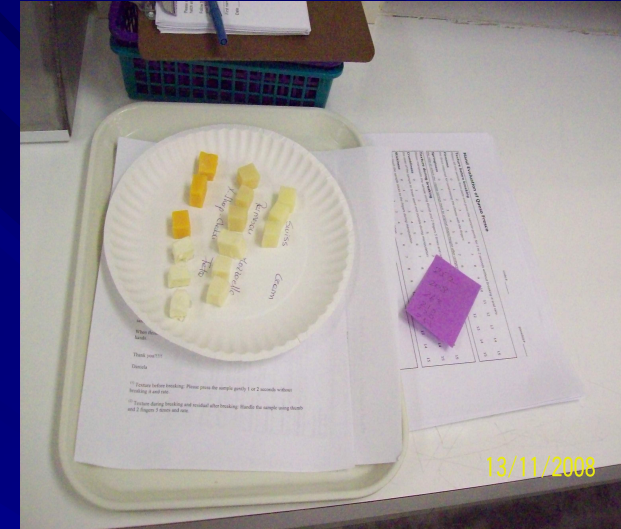
PRE-PRENSADO Y
PRENSADO

ALMACENAMIENTO

4 ° C.

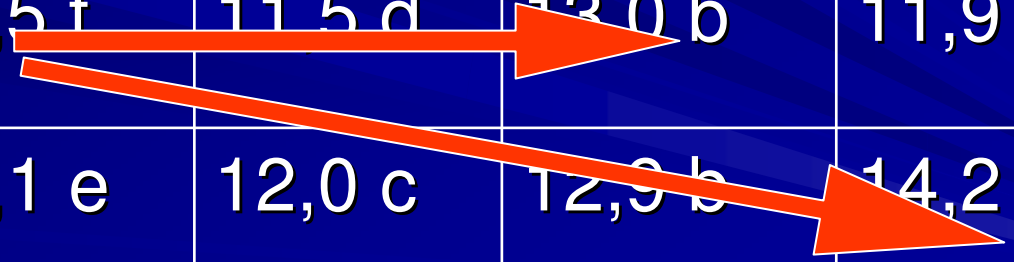
Ensayos realizados

- Humedad (rendimiento)
- Electroforesis en gel
- Textura
 - Análisis sensorial
(Crumbliness, firmeza, elasticidad, pegajosidad, cohesividad, y grasa residual)
 - Análisis instrumental
(Compresión uniaxial)



Resultados Humedad y Rendimiento

		0 MPa	100 Mpa	200 MPa	300 MPa
Humedad(%)	LC	41,1 e	45,6 d	48,4 c	45,9 d
	LP	45,3 d	47,9c	49,8 b	52,3 a
Rendimiento(*)	LC	10,5 f	11,5 d	13,0 b	11,9 c
	LP	11,1 e	12,0 c	12,9 b	14,2 a

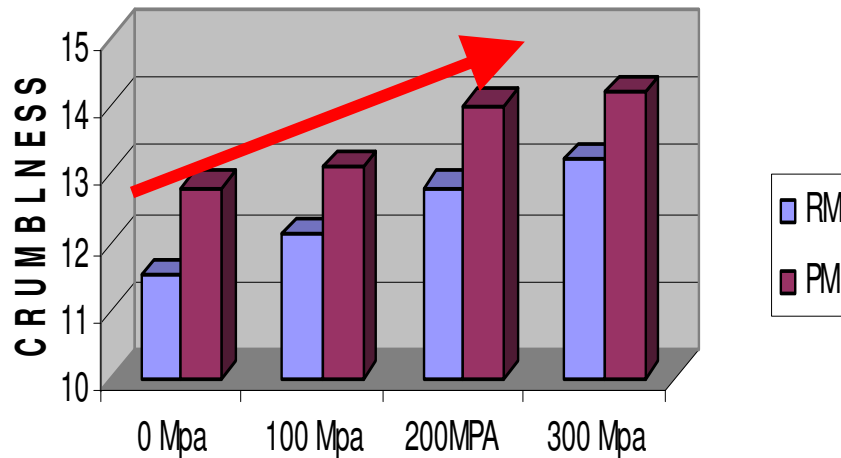


(*) Rendimiento = $100 * \text{g queso} / \text{g leche inicial}$
 a,b,c,d,e los que poseen la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

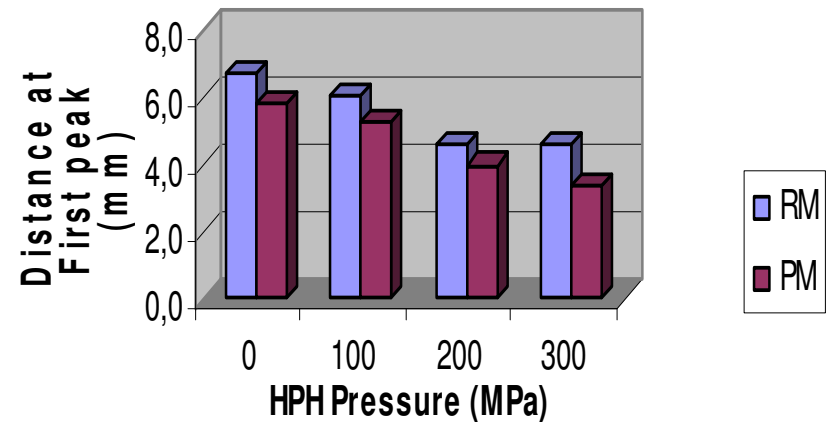
Resultados

Análisis sensorial e Instrumental

SENSORIAL CRUMLINESS



TEXTURE (Uniaxial compression)



Escala -16 puntos:

0= nada; 3 = poco; 7 = moderado; 15 = extremo

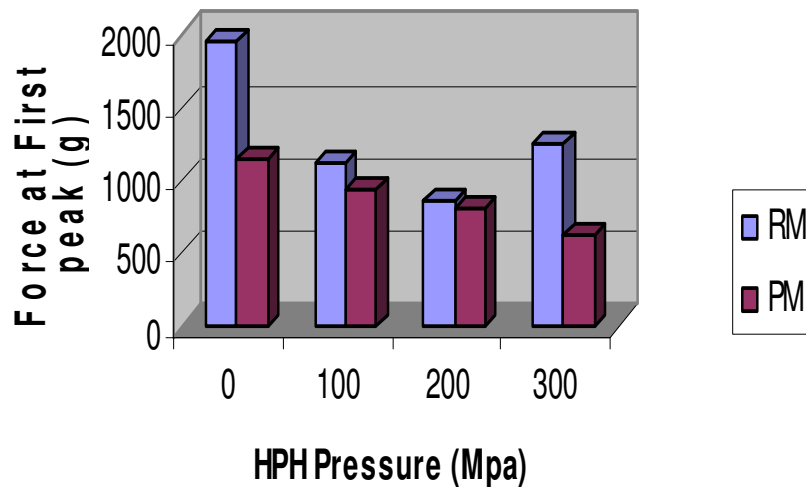


Resultados

Análisis sensorial e Instrumental

		0 MPa	100 MPa	200 MPa	300 MPa
FIRMEZA	LC	8,6 b	8,3 b	8,3 b	9,6 c
	LP	7,7 a	8,4 b	8,6 b	8,4 b

TEXTURE (Uniaxial compression)



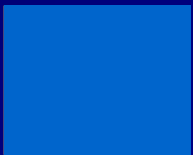
Escala -16 puntos:

0 = nada;
 3 = poco;
 7 = moderado;
 15 = extremo

Conclusiones

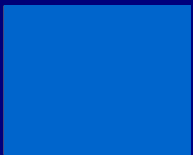
La combinación del tratamiento de pasteurización con HPH a 300 MPa resulta una interesante alternativa de procesamiento.

- Incremento de 35% en el rendimiento respecto al queso tradicional.
- Mejora de “crumbliness” de 11,5 a 14,2.



¿Potencial de HPH ?

- Potencial para sustituir la pasteurización de la leche o ser utilizada en un proceso combinado de HPH o UHPH, según las condiciones operativas y los equipos.
- Modifica la estructura molecular de la leche, lo que podría permitir la producción de distintos tipos de ingredientes funcionales



- Innovación y desarrollo de productos de nuevos productos lácteos es posibles debido a cambios en las propiedades reológicas y sensoriales que produce la leche tratada por HPH o UHPH.
- Aumento en el rendimiento quesero
- Aceleración de los tiempos de maduración.



FINALMENTE..

A medida que se realizan más investigaciones, surgen cada vez más aplicaciones de interés para esta tecnología en la industria láctea. Si bien se visualiza un alto potencial para esta tecnología y los avances de la ciencia han ido permitiendo la mejora de los equipos disponibles, aún faltan barreras que atravesar.



REFERENCIAS

- Briñez, W.J; Roig-Sagués, A.X, Hernández Herrero, M.M and Guamis-López, B. 2007. Inactivation of *Staphylococcus* spp. strains in whole milk and orange juice using ultra high pressure homogenization at inlet temperatures of 6 and 20°C. *Food Control* 18 1282–1288
- Briñez, W.J; Roig-Sagués, A.X, Hernández Herrero, M.M and Guamis-López, B. 2006a Inactivation of *Listeria innocua* in milk and orange juice by ultrahigh-pressure homogenization. *Journal of food protection* 69, 186-92
- Briñez, W.J; Roig-Sagués, A.X, Hernández Herrero, M.M and Guamis-López, B.2006b. Inactivation of two strains of *Escherichia coli* inoculated into whole and skim milk by ultrahigh-pressure homogenisation. *Le lait* 86, 241-249
- Burns, P., Patrignani, F., Serrazanetti, D., Vinderola, G.C., Reinheimer, J.A., Lanciotti, R., M., Guerzoni, M.E., 2008. Probiotic Crescenza Cheese Containing *Lactobacillus Casei* and *Lactobacillus acidophilus* Manufactured with High-Pressure Homogenized Milk. *Journal of Dairy Science* 91, 500-512.
- Datta, N., Hayes, M. G., Deeth, H. C., & Kelly, A. L. 2005. Significance of frictional heating for effects of high pressure homogenisation on milk. *Journal of Dairy Research*, 72, 393–399.
- Floury, J., Bellettre, J., Legrand, J., & Desrumaux, A. 2004. Analysis of a new type of high pressure homogeniser. A study of the flow pattern. *Chemistry Engineering Science*, 59, 843–853.
- Guerzoni, M.E., Vannini, L., Chaves-López, C., Lanciotti, R., Suzzi, G., Gianotti, A., 1999. Effect of high pressure homogenization on microbial and chemico-physical characteristics of goat cheeses. *Journal of Dairy Science* 82, 851–862.
- Hayes, M.G, Fox, P.F and Kelly A.L. 2005. Potential application of high pressure homogenization in processing of liquid milk. *J. Dairy Res.* 72: 25-33.
- Hayes, M. G. and Kelly, A.L. 2003a. High pressure homogenization of raw whole bovine milk (a) effects on fat globule size and other properties. *J. Dairy Res.*, 70:297-305.
- Hayes M. G. and Kelly.A.L 2003b. High pressure homogenisation of milk (b) effects on indigenous enzymatic activity. *J. Dairy Res.*, 70:307-313.
- Kheadr, E E, Vachon J F, Paquin, P and Fliss, I. 2002. Effect of dynamic pressure on microbiological, rheological and microstructural quality of Cheddar cheese. *International Dairy Journal* 12 435–446.

Lanciotti, R., Chaves Lopez, C., Patrignani, F., Paparella, A., Guerzoni, M.E., Serio, A., Suzzi, G. 2004. Effects of milk treatment with dynamic high pressure on microbial population as well as on the lipolytic and proteolytic profiles of Crescenza cheese. *International Journal of Dairy Technology* 57, 19–25.

Lanciotti, R., Patrignani, F., Iucci, L., Guerzoni, M.E., Suzzi, G., Belletti, N. Y Gardini, F. 2007. Effects of milk high pressure homogenization on biogenic amine accumulation during ripening of ovine and bovine italian cheeses. *Food Chemistry* 104, 693-701.

Lanciotti, R., Vannini, L., Patrignani, F., Iucci, L., Vallicelli, M., Ndagijimana, M., Guerzoni, M.E., 2006. Effects of high pressure homogenisation of milk on cheese yield and microbiology, lipolysis and proteolysis during ripening of Caciotta cheese. *Journal of Dairy Research* 76, 216-226.

Pereda J., V. Ferragut, J. M. Quevedo, B. Guamis and A. J. Trujillo. 2007. Effects of ultra-high pressure homogenization on microbial and physicochemical shelf life of milk. *J. Dairy Sci.*, 90:1081-1093

Pereda J., V. Ferragut, J. M. Quevedo, B. Guamis and A. J. Trujillo. 2008. Effects of Ultra-High-Pressure Homogenization Treatment on the Lipolysis and Lipid Oxidation of Milk during Refrigerated Storage. *J. Agric. Food Chem.* 56 (16), 7125–7130

Picart L., M. Thiebaud, M. René, J. P. Guiraud, J. C. Cheftel and E. Dumay. 2006. Effects of high pressure homogenization of raw bovine milk on alkaline phosphatase and microbial inactivation. A comparison with continuous short-time thermal treatments. *J. Dairy Res.*, 73:1-10

Rodríguez-Alcalá, L.M; Harte, F; , Fontecha, J. 2009. Fatty acid profile and CLA isomers content of cow, ewe and goat milks processed by high pressure homogenization. *Innovative Food Sci. and Emerging Techn.* 10 32–36

Roig-Sagués, X.; Velázquez, R. M ; Montealegre-Agramont, P.; López-Pedemonte, T. J.; Briñez-Zambrano, W. J.; Guamis-López, B. and Hernandez-Herrero, M. M. (2009). Fat content increases the lethality of ultra-high-pressure homogenization on *Listeria monocytogenes* in milk. *J. Dairy Sci.* 2009. 92:5396-5402.

Muchas Gracias!!!

descobar@latu.org.uy