

# Biotransformación de selenio por bacterias lácticas. Suplementación de productos lácteos fermentados con seleno-compuestos

Dra. FERNANDA MOZZI

Centro de Referencia para Lactobacilos (CERELA)-CONICET

[fmozzi@cerela.org.ar](mailto:fmozzi@cerela.org.ar)

<https://scholar.google.com/citations?user=qdMoAy8AAAAJ&hl=es>

<https://orcid.org/0000-0002-2661-7661>

## Selenio (Se) es un micronutriente esencial para la mayoría de los seres vivos

En la naturaleza:

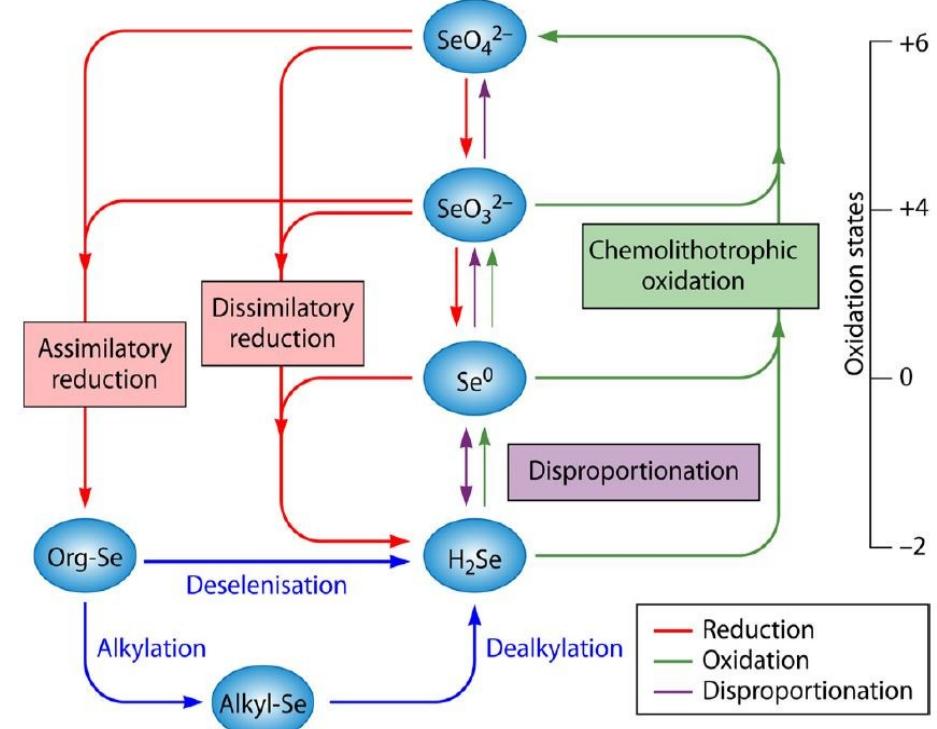
- Formas inorgánicas:  $\text{SeO}_4^{2-}$   $\text{SeO}_3^{2-}$
- Selenio elemental:  $\text{Se}^0$  (SeNPs)
- Formas orgánicas: seleno-amino ácidos y seleno-proteínas

Microorganismos pueden  
 biotransformar Se



inorgánico en orgánico

Menos tóxico y de mayor biodisponibilidad que el Se inorgánico



## Importancia de la Ingesta de Selenio

**La deficiencia de Se** afecta a 500-1000 millones de personas en el mundo.  
Ingesta Diaria Recomendada (IDR): **35-55 µg/d para adultos**

- Desbalance del sistema inmunológico
- Mayor susceptibilidad a infecciones virales y bacterianas
- Incremento de la mortalidad (enfermedades del estrés oxidativo: algunos tipos de cáncer y envejecimiento)
- Pérdida de la fertilidad (masculina)
- Disminución de la función tiroidea
- Enfermedades neurológicas como Alzheimer y Parkinson



Enfermedad del músculo blanco



Daño hepático

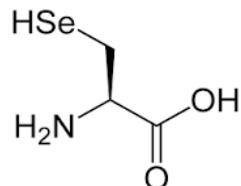
(Se)

Sitio activo de numerosas enzimas

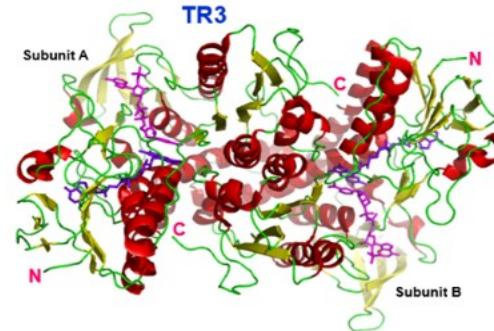
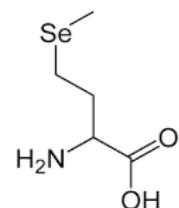


glutatión peroxidasa  
iodotironina deiodinasa  
tioredoxina reductasa

### Selenocisteína (SeCys)



### Selenometionina (SeMet)



The Human Selenoproteome

Antioxidant enzymes	Redox signalling	Thyroid hormone metabolism	Sec synthesis	Transport and storage of Se	Protein folding (potential)	Unknown function
GPx1	TrxR1	DIO1	SPS 2	Sel P	Sep15	SelH
GPx2	TrxR2	DIO2			SelN	SelI
GPx3	TrxR3	DIO3			SelM	SelO
GPx4					SelK	SelT
GPx6					SelR	SelV
					SelW	

**El consumo de Se a través de los alimentos** está directamente relacionado con la concentración de Se en el suelo que varía según el país y región geográfica

- Elevado en oeste de EE.UU. y Japón
- Bajo en Europa del Este y Australia
- Argentina escaso. IDR < (25-35 µg Se/d)

### Alimentos ricos en Se



Espárragos



Nueces de Brasil



Hongos



Cebolla



Mostaza

# BACTERIAS LÁCTICAS (BAL)

## Grupo amplio y heterogéneo de microorganismos

### HÁBITATS NATURALES



**Filum:** Bacilota  
**Clase:** Bacillares  
**Orden:** Lactobacillales  
**Familias:** 5  
**Géneros:** 68



frutas y vegetales

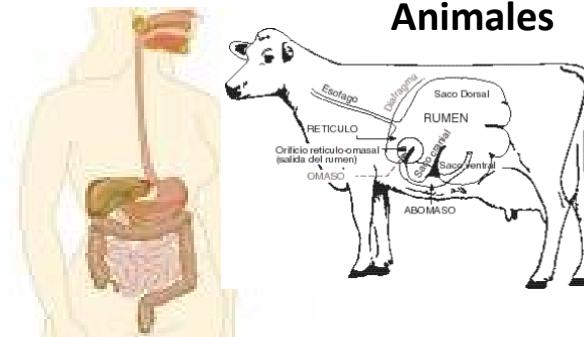


insectos

Metabolismo  
Fermentativo



Animales



TGI humano y animal

**GRAM (+) CATALASA (-)**

- ✓ homoláctico y heteroláctico
- ✓ Requerimientos nutricionales complejos
- ✓ Grado alimentario (GRAS)

Cavidad oral y urogenital

## DIVERSIDAD DE ALIMENTOS FERMENTADOS

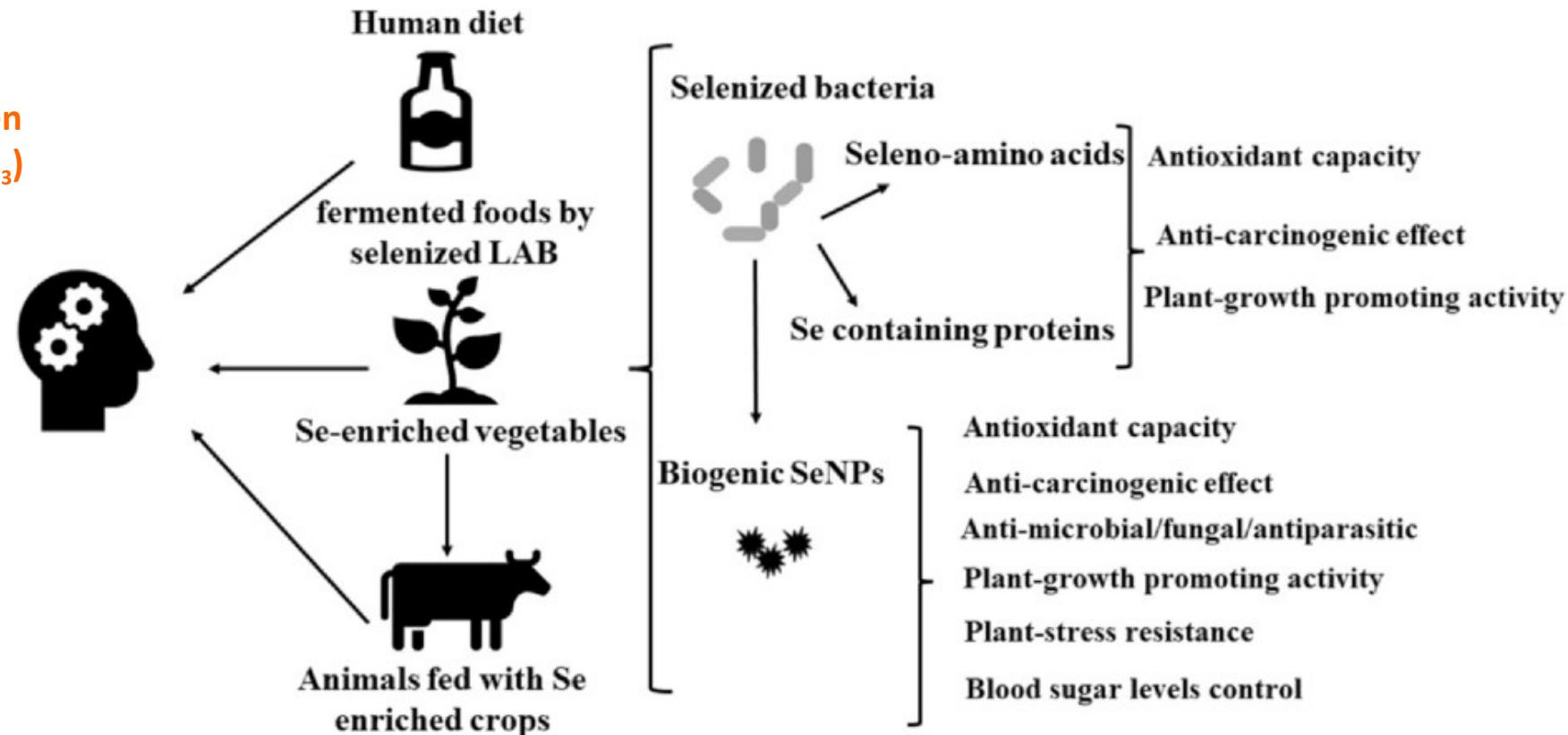


Origen lácteo, vegetal y animal

# Fortificación de alimentos con Se: microorganismos selenizados y compuestos bioactivos de Se

Bacterias selenizadas:  
 crecidas previamente en  
 presencia de Se ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ )

SeNPs      Seleno-  
 aminoácidos





100 cepas de BAL  
genotípicamente  
diferentes aisladas de  
frutas tropicales y sus  
flores

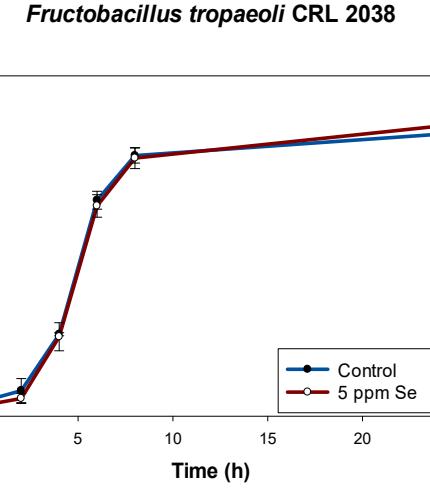
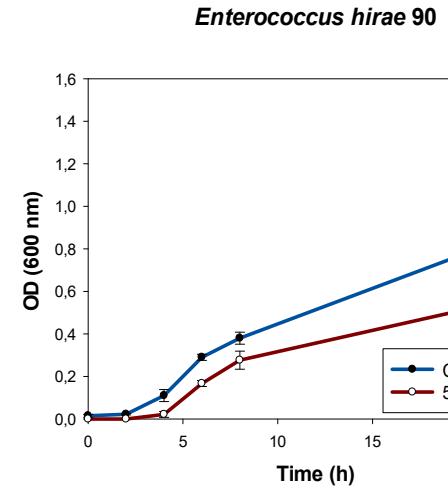
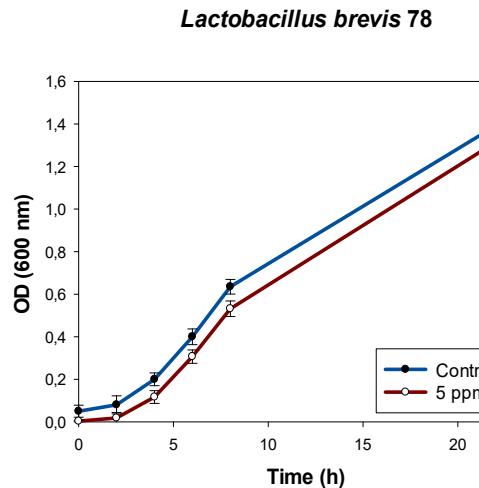
## Biotransformation of Selenium by Lactic Acid Bacteria: Formation of Seleno-Nanoparticles and Seleno-Amino Acids

Fernando Gabriel Martínez<sup>1,2</sup>, Gustavo Moreno-Martin<sup>2</sup>, Micaela Pescuma<sup>1</sup>,  
Yolanda Madrid-Albarrán<sup>2</sup> and Fernanda Mozzi<sup>1\*</sup>

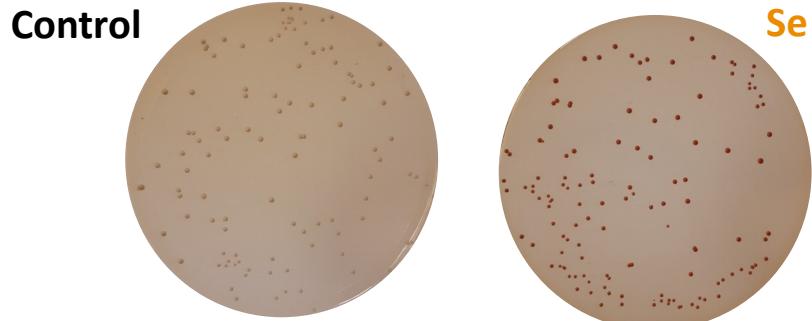
<sup>1</sup> Centro de Referencia para Lactobacilos (CERELA-CONICET), Tucumán, Argentina, <sup>2</sup> Departamento de Química Analítica,  
Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España

# Crecimiento microbiano en presencia de Se (5 ppm $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ )

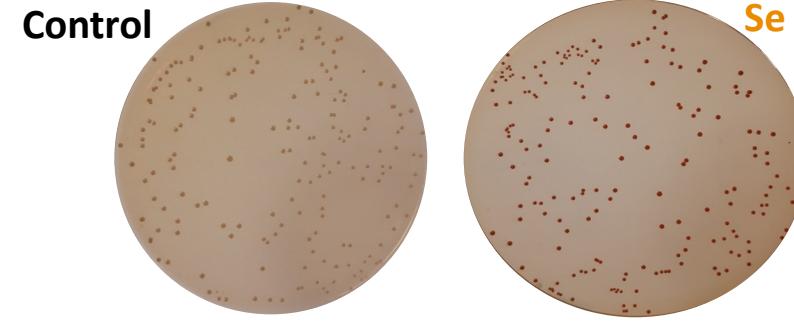
Todas las cepas  
crecieron en  
presencia de Se



*Levilactobacillus brevis* CRL 2051



*F. tropaeoli* CRL 2034



Incubación a 30 °C 48 h

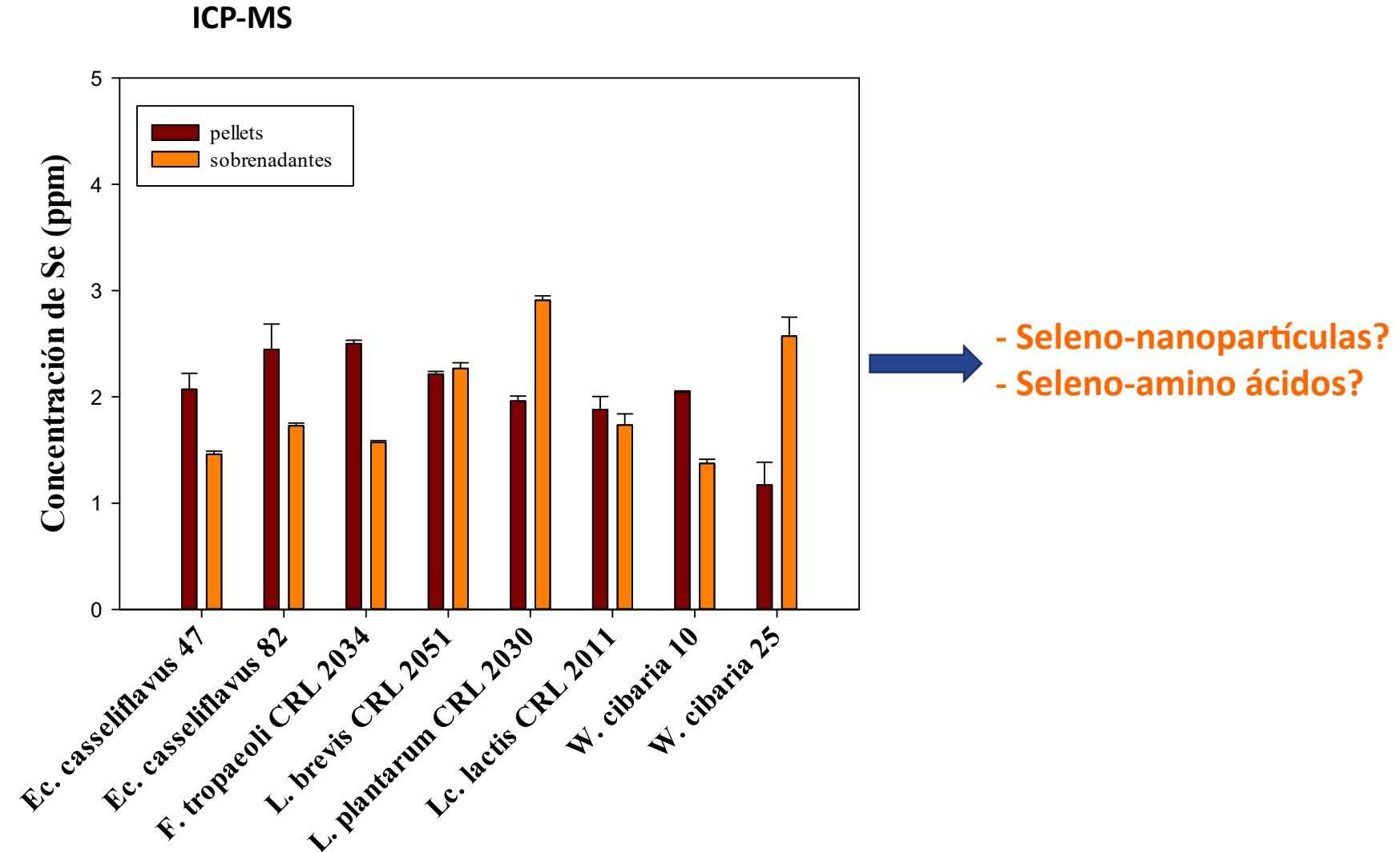
Colonias naranja-rojas  
en presencia de Se



## Acumulación intracelular de Se por BAL

Cepas BAL > 80% remoción

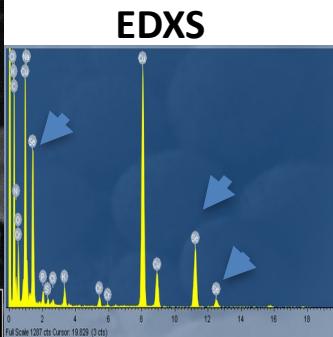
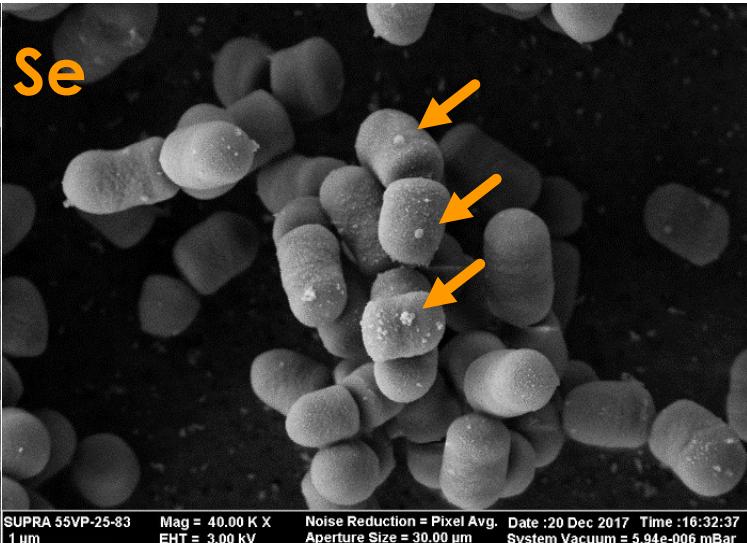
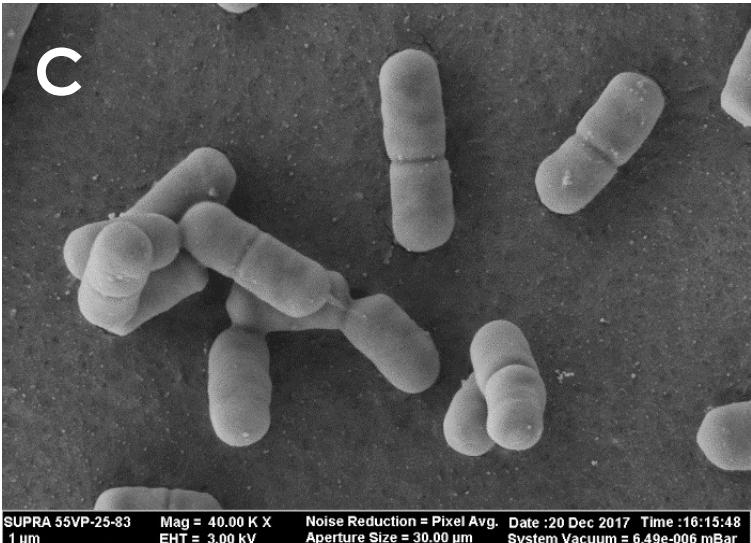
*Lc. lactis* subsp. *lactis* CRL 2011  
*W. cibaria* 10 y 25  
*L. brevis* CRL 2051  
*L. plantarum* CRL 2030  
*Ec. casseliflavus* 47 y 82  
*F. tropaeoli* CRL 2034



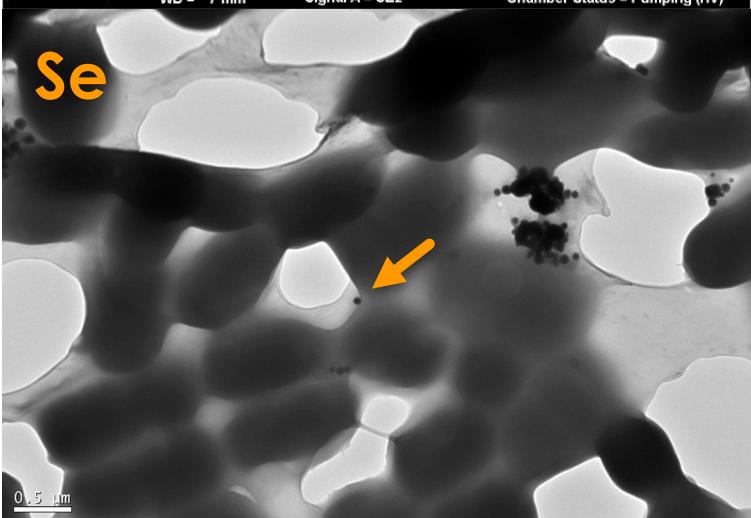
# Formación de SeNPs por BAL

*Levilactobacillus brevis CRL 2051*

MEB



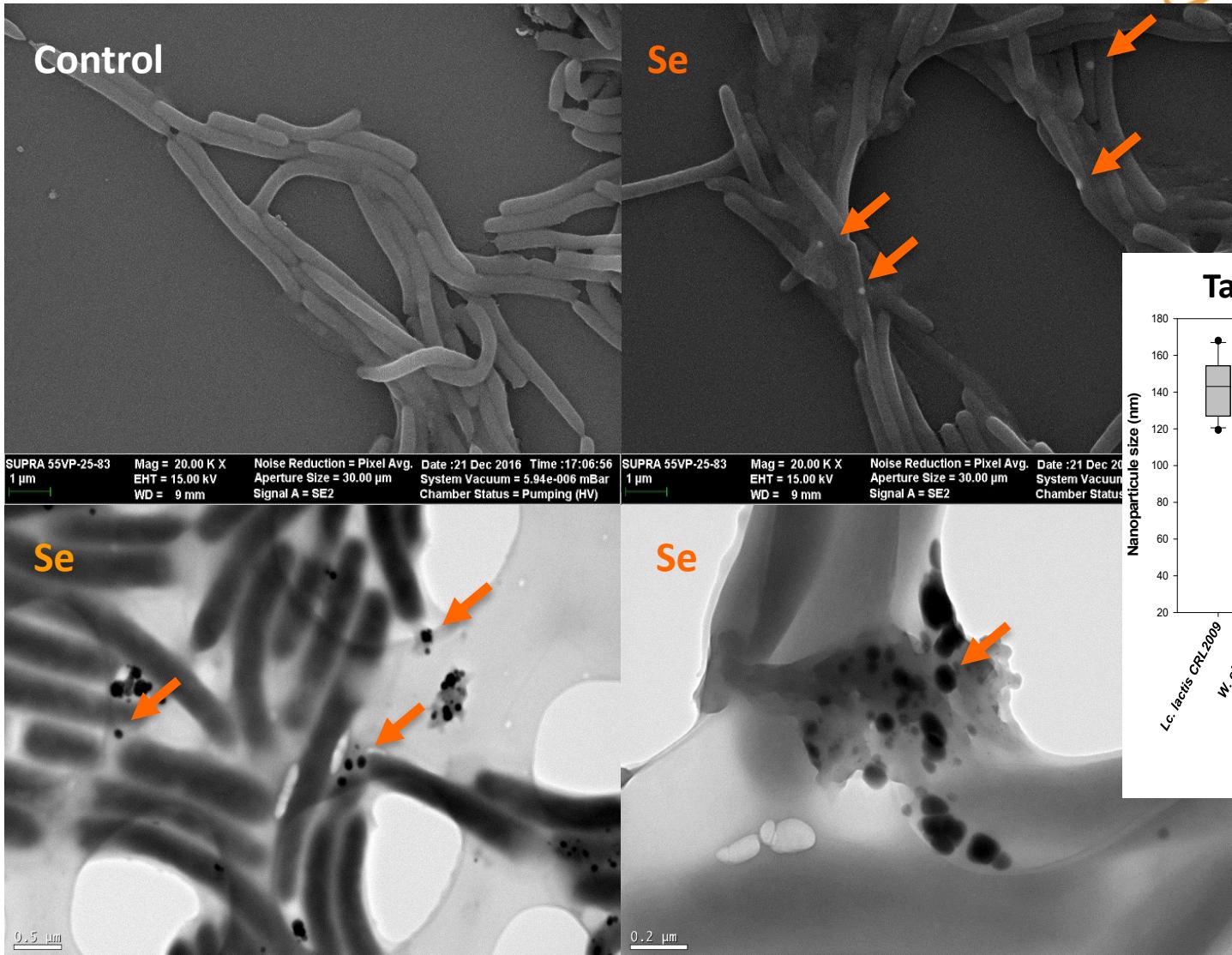
MET



SeNP cristalinas

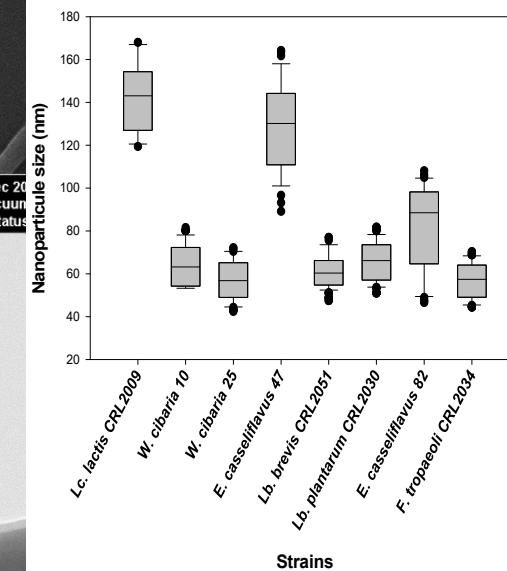
# *Fructobacillus tropaeoli* CRL 2034

MEB



MET

Tamaño de las SeNP

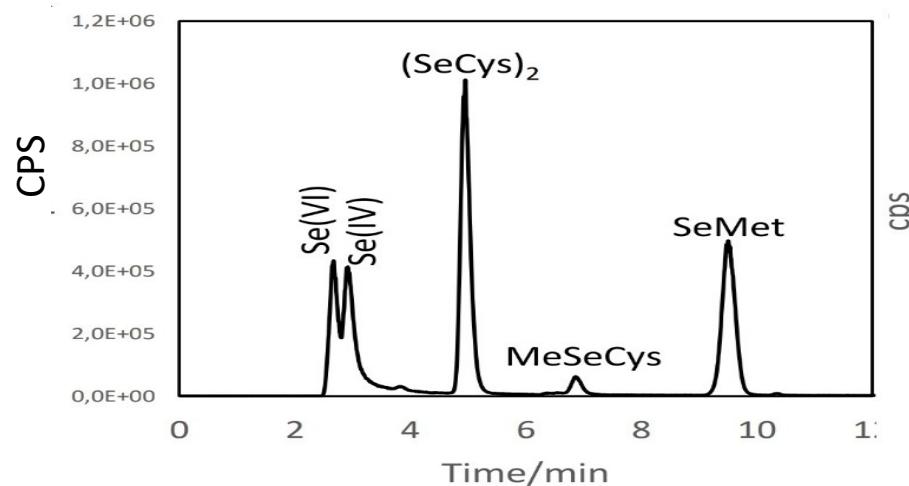


Tamaño SeNP:  
 50-140 nm

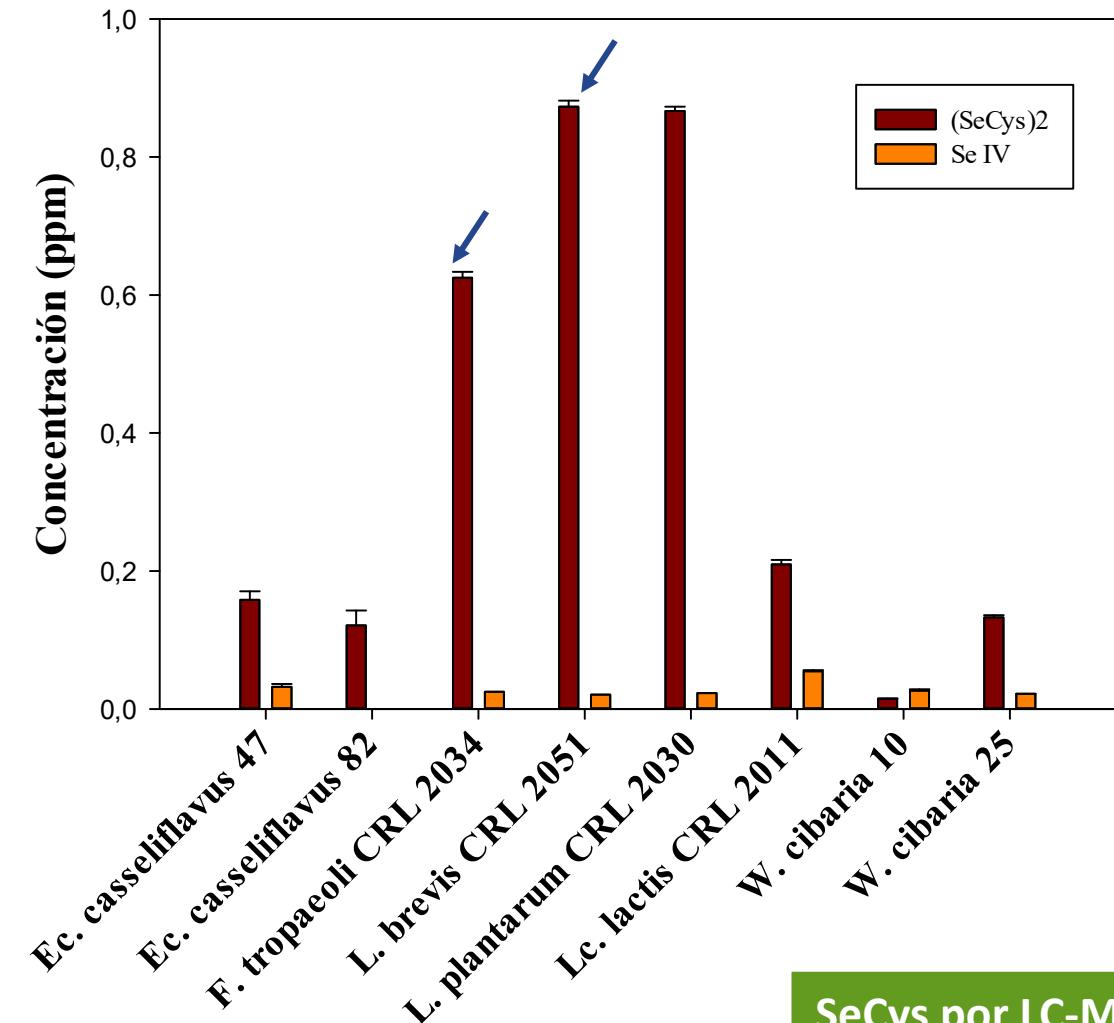
# Formación de seleno-amino ácidos

Pellets celulares hidrolizados enzimáticamente  
 (lisozima y proteasa)

LC-ICP-MS Intercambio iónico (PRP-X100)



Se(Cys)<sub>2</sub> – SeMet – SeMetSeCys – Se (IV) – Se (VI)



SeCys por LC-MS/MS

# Bebida fermentada enriquecida en Se usando BAL selenizadas



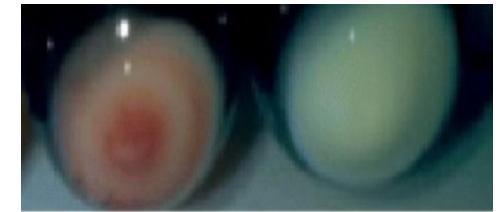
3:1 (v/v)

Células selenizadas incubadas previamente con  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$

- *L. brevis* CRL 2051 (2%, ca.  $10^7$  ufc/ml)
- *F. tropaeoli* CRL 2034 (2%, ca.  $10^7$  ufc/ml)

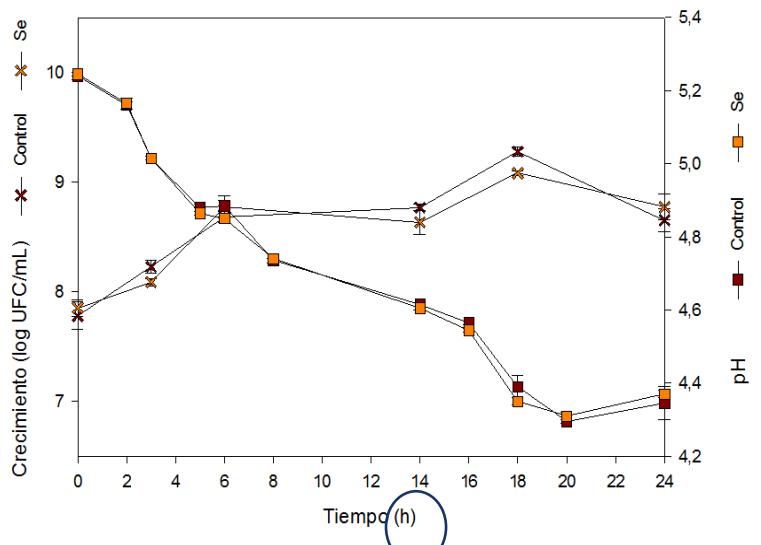
Co-cultivo

- *L. brevis* CRL 2051 (1%, v/v)
- *F. tropaeoli* CRL 2034 (1%, v/v)

