

Tesis de Posgrado

Efecto del SO₂ residual y de la permeabilidad gaseosa de la película de envase sobre el desarrollo microbiano en papas pre-peladas

Giannuzzi, Leda

1989

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias Químicas de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Giannuzzi, Leda. (1989). Efecto del SO₂ residual y de la permeabilidad gaseosa de la película de envase sobre el desarrollo microbiano en papas pre-peladas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_2277_Giannuzzi.pdf

Cita tipo Chicago:

Giannuzzi, Leda. "Efecto del SO₂ residual y de la permeabilidad gaseosa de la película de envase sobre el desarrollo microbiano en papas pre-peladas". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1989.

http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_2277_Giannuzzi.pdf

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

EFFECTO DEL SO_2 RESIDUAL Y DE LA PERMEABILIDAD GASEOSA
DE LA PELICULA DE ENVASE SOBRE EL DESARROLLO MICROBIANO
EN PAPAS PRE-PELADAS

Leda Giannuzzi

Tesis presentada para optar al
titulo de Doctor en Ciencias Químicas

1989

-2.244-
Fig: 2.

EL PRESENTE TRABAJO DE TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE DOCTOR
EN CIENCIAS QUIMICAS FUE REALIZADO EN EL CENTRO DE
INVESTIGACION Y DESARROLLO EN CRIOTECNOLOGIA DE ALIMENTOS,
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE
LA PLATA, BAJO LA DIRECCION DE LA DRA. NOEMI E. ZARITZKY

A mi hijo Nicolás

A sus padres

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Noemí E. Zaritzky, por haber posibilitado mi iniciación en la investigación, brindándome su guía, amplio conocimiento y experiencia.

Al Dr. Alfredo Calvelo y a la Dra. María Cristina Añón por haberme permitido realizar tareas de investigación en este Centro.

A Cr. Enrique Sotelