

CAMBIOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE SALCHICHAS MAGRAS SALUDABLES. EFECTO DEL REEMPLAZO PARCIAL DE SODIO

Lucas Marchetti, Silvina Andrés, Alicia Califano

1. RESUMEN

Se evaluaron los cambios durante el almacenamiento de productos cárnicos magros cocidos conteniendo aceite marino deodorizado pre-emulsificado y fitoesteroles con reemplazo parcial de NaCl por KCl y tripolifosfato sódico (TPP) estudiando el efecto del agregado de antioxidantes naturales al sistema. Se analizaron cuatro formulaciones: un control sin reemplazo de sal (NaCl 1.4 % y TPP 0.2 %) y 3.75 mg/100g de tocoferoles naturales y tres formulaciones de sodio reducido (NaCl 0.608 %, KCl 0.492 % y TPP 0.5 %) con diferentes niveles de tocoferoles (0, 3.75 y 5 mg/100g). Las pastas cárnicas crudas fueron embutidas, tratadas térmicamente hasta 74 °C en el centro, enfriadas y almacenadas bajo vacío 45 días a 4 °C, determinándose periódicamente el pH, exudado, textura, color, oxidación lipídica (TBARS) y desarrollo microbiano. El exudado fue bajo en todas las formulaciones, indicando una buena capacidad de retención de las matrices, correspondiendo los mayores valores a formulaciones reducidas en sodio. La dureza y masticabilidad se incrementaron ligeramente hacia el final del almacenamiento, coincidiendo con el aumento de exudado, mientras que la luminosidad presentó un ligero descenso. Los recuentos microbianos iniciales y finales fueron adecuados y se asociaron a un leve descenso de pH (de 5.82 a 5.56). La flora predominante fueron bacterias acidolácticas psicrótrofas. La formulación sin reducción de Na con tocoferoles mantuvo niveles de TBARS bajos durante los 45 días. La sustitución de Na por K afectó sensiblemente la estabilidad oxidativa, siendo necesario un mayor agregado de to-

CONTACTO: Silvina Andrés scandres@biol.unlp.edu.ar
CIDCA, CONICET, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP, 47 y
116, La Plata (1900), Argentina.

coferoles para lograr su estabilidad. Resultó exitosa la incorporación de tocoferoles para prevenir la rancidez de geles emulsionados cárnicos con aceite de pescado, fitoesteroles y reducido contenido sódico durante 45 días de almacenamiento al vacío refrigerado.

2. INTRODUCCIÓN

La sal y la grasa conjuntamente contribuyen con muchas de las propiedades sensoriales en cárnicos procesados, por ello su simultánea reducción representa un desafío tecnológico. Si tanto la sal y la grasa son reducidos, el agua usada para reemplazar la grasa disminuye la fuerza iónica a <0.4 , afectando la percepción del salado, flavor característico, textura, retención de agua y conservación (Totosaus y Pérez-Chabela, 2009). Algunas proteínas no cárnicas o carbohidratos (almidón, gomas) son agregados como sustitutos de grasa para incrementar el rendimiento, retención de agua, reducir costos, modificar la textura e incrementar la estabilidad congelado-descongelado. En trabajos previos (Marchetti y col., 2013 y 2014) se optimizó una formulación donde se sustituyó la fase grasa tradicionalmente usada por aceite de pescado y se redujo el contenido de sodio en un 63 % con respecto al producto comercial.

Sin embargo el agregado de NaCl a los productos cárnicos contribuye a la sustitución de la flora natural de carne por lactobacilos y micrococos, lo que disminuye el ritmo de deterioro de estos productos (Matthews y Strong, 2005). Actualmente, el NaCl todavía contribuye junto con otros conservantes y mecanismos tecnológicos a la producción de un producto final seguro, mediante la reducción del a_w , parámetro que depende del nivel de NaCl en la fase acuosa dentro de un producto.

La estabilidad microbiológica global de un producto, también depende de la interacción con el pH, la temperatura y otros factores. Por otro lado, en productos envasados al vacío o en atmósfera modificada la exclusión del oxígeno resulta en un riesgo de desarrollo de *Clostridium botulinum*. El agregado de NaCl es uno de los medios que se pueden emplear para suprimir el crecimiento de este patógeno y por lo tanto, extender la vida útil de estos productos. Sin embargo, la acción bactericida principal que impide el desarrollo del *C. botulinum* se debe al agregado de NaNO_2 . La reducción del contenido de sal de estos sistemas podría tener un efecto adverso sobre la estabilidad microbiológica por lo que estos parámetros tienen que ser estudiados para asegurar la calidad del producto (Betts y Everis, 2003).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del agregado de tocoferoles naturales y la reducción de sodio en emulsiones cárnicas sobre los parámetros de calidad fisicoquímicos (exudado, textura, color), microbiológicos y oxidativos durante 45 días de almacenamiento bajo vacío refrigerado.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIALES Y ELABORACIÓN DEL PRODUCTO

Se prepararon salchichas magras tipo Viena con carne vacuna, 5 g aceite de pescado /100g pasta cruda, 25 g agua/100 g pasta cruda. Como agentes estabilizantes o emulsionantes se utilizaron concentrado de proteínas de leche (L, Milkaut, Santa Fé, Argentina), y una combinación 2:1 κ : ι -carragenanos (C, ADAMA S.A., Buenos Aires Argentina). Se incluyeron además 0.2 % de fitoesteroles (Advansterol 90, AOM S.A., Argentina), NaNO² (0.015 %), eritorbato de Na (0.045 %), colorante carmín, glutamato de sodio, pimienta y nuez moscada. Se evaluaron distintos niveles de mezcla de tocoferoles naturales (Tocomix 70, Advanced Organic Materials, Buenos Aires, Argentina) como antioxidantes agregados en el aceite. Para la elaboración se utilizó el procedimiento de Marchetti y col. (2014). El diseño experimental consistió en cuatro formulaciones con niveles de sales y tocoferoles y nomenclatura según Tabla 1.

ALMACENAMIENTO

Los productos fueron envasados bajo vacío en bolsas Cryovac BB4L (Sealed Air Co., Buenos Aires, Argentina; PO²: 35 cm³ m⁻² día⁻¹ bar⁻¹ a 23 °C), dos unidades por envase, y almacenadas a 4 °C durante un período máximo de 45 días, tiempo de almacenamiento de un producto tradicional. A distintos tiempos se tomaron muestras para realizar los distintos ensayos.

EXUDADO

Se determinó el peso del producto al inicio y a cada tiempo de almacenamiento y se expresó como porcentaje refiriendo la diferencia entre ambos al peso inicial. El exudado se evaluó al menos por cuadruplicado.

ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA (TPA)

(Brennan y Bourne, 1994) mediante Texturómetro TAXT2i (Stable Micro Systems, UK) sobre cilindros (1.5 x 1.7 cm) cortados en el momento a partir de muestras refrigeradas, realizando diez replicados por formulación, en cuarto de temperatura controlada (20 °C) según Marchetti y col. (2014).

COLOR

Mediante un colorímetro triestímulo (Minolta CR-400, Minolta Corp., Ramsey, New Jersey, EE.UU.) sobre cinco unidades de cada formulación, realizando tres medidas por espécimen.

DETERMINACIÓN DE PH

Empleando un electrodo de punta para muestras sólidas, con referencia Ag/AgCl (Phoenix 557-3512, EE.UU) conectado a un pHmetro (EC30, Hacht, Loveland, CO). Las determinaciones se realizaron por triplicado.

ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS

Se homogenizaron 20-30g de producto procesado con agua peptona y se realizaron apropiadas diluciones seriadas para sembrar placas en profundidad para recuento de microorganismos mesófilos y psicrótrofos totales; hongos y levaduras; *Lactobacillus spp* y Enterobacterias. Para asegurar la calidad sanitaria de los productos se evaluaron al final del almacenamiento refrigerado coliformes totales y *Clostridium* sulfito-reductores.

OXIDACIÓN LIPÍDICA

Se cuantificaron las sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS, Andrés y col. 2012) por cuadruplicado sobre 2g de cada muestra a diferentes tiempos como mg MDA/kg de producto.

DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS

La extracción de lípidos de los productos se realizó mediante el método de Folch (Folch y col., 1957) empleando una mezcla cloroformo:metanol 2:1. Se obtuvieron los metilésteres de los ácidos grasos y extrajeron con éter de petróleo para luego ser analizados con un cromatógrafo Hewlett-Packard 6890 (Hewlett Packard, Palo Alto, CA, EE.UU.) según Pennisi y col. (2010).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Todos los procedimientos estadísticos se llevaron a cabo mediante el software SYSTAT (SYSTAT, Inc., Evanston, IL, EE.UU.). Los resultados experimentales se informaron como valor medio \pm el error estándar de la media.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

EXUDADO

Como puede observarse en la Figura 1a el reemplazo parcial de NaCl produjo diferencias significativas en la cantidad de líquido liberado durante el almacenamiento refrigerado de las muestras. El rango de valores obtenidos resultó similar al informado por otros autores para salchichas magras (Barbut, 2008). No se observaron diferencias significativas entre las cuatro formulaciones ensayadas ($P > 0.05$) hasta el día 20. Posteriormente la formulación control sin reemplazo de sodio (T1 Na) arrojó valores más bajos evidenciando una mejor capacidad de retención de líquido. Los bajos niveles de NaCl o altos de KCl en las formulaciones reducidas en sodio podrían disminuir la concentración de proteínas extraídas/solubilizadas que participan en la formación del gel emulsionado.

PERFIL DE TEXTURA

Al inicio del almacenamiento la dureza y masticabilidad (Figura 1b y c) de los productos reducidos en sodio (T0, 1 y 2 Na/K) fueron inferiores a los obtenidos en el control (T1 Na), presentando después incrementos del 19.5 y 14.2 %, respectivamente, al final del almacenamiento, que correlacionaron positivamente ($P < 0.05$) con el exudado de los productos. Otros parámetros no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) con el tiempo de almacenamiento o formulación estudiada (elasticidad = 0.847 ± 0.006 mm/mm; cohesividad = 0.574 ± 0.006 J/J y adhesividad = $28.4 \times 10^{-3} \pm 0.3 \times 10^{-3}$ J), indicando que el reemplazo de Na⁺ por K⁺ en la formulación, así como el almacenamiento refrigerado al vacío por 45 días, no alteró estas características del producto. La resiliencia no varió entre las distintas formulaciones ($P > 0.05$) pero disminuyó significativamente ($P < 0.05$) con el tiempo de almacenamiento (Figura 1d). De estos resultados se infiere que el reemplazo parcial de Na⁺ por K⁺, permitió obtener productos con adecuadas características texturales.

COLOR

Los parámetros de cromaticidad a^* y b^* no reflejaron diferencias significativas ($P > 0.05$) con el tiempo de almacenamiento ni entre las formulaciones, siendo $a^* = 15.35 \pm 0.04$ y $b^* = 14.47 \pm 0.03$. Se encontró una disminución significativa en la luminosidad (Figura 2) de las muestras con el tiempo de almacenamiento ($P < 0.05$) sin presentar diferencias significativas entre formulaciones ($P > 0.05$). Estos resultados coinciden con Horita y col. (2011) quienes estudiaron el reemplazo parcial de NaCl por diferentes combinaciones de sales en formulaciones de mortadela, sin observar modificaciones en a^* y b^* y con Cáceres y col. (2006) para salchichas cárnicas enriquecidas en calcio que observaron una tendencia similar en L^* .

ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS

Los resultados mostraron que el reemplazo parcial de sodio por potasio no afectó el desarrollo microbiano ya que no se observaron diferencias significativas entre las formulaciones ($P > 0.05$) para todos los grupos de microorganismos analizados. En todos los casos la flora dominante pudo definirse como bacterias ácido-lácticas (BAL) psicrótrofas, por el análisis conjunto de las figuras 3a, b y c. Estos resultados están en concordancia con Andrés y col. (2009) y se encuentran dentro de los límites aceptados por el CAA durante todo el período de almacenamiento. Los recuentos de hongos y levaduras y enterobacterias resultaron inferiores al límite de detección del método empleado. El descenso de pH observado con el tiempo de almacenamiento (Figura 3d) ($P < 0.05$) puede adjudicarse al crecimiento de las BAL. Asimismo, los recuentos de *Clostridium* sulfito-reductores y Coliformes totales cumplen con la normativa vigente (Art. 341, CAA 2013). Esto refleja buena calidad microbiológica de las salchichas magras con aceite de pescado reducidas en sodio o no almacenadas al vacío a 4 °C durante 45 días.

ESTABILIDAD OXIDATIVA

En la Figura 4 puede verse que la formulación control T1 Na mostró bajos valores de TBARS resultando en una adecuada estabilidad oxidativa. Entre las formulaciones con reemplazo parcial de sodio, la formulación sin antioxidantes T0 Na/K, presentó un proceso oxidativo avanzado, alcanzando un máximo de TBARS entre 18-20 días, a partir del cual estos niveles se redujeron. Con agregado de tocoferoles a igual nivel del control, T1 Na/K, el reemplazo del sodio por potasio resultó en

un efecto adverso al incrementarse las TBARS entre 23 y 41 días, igualándose a los 45 días. Zanardi y col. (2010) encontraron que un reemplazo parcial de NaCl por combinación de KCl, MgCl² y CaCl² produjo un incremento de TBARS en salchichas fermentadas tipo salame. Un mayor nivel de antioxidantes (T2 Na/K) logró controlar la oxidación lipídica del producto, siendo la evolución de TBARS observada equivalente al de la formulación control T1 Na.

Cabe destacar que todas las formulaciones con agregado de tocoferoles (T1 Na, T1 Na/K y T2 Na/K) mostraron una adecuada estabilidad oxidativa (niveles < 0.41 mg MDA/kg). Similar tendencia fue observada por Mercadante y col. (2010) quienes obtuvieron salchichas con pigmentos naturales con TBARS < 0.38 mg MDA/kg luego de 45 días de almacenamiento, de buena estabilidad oxidativa.

PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS

La sustitución de la grasa vacuna por aceite de origen marino produjo un perfil lipídico de buenas características nutricionales, destacándose un elevado contenido de ácidos grasos mono (AGMI) y poli-insaturados (AGPI), como oleico, EPA y DHA, con una relación media n-6/n-3 de 0.149 (Tabla 2), sensiblemente inferior a la de grasa vacuna (n-6/n-3 = 8.33).

También se evidenció el efecto protector de los tocoferoles agregados a lo largo del almacenamiento sobre varios ácidos grasos. En T0 Na/K, sin tocoferoles, se observó un descenso de los ácidos grasos C17:1 n7, oleico, ALA, EPA y DHA, entre el comienzo y fin del almacenamiento como consecuencia del deterioro oxidativo en el producto. Sin embargo, en la formulación con 3.75 mg/100g de tocoferoles (T1 Na/K) sólo disminuyó el EPA al final del almacenamiento.

Existe una gran cantidad de bibliografía que aporta abundantes evidencias sobre los efectos benéficos para la salud asociados al consumo de AGPI, y dentro de este grupo, principalmente EPA y DHA (Asís, 2006; Coates y col., 2009). Así, Moore y col. (2012) recomendaron una ingesta de 500 mg/día de EPA+DHA, que podría lograrse con 35g de salchichas magras con aceite de pescado, sin tener aparejado elevados niveles de sodio.

En la Tabla 2 también se muestran los valores obtenidos de los índices de aterogenicidad (IA) y trombogenicidad (IT) calculados según Ulbricht y Southgate (1991), que tienen en cuenta las interacciones entre los diferentes ácidos grasos, permitiendo una evaluación integrada de los lípidos y su efecto en la salud corona-

ria. Valores de IA y IT superiores a la unidad (>1) están asociados a un efecto perjudicial para la salud humana (Subhadra y col., 2006). El perfil lipídico de obtenido refleja, a través de estos índices, que hay una disminución del riesgo de afecciones cardiovasculares asociada al consumo de estos productos.

5. CONCLUSIONES

El reemplazo parcial de sodio por potasio en los productos magros conteniendo aceite de origen marino y fitoesteroles resultó en un mayor exudado pero dentro de valores aceptables. Los parámetros fisicoquímicos (rendimiento, textura y color) y microbiológicos fueron adecuados durante los 45 días de almacenamiento bajo vacío a 4 °C. La reducción del contenido de sodio de un 63 % respecto de un producto comercial, y el posterior reemplazo parcial por potasio afectó sensiblemente la estabilidad oxidativa de los productos, resultando necesario un mayor agregado de tocoferoles para controlarla. El bajo aporte calórico y contenido de sodio, con un elevado nivel de ácidos grasos poli-insaturados hacen que el producto presente mejor calidad nutricional respecto a los tradicionales disponibles en el mercado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET, Argentina), la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (Argentina) y la Universidad Nacional de La Plata. Asimismo agradecen la contribución de Milkaut S.A., Arla Foods Ingredients S.A, y Omega Sur S.A., por los materiales suministrados.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRÉS, S. C., Zaritzky, N. E., y Califano, A. N. (2009). *Poultry Science*, 88, 1755-1764.
- ANDRÉS, S.C., Pennisi, S.C., Ranalli, N., Zaritzky, N.E. y Califano. (2012). En: Hendriks, B.P. (Ed.) *Agricultural Research Updates - Volumen 2* (pp. 185 – 211) Nueva York: Nova Science Publishers, Inc. In-press.
- AOAC (1984). *Official methods of analysis* (14th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC (1984).

- ASÍS, A., Banzi, R., Buonocore, C.D., Muzio, M.F., Vitocolonna, M., y Garattini, S. (2006). *International Clinical Psychopharmacology*, 21, 319–336.
- BARBUT S., y Choy V. (2008) *International Journal of Food Science y Technology*, 42, 453–458.
- BETTS, R. y Everis, L. (2003). Campden and Chorleywood Food Research Association, Chipping Campden.
- BRENNAN, J.G., y Bourne, M.C. (1994). *Journal of Texture Studies*, 25, 139–150.
- CAA - Código Alimentario Argentino (2013). Secretaría de Políticas, Regulación e Institutos y Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca Código Alimentario Argentino. Resolución Conjunta 161/2013 y 213/2013 Modificaciones. Disponible en: <http://www.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/215000219999/216121/norma.htm>. Acceso 10-01-2014.
- CÁCERES, E., García, M. L., y Selgas, M. D. (2006). *Meat Science*, 7, 368–377.
- COATES, A.M., Sioutis, S., Buckley, J.D. y Howe, P.R.C. (2009). *British Journal of Nutrition*, 101, 592-597.
- FOLCH, J., Lees, M. y Sloane-Stanley, G.H. (1957). *Journal of Biological Chemistry*, 497-509.
- HORITA, C., Morgano, M., Celeghini, R. y Pollonio, M. (2011). *Meat Science*, 89, 426-433.
- MATTHEWS, K. y Strong, M. (2005). News and views: Salt industry – its role in meat products and the industry’s action plan to reduce it. En: Milton Keynes (Ed) *The meat and livestock commission. British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin*, 30, 55–61.
- MERCADANTE, A.Z., Capitani, C.D., Decker, E.A. y Castro, I.A. (2010). *Meat Science*, 84, 718–726.
- MOORE, R.L., Duncan, S.E., Rasor, A.S., Eigel, W.N. y O’Keefe, S.F. (2012). *Journal of Dairy Science* 95, 6242–6251.
- MARCHETTI, L., Andrés, S.C., Califano, A.N. (2014). *LWT - Food Science and Technology* 51, 514-523.
- MARCHETTI, L., Andrés, S.C., Califano, A.N. (2014). *Meat Science*, 96, 1297-1303.
- PENNISI, S., Ranalli, N., Zaritzky, N., Andrés, S.C., Califano, A.N. (2010). *Meat Science*, 86, 364-370.
- SUBHADRA, B., Lochmann, R., Rawles, S., y Chen, R. (2006). *Aquaculture*, 255, 210–222.
- SANHUEZA, J., Nieto, S., Valenzuela, A. (2004). *Revista Chilena Nutricion*, 31, 84-92.
- TOTOSAUS, A. y Pérez-Chabela, M.L. (2009). *LWT - Food Science and Technology*, 42, 563–569.
- ULBRICHT, T.L.V., y Southgate, D.A.T. (1991). *Lancet*, 338, 985-992.
- ZANARDI, E., Ghidini, S., Conter, M. y Ianieri, A. (2010). *Meat Science*, 86, 742–747.

7. TABLAS Y FIGURAS

TABLA 1. Niveles de sales y de tocoferoles de las formulaciones almacenadas estudiadas

Formulación	NaCl (g/100g)	KCl (g/100g)	TPP (g/100g)	Mezcla de tocoferoles naturales (mg/100g de aceite)
T1 Na	1.400	-	0.200	3.75
T0 Na/K	0.608	0.492	0.500	-
T1 Na/K	0.608	0.492	0.500	3.75
T2 Na/K	0.608	0.492	0.500	5.00

TABLA 2. Perfil de ácidos grasos de productos T0 Na/K y T1 Na/K al inicio y fin (45 días) del almacenamiento

Ácido Graso (g/100g)	T0 Na/K		T1 Na/K	
	Inicial	Final	Inicial	Final
AGS	31.6 ^a	32.6 ^a	30.1 ^a	30.5 ^a
AGMI	35.7 ^a	33.2 ^b	36.9 ^a	36.4 ^a
AGPI	32.1 ^b	24.0 ^c	32.0 ^b	30.4 ^b
n-3	28.0 ^b	21.5 ^c	27.8 ^b	26.3 ^b
n-6	4.10 ^a	2.50 ^b	4.20 ^a	4.10 ^a
n-6/n-3	0.147 ^a	0.116 ^b	0.152 ^a	0.156 ^a
Índice de Aterogenicidad (IA)	0.31 ^b	0.40 ^a	0.29 ^b	0.31 ^b
Índice de Trombogenicidad (IT)	0.17 ^a	0.22 ^a	0.15 ^a	0.16 ^a

*Medias en la misma fila con distinto supraíndice, presentan diferencias significativas ($P < 0.05$).

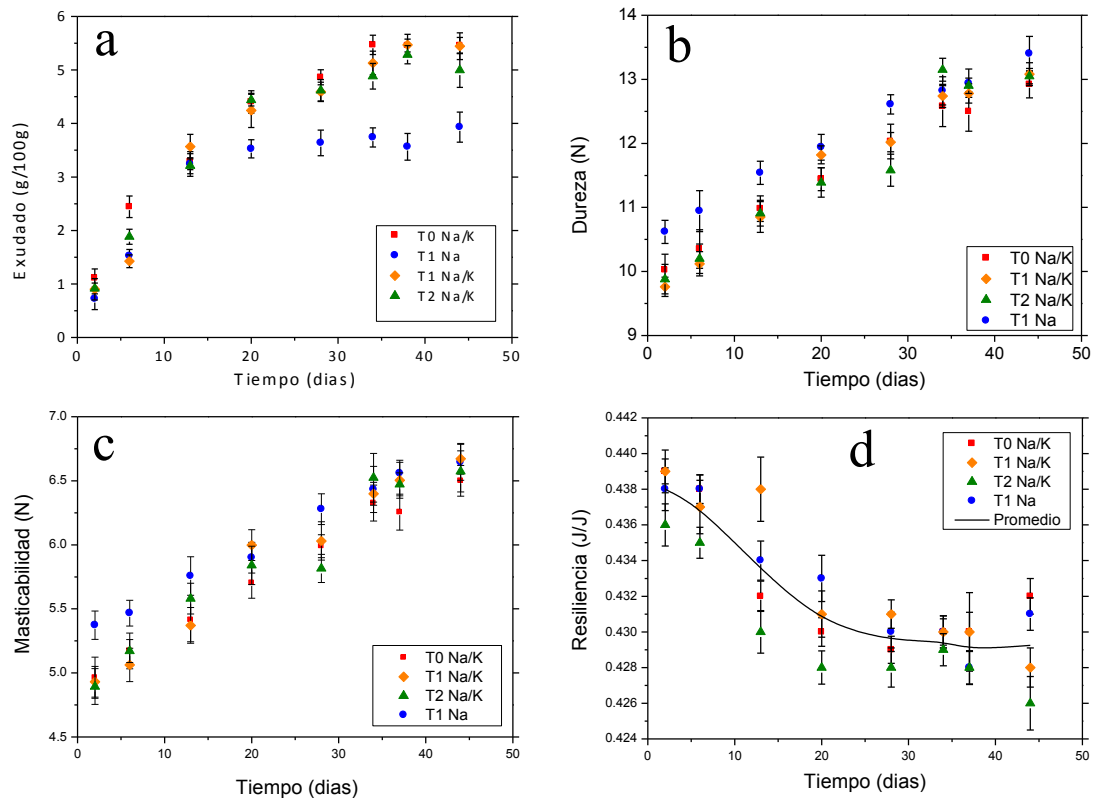


FIGURA 1. Exudado (a) y parámetros de TPA: dureza (b), masticabilidad (c) y resiliencia (d) de los productos durante el almacenamiento refrigerado bajo vacío

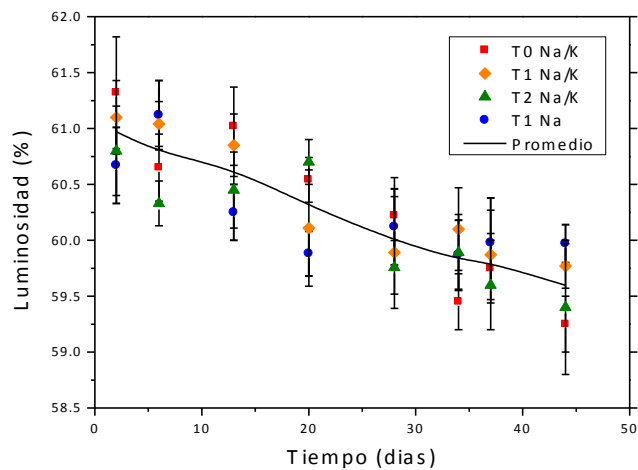


FIGURA 2. Variación de la Luminosidad durante el almacenamiento refrigerado bajo vacío

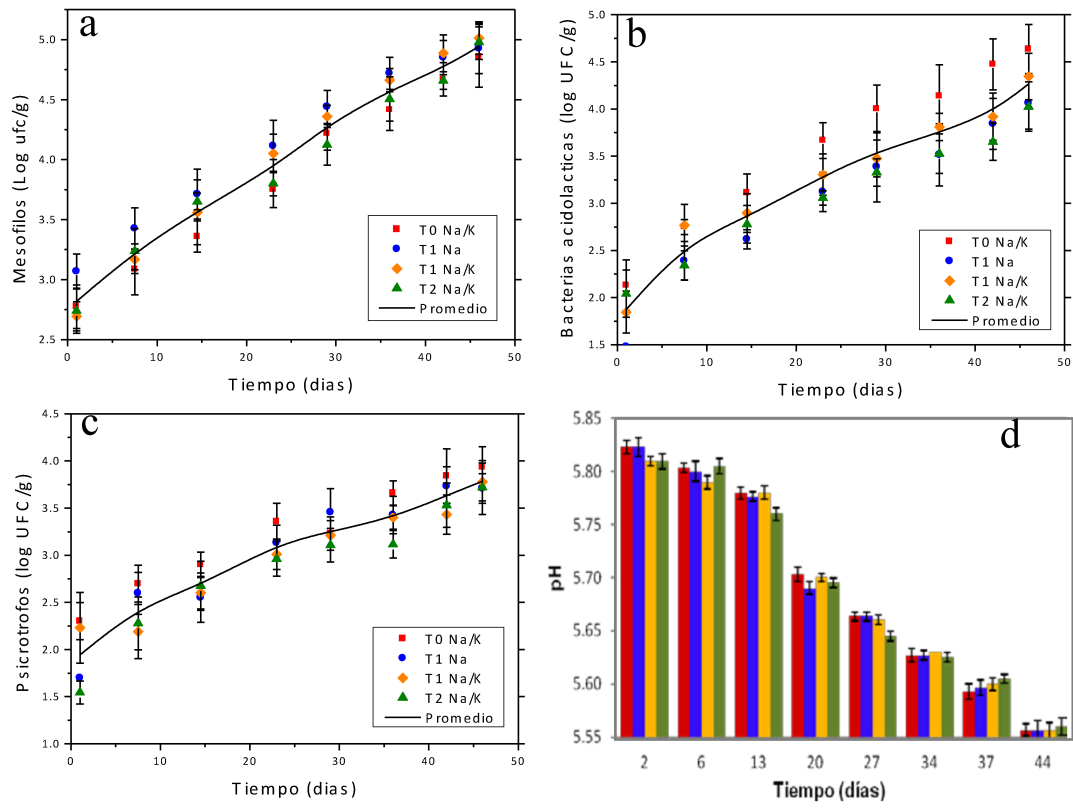


FIGURA 3. Recuento de microorganismos mesófilos (a), bacterias ácido lácticas (b) y psicrótrofos (c) y pH (d). ■ T0Na/K, ● T1Na, ◆ T1Na/K, ▲ T2Na/K, ■ T1Na.

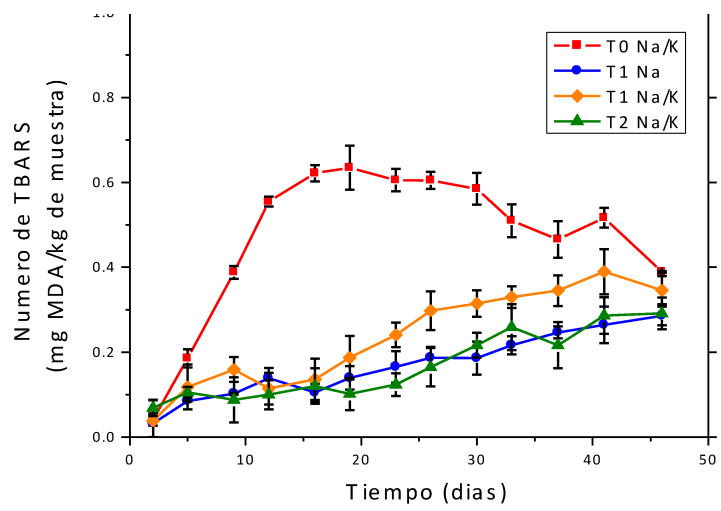


FIGURA 4. Efecto del contenido de tocoferoles y sales en la evolución de TBARS durante el almacenamiento refrigerado