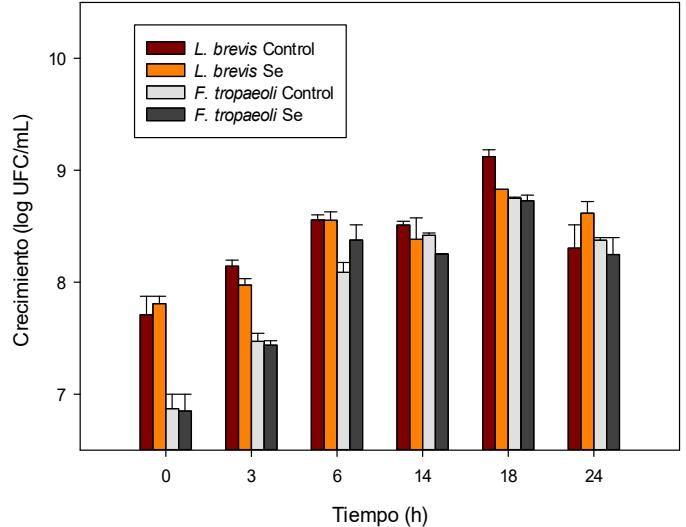


- Crecimiento celular ——  $30^\circ\text{C}$  24 h
- Consumo de azúcares y producción de ácidos orgánicos (HPLC)
- Se total y seleno-aminoácidos (LC-ICP-MS)

## Recuento total Co-cultivo

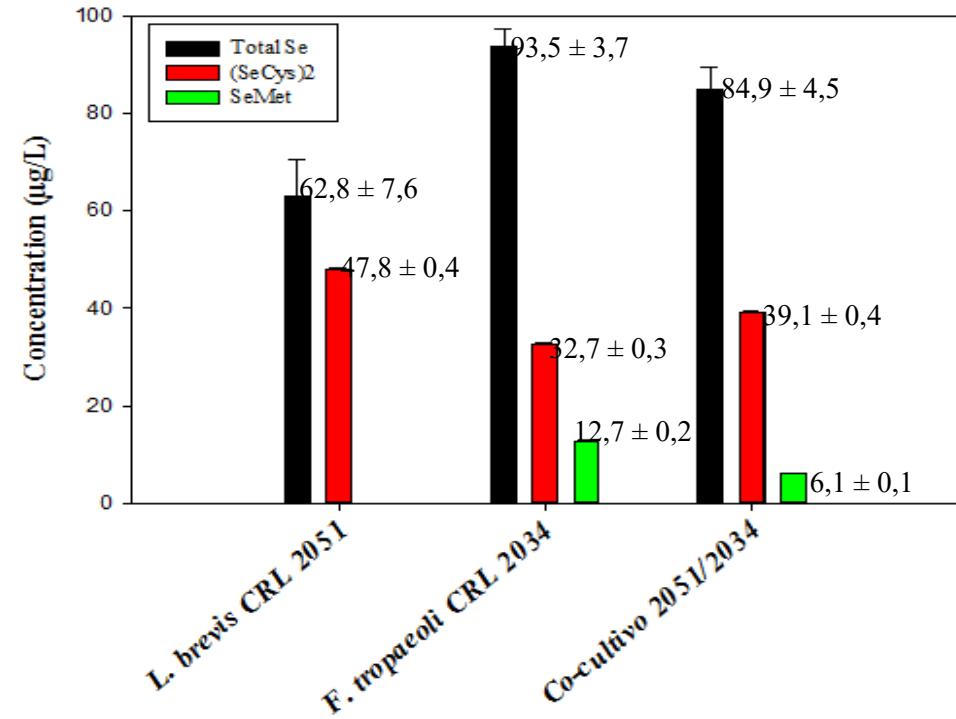


## Recuento diferencial Co-cultivo

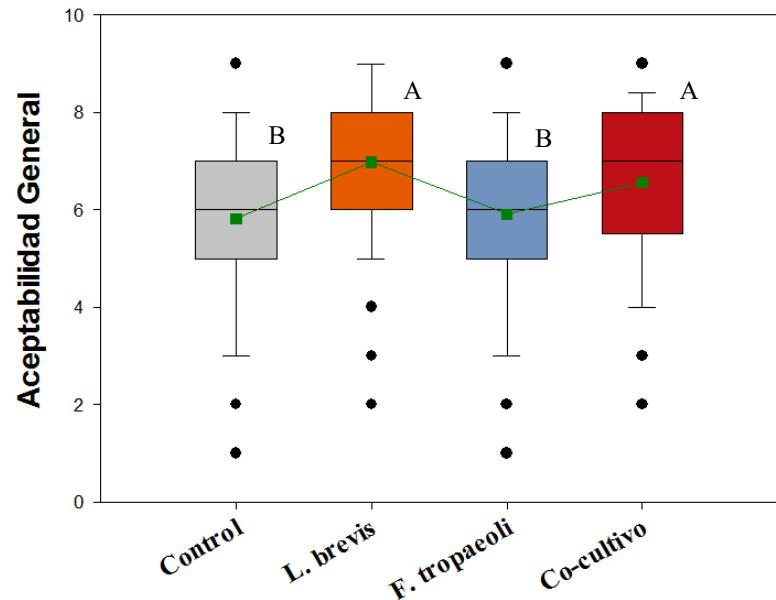


CRL 2034

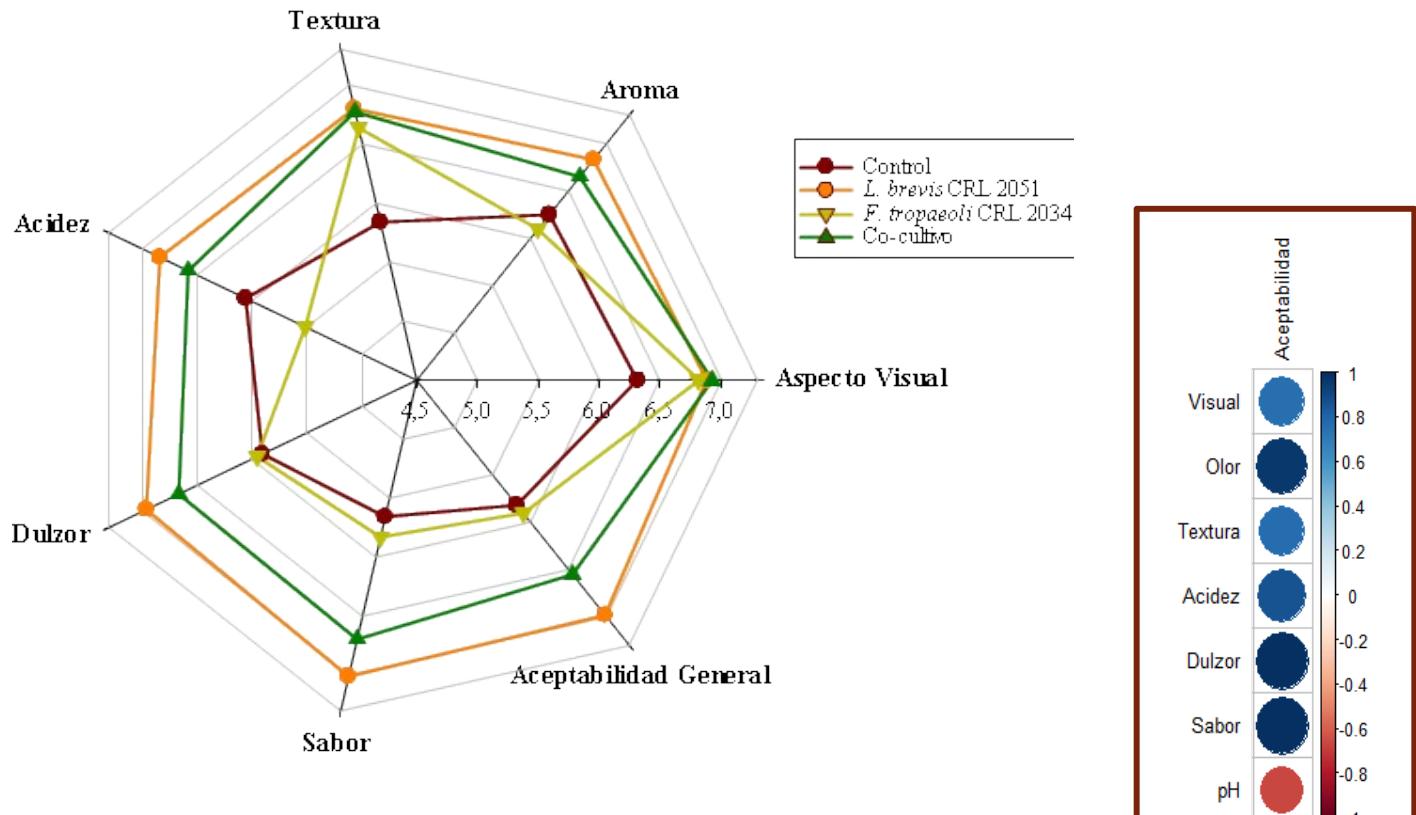
## Se total y selenoaminoácidos en las bebidas



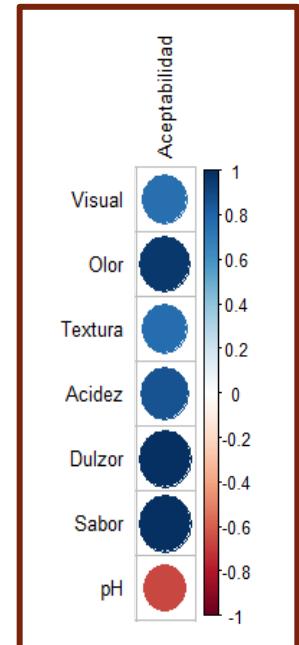
# Análisis sensorial y aceptabilidad global de las bebidas



Aceptabilidad general de las bebidas fermentadas y sin fermentar. Distribución de los datos (Boxplot de los valores asignados a la escala hedónica usada) y el promedio (verde). Letras diferentes refiere a valores significativamente diferentes. Nivel de significancia  $\alpha = 0,05$

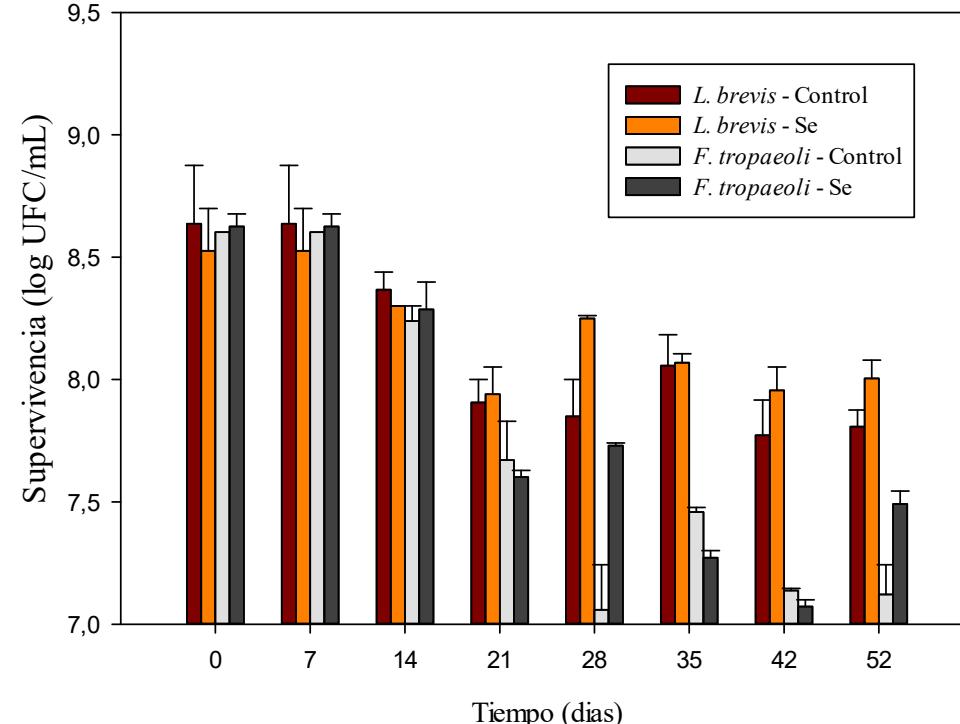
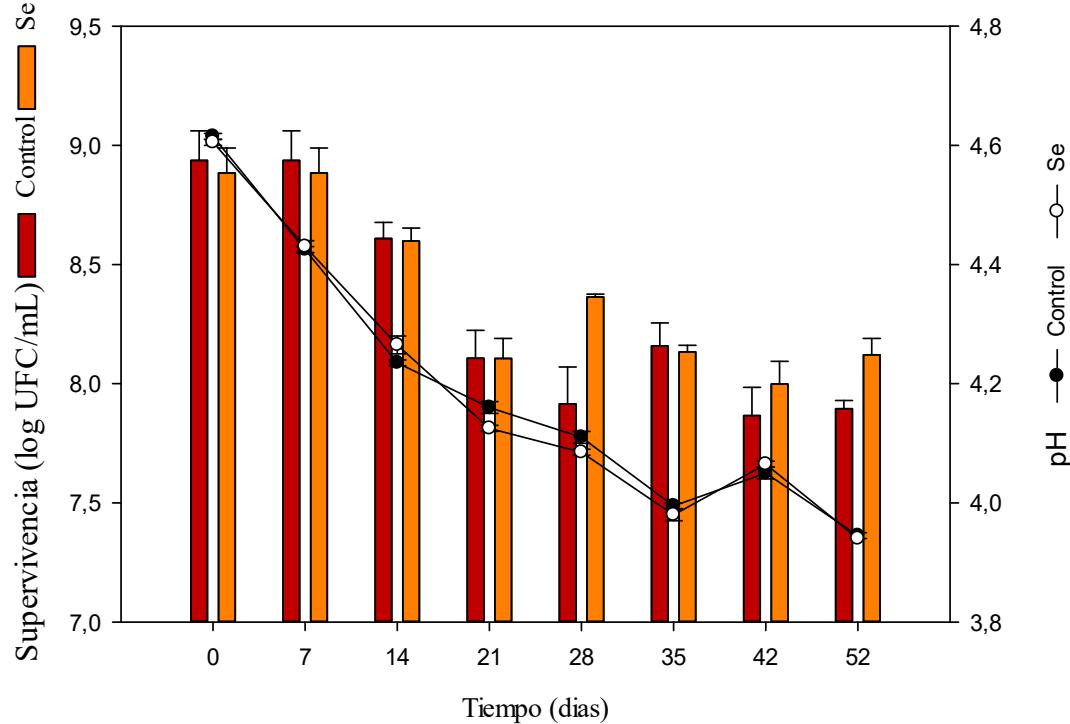


Análisis sensorial comparativo. Se representan las medias aritméticas de los valores asignados a la escala hedónica para cada atributo sensorial y para la aceptabilidad general de las bebidas



Coeficiente de  
correlación de  
Pearson

## Sobrevida de las BAL en la bebida fermentada durante la vida de estante



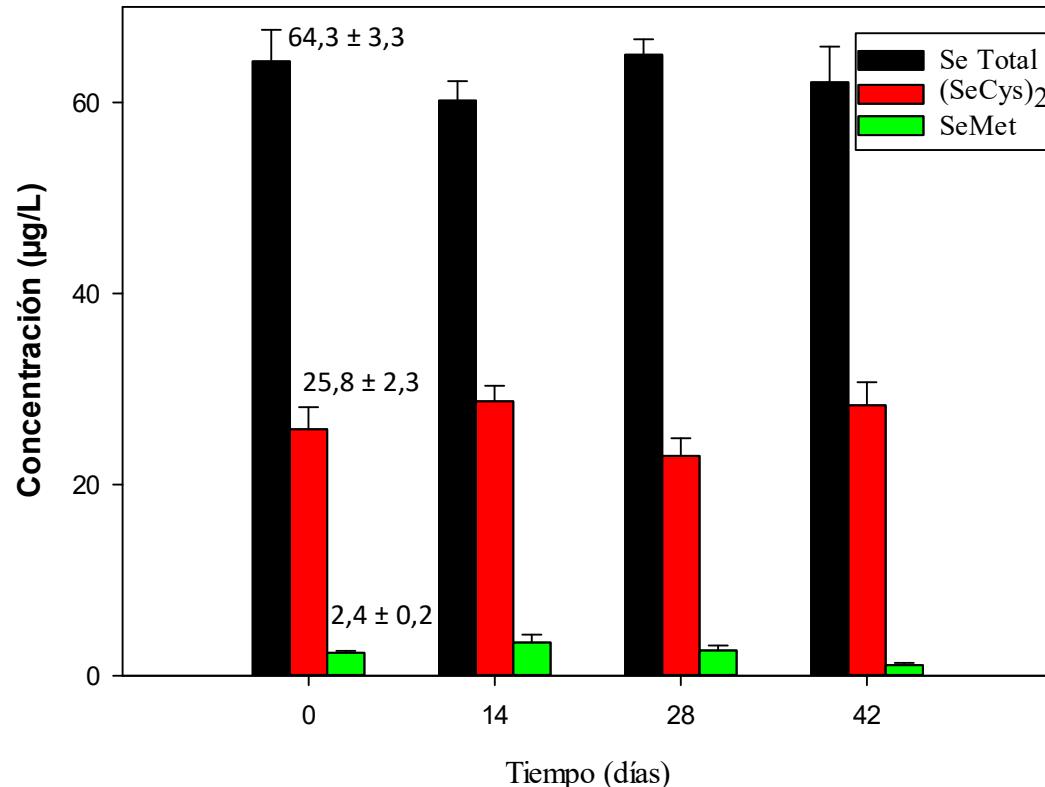
Almacenamiento a 6°C durante 52 días de la bebida fermentada. Recuento total y diferencial de las BAL presentes en las bebidas y valores de pH.

# Bioaccesibilidad de Se. Liberación de Se luego del pasaje por el sistema GIT *in vitro* de la bebida fermentada con el cultivo mixto



Bebidas fermentadas con células selenizadas (5 ppm Se) y no-selenizadas 30 °C, 14 h

- Sistema GIT *in vitro*
1. mucina: 15 min
  2. Pepsina (pH 1.8): 2 h
  3. Pancreatina y sales biliares (pH 8.0): 6 h



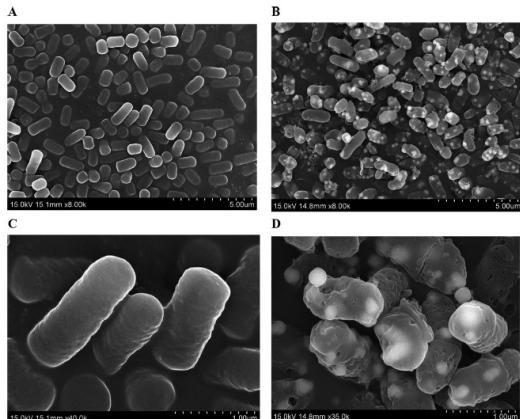
Concentración de Se total y de especies de Se en sobrenadantes al final del pasaje del TGI *in vitro* a diferentes tiempos de la vida de estante de la bebida fermentada con células selenizadas  
 $(SeCys)_2$ : Selenocistina; SeMet: SelenoMetionina

250 ml cubriría el 64% de la IDR de Se (25 µg/d), siendo 28% seleno-aminoácidos

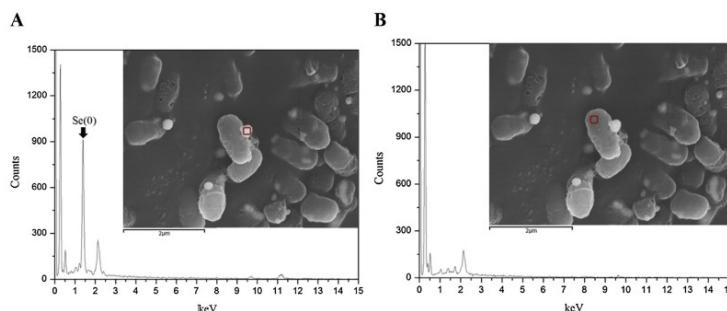


Contents lists available at ScienceDirect

## International Dairy Journal

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/idairyj](http://www.elsevier.com/locate/idairyj)Preparation of elemental selenium-enriched fermented milk by newly isolated *Lactobacillus brevis* from kefir grainsYu Deng <sup>a, c</sup>, Chaoxin Man <sup>b, c</sup>, Ying Fan <sup>a, c</sup>, Zhe Wang <sup>a, c</sup>, Li Li <sup>a, c</sup>, Huan Ren <sup>a, c</sup>, Weijia Cheng <sup>a</sup>, Yujun Jiang <sup>a, b, c, \*</sup>

**Fig. 1.** The morphology of selenium enriched *L. brevis* grown by scanning electron microscope analysis; panels A and C, without sodium selenite; panels B and D, with 5 mM sodium selenite.



**Fig. 2.** Nano-particles around the cells in 5 mM selenite analysed using a scanning electron microscope equipped with energy dispersion X-ray spectroscopy (EDX). Panel A, selected nanoparticle area around the cells; EDX spectrum analysis indicates Se(0) characteristic peak (near 1.37 keV). Panel B; other part of the cells (non-nanoparticle area); EDX spectrum analysis indicates no Se(0) characteristic peak.



Food Chemistry 164 (2014) 371–379



Contents lists available at ScienceDirect

## Food Chemistry

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/foodchem](http://www.elsevier.com/locate/foodchem)

## Se metallomics during lactic fermentation of Se-enriched yogurt

María Palomo, Ana M. Gutiérrez, M. Concepción Pérez-Conde, Carmen Cámaras, Yolanda Madrid <sup>\*</sup>

Departamento de Química Analítica, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Complutense de Madrid (UCM), 28040 Madrid, Spain



# Cuál es el efecto de la selenización en quesos?





## Effect of feed selenium supplementation on milk selenium distribution and mozzarella quality

H. Y. Liu,\* W. Z. Zhu,\* B. Y. Lu,† Z. H. Wei,\* and D. X. Ren\*<sup>1</sup>

\*Institute of Dairy Science, College of Animal Science, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

†Key Laboratory for Agro-Food Risk Assessment of Ministry of Agriculture, College of Biosystems Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

**Alimentación animal (16 vacas lecheras raza Holstein)  
sin y con suplementación con Se: 0.3 mg Se/Kg peso  
seco durante 2 meses  
Levadura de Se (SeMet)**

- Concentración y distribución de Se en:
  - 1) Leche (caseína, lactosuero, grasa)
  - 2) Queso Mozzarella (suero, agua caliente, salmuera)
- Composición nutricional
- Propiedades funcionales

**Table 5.** Selenium concentrations ( $\mu\text{g/L}$ ) and distribution in different components of milk and cheese, expressed as mean  $\pm$  SD

Component	Se	Control
Milk		
Total	35.8 $\pm$ 3.89	5.5 $\pm$ 1.22
Casein (%)	45.6 $\pm$ 5.31	42.4 $\pm$ 6.57
Whey (%)	44.6 $\pm$ 4.57	46.9 $\pm$ 7.33
Fat (%)	9.82 $\pm$ 2.14	10.7 $\pm$ 3.08
Cheese		
Total ( $\mu\text{g/kg}$ )	146 $\pm$ 10.3	20.4 $\pm$ 2.34
Whey	13.3 $\pm$ 1.56	2.24 $\pm$ 0.28
Hot water	1.43 $\pm$ 0.21	ND <sup>1</sup>
Brine	0.51 $\pm$ 0.13	ND

<sup>1</sup>Not detected.

**Quesos con Se de 2 meses de maduración**  
**> meltabilidad > fluidez > estirabilidad**  
**que los quesos sin Se**

**Table 6.** Selenium components and concentration in milk and cheese dry samples, expressed as means  $\pm$  SD

Item	Milk (ng/g)	Cheese (ng/g)
Se-Met	146 $\pm$ 11	215 $\pm$ 15
Se-Cys	65 $\pm$ 8	123 $\pm$ 13
Other	70 $\pm$ 9	105 $\pm$ 14

- La suplementación con Se condujo a > contenido de Se en leche y quesos
- No afectó la composición y textura del queso Mozzarella fresco
- Las propiedades funcionales del queso madurado por 2 meses fueron mejores con Se
- El Se presente en leche y quesos consituyó en SeMet y Se-Cys que fueron producidos durante la maduración



J. Dairy Sci. 102:6853–6862  
<https://doi.org/10.3168/jds.2019-16382>

© American Dairy Science Association®, 2019.

## Effects of selenium supplementation on chemical composition and aromatic profiles of cow milk and its derived cheese

Andrea Ianni,<sup>1</sup> Francesca Bennato,<sup>1</sup> Camillo Martino,<sup>2</sup> Denise Innosa,<sup>1</sup> Lisa Grotta,<sup>1</sup> and Giuseppe Martino<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Faculty of BioScience and Technology for Food, Agriculture and Environment, University of Teramo, Italy 64100

<sup>2</sup>Department of Veterinary Medicine, University of Perugia, Italy 06126

Alimentación animal (32 vacas lecheras raza Friesian): 0.45 mg Se/Kg con SeMet peso seco alimento durante 63 días

Se evaluó  
Leche

- Rendimiento de producción
- Composición química y Se

Queso Caciocavallo (7 y 120 días de maduración)

- Composición química
- Perfil de ácidos grasos y compuestos orgánicos volátiles (VOC)

**Table 2.** Milk yield and chemical composition of milk obtained from the control group (CG) and the experimental group (SeG)

Variable	Diet		<i>P</i> -value
	CG	SeG	
Milk yield (kg)	37.15 ± 2.26	39.63 ± 3.01	NS
Composition			
Fat (%)	3.47 ± 0.31	3.01 ± 0.27	NS
Protein (%)	3.11 ± 0.26	3.10 ± 0.29	NS
Casein (%)	2.40 ± 0.18	2.41 ± 0.21	NS
Lactose (%)	4.67 ± 0.40	4.73 ± 0.24	NS
Urea (mg/100 mL)	20.88 ± 1.51	21.10 ± 1.42	NS
SCC ( $\times 10^3$ cells/mL)	208.0 ± 15.0	153.0 ± 11.0	*
Total bacterial count ( $\times 10^6$ cfu/mL)	38.0 ± 7.0	31.0 ± 5.0	NS
pH	6.51 ± 0.07	6.50 ± 0.06	NS
Se (μg/kg)	39.0 ± 1.17	49.46 ± 3.32	**

\**P* < 0.05; \*\**P* < 0.01.

**Table 3.** Chemical composition of cheese obtained from the control group (CG) and the experimental group (SeG), analyzed at 7 (T<sub>7</sub>) and 120 (T<sub>120</sub>) d after cheese-making

Item	T <sub>7</sub>		T <sub>120</sub>	
	CG	SeG	CG	SeG
DM (%)	54.91 <sup>A</sup> ± 3.71	53.21 <sup>A</sup> ± 4.32	66.57 <sup>B</sup> ± 3.86	65.12 <sup>B</sup> ± 4.14
Fat <sup>1</sup> (%)	39.37 ± 2.92	41.15 ± 3.22	37.74 ± 3.31	37.96 ± 2.83
Protein <sup>1</sup> (%)	54.18 ± 3.78	50.17 ± 2.92	49.58 ± 3.42	49.03 ± 3.61
Ash <sup>1</sup> (%)	4.43 ± 0.34	5.24 ± 0.52	5.62 ± 0.49	6.02 ± 0.57
Se (μg/kg)	208.0 <sup>a</sup> ± 9.2	290.0 <sup>b</sup> ± 10.4	193.0 <sup>a</sup> ± 5.7	306.0 <sup>b</sup> ± 7.9

<sup>a,b</sup>Means with different superscripts are significantly different by diet (*P* < 0.05).

<sup>A,B</sup>Means with different superscripts are significantly different by ripening time (*P* < 0.05).

<sup>1</sup>Data expressed on a DM basis.

**Table 4.** Fatty acid profile of bulk milk and cheeses obtained from the control group (CG) and the experimental group (SeG)<sup>1</sup>

Item	Milk			Cheese		
	CG	SeG	P-value	CG	SeG	P-value
C10:0	3.21 ± 0.23	3.08 ± 0.18	NS	3.43 ± 0.27	3.60 ± 0.32	NS
C12:0	3.99 ± 0.31	3.87 ± 0.32	NS	4.13 ± 0.34	3.96 ± 0.29	NS
C14:0	12.88 ± 1.05	12.22 ± 1.12	NS	12.56 ± 0.98	12.06 ± 1.07	NS
C14:1	0.46 ± 0.05	0.68 ± 0.06	*	0.73 ± 0.06	0.81 ± 0.07	NS
C15:0	1.23 ± 0.11	1.18 ± 0.08	NS	1.51 ± 0.12	1.53 ± 0.13	NS
C16:0	36.55 ± 2.23	34.49 ± 2.31	NS	35.78 ± 3.02	34.64 ± 3.2	NS
C16:1	1.55 ± 0.09	1.72 ± 0.12	NS	1.22 ± 0.08	1.43 ± 0.14	NS
C17:0	0.55 ± 0.05	0.52 ± 0.05	NS	0.58 ± 0.06	0.56 ± 0.05	NS
C18:0	8.72 ± 0.74	7.91 ± 0.71	NS	9.20 ± 0.81	9.19 ± 0.72	NS
C18:1 <i>trans</i> -11	0.68 ± 0.06	0.73 ± 0.06	NS	0.58 ± 0.06	0.53 ± 0.05	NS
C18:1 <i>cis</i> -9	15.95 ± 1.02	17.43 ± 1.13	NS	15.41 ± 1.21	15.64 ± 0.97	NS
C18:1 <i>cis</i> -11	0.38 ± 0.04	0.45 ± 0.04	NS	0.45 ± 0.04	0.53 ± 0.05	NS
C18:2	1.83 ± 0.16	2.21 ± 0.18	*	1.96 ± 0.21	2.46 ± 0.16	*
C18:3	0.46 ± 0.05	0.52 ± 0.05	NS	0.64 ± 0.06	0.55 ± 0.05	NS
CLA <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11 <sup>2</sup>	0.29 ± 0.03	0.38 ± 0.04	*	0.26 ± 0.03	0.37 ± 0.04	*
C20:4	0.19 ± 0.02	0.22 ± 0.02	NS	0.17 ± 0.02	0.18 ± 0.02	NS
MUFA	19.02 ± 1.13	21.01 ± 1.65	NS	18.39 ± 0.77	19.14 ± 0.91	NS
PUFA	2.77 ± 0.21	3.29 ± 0.28	NS	3.03 ± 0.21	3.46 ± 0.23	NS
SFA	67.13 ± 2.09	63.47 ± 1.34	*	67.19 ± 2.14	65.54 ± 2.02	NS
Atherogenic index <sup>3</sup>	4.20 ± 0.29	3.62 ± 0.24	**	4.17 ± 0.18	3.84 ± 0.11	*
Thrombogenic index <sup>3</sup>	4.77 ± 0.36	4.06 ± 0.31	*	4.58 ± 0.24	4.38 ± 0.22	NS
Desaturation index <sup>3</sup>	0.03 ± 0.00	0.05 ± 0.00	*	0.05 ± 0.00	0.06 ± 0.00	NS

<sup>1</sup>Individual fatty acids (FA) are expressed as percent of total FA. Data are reported as mean (%) ± SD.

<sup>2</sup>CLA *cis*-9,*trans*-11 = rumenic acid.

<sup>3</sup>Atherogenic index: (C12:0 + 4·C14:0 + C16:0)/[Σ MUFA + Σ PUFA (n-3; n-6)]. Thrombogenic index: (C14:0 + C16:0 + C18:0)/{[0.5·Σ MUFA] + [0.5·Σ PUFA (n-6)] + [3·Σ PUFA (n-3)] + (n-3/n-6)}. Desaturation index: (C14:1 *cis*-9)/(C14:0 + C14:1 *cis*-9).

\*P < 0.05; \*\*P < 0.01.

↑ Ácidos miristoleico,  
 linoleico y CLA

↓ Ácidos grasos  
 saturados

**Table 5.** Volatile organic compounds (VOC) detected in cheese obtained from the control group (CG) and the experimental group (SeG), analyzed at 7 ( $T_7$ ) and 120 ( $T_{120}$ ) d after cheese-making<sup>1</sup>

Item	VOC	$T_7$			$T_{120}$		
		CG	SeG	P-value	CG	SeG	P-value
Methyl ketones	2-Pentanone	0.42 ± 0.04	1.13 ± 0.09	**	0.31 ± 0.03	0.94 ± 0.08	**
	2-Heptanone	18.75 ± 1.31	19.24 ± 1.56	NS	44.64 ± 3.25	41.09 ± 3.06	NS
	2-Octanone	0.57 ± 0.06	0.53 ± 0.05	NS	2.75 ± 0.25	3.32 ± 0.29	NS
	2-Nonan-2-one	ND <sup>2</sup>	ND	NS	2.34 ± 0.20	4.90 ± 0.41	**
	2-Nonanone	6.67 ± 0.59	5.88 ± 0.51	NS	29.48 ± 1.82	32.15 ± 2.92	NS
	2-Decanone	ND	ND	NS	ND	ND	NS
	2-Undecanone	1.61 ± 0.15	1.30 ± 0.12	NS	ND	ND	NS
Methyl esters	2-Tridecanone	0.41 ± 0.04	0.26 ± 0.03	*	ND	ND	NS
	Methyl butanoate	0.25 ± 0.03	0.59 ± 0.06	**	ND	ND	NS
	Methyl hexanoate	0.29 ± 0.03	0.82 ± 0.07	**	0.31 ± 0.03	ND	**
Ethyl esters	Methyl octanoate	0.19 ± 0.02	0.50 ± 0.05	**	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.01	NS
	Ethyl butanoate	2.11 ± 0.16	0.98 ± 0.08	**	2.75 ± 0.23	2.11 ± 0.18	*
	Ethyl hexanoate	1.27 ± 0.11	0.75 ± 0.07	**	8.51 ± 0.72	5.37 ± 0.45	**
	Ethyl octanoate	0.66 ± 0.07	0.37 ± 0.04	**	1.92 ± 0.17	2.80 ± 0.22	*
	Ethyl nonanoate	ND	ND	NS	0.08 ± 0.01	0.09 ± 0.01	NS
	Ethyl decanoate	0.39 ± 0.04	0.23 ± 0.03	**	0.81 ± 0.08	1.68 ± 0.12	**
	Ethyl dodecanoate	0.12 ± 0.01	ND	**	0.16 ± 0.02	0.19 ± 0.02	NS
Lactones	Ethyl tetradecanoate	ND	ND	NS	ND	0.03 ± 0.00	*
	Ethyl hexadecanoate	ND	ND	NS	ND	0.01 ± 0.00	*
	cis-γ-Dodec-6-enolactone	ND	ND	NS	0.10 ± 0.01	0.11 ± 0.01	NS
	γ-Nonalactone	ND	ND	NS	0.09 ± 0.01	0.10 ± 0.01	NS
	γ-Dodecalactone	0.63 ± 0.06	0.37 ± 0.04	**	0.22 ± 0.03	0.17 ± 0.02	NS
	δ-Octalactone	4.93 ± 0.33	2.76 ± 0.21	**	ND	ND	NS
	δ-Nonalactone	ND	ND	NS	0.59 ± 0.06	0.48 ± 0.05	NS
Aldehydes	δ-Decalactone	14.56 ± 1.17	10.58 ± 0.86	*	2.35 ± 0.18	2.00 ± 0.19	NS
	δ-Dodecalactone	2.26 ± 0.18	1.03 ± 0.09	**	0.52 ± 0.05	0.54 ± 0.06	NS
	δ-Tetralactone	0.21 ± 0.02	0.10 ± 0.01	**	0.05 ± 0.00	0.05 ± 0.00	NS
	Hexanal	33.89 ± 2.75	41.98 ± 3.13	**	ND	ND	NS
	Heptanal	2.79 ± 0.22	4.91 ± 0.34	**	0.57 ± 0.06	0.81 ± 0.08	*
	Octanal	0.61 ± 0.06	0.66 ± 0.07	NS	0.11 ± 0.01	0.11 ± 0.01	NS
	Nonanal	2.24 ± 0.19	2.54 ± 0.23	NS	0.42 ± 0.04	0.42 ± 0.05	NS
Alcohols	Decanal	0.55 ± 0.06	0.50 ± 0.05	NS	0.09 ± 0.01	0.08 ± 0.01	NS
	1-Hexanol	2.71 ± 0.24	1.33 ± 0.12	**	0.66 ± 0.06	0.36 ± 0.04	**
	1-Octanol	0.93 ± 0.09	0.60 ± 0.07	*	ND	ND	NS

<sup>1</sup>Individual VOC are expressed as percent of total VOC. Data are reported as mean (%) ± SD.

<sup>2</sup>ND = not detectable.

\* $P < 0.05$ ; \*\* $P < 0.01$ .



- **Efecto positivo de la suplementación de Se en las propiedades nutricionales de la leche y el queso.**
- **Cantidades mejoradas de ácido linoleico y CLA en leche y queso, lo que refleja mejoras en su funcionalidad con aplicación en salud humana.**
- **El perfil aromático de los productos lácteos fue influenciado (positivamente) por la dieta rica en Se**

## CONCLUSIONES

- La fortificación de alimentos con Se usando BAL (microorganismos) selenizadas o a través de la suplementación animal afecta positivamente su contenido en los productos lácteos fermentados y sus propiedades funcionales

## PERSPECTIVAS

- Cuál es el papel de las BAL en la biotransformación del Se durante la maduración de los quesos?
- Evaluar su biodisponibilidad de los seleno-compuestos en los productos fermentados en estudios *in vivo* y su efecto en la microbiota intestinal

Grupo de laboratorio



Dra. Micaela Pescuma



Lic. Fernando Martínez



Lic. Laura Crespo



Lic. Florencia Mohamed



Lic. Luciana Ruiz Rodríguez

MUCHAS GRACIAS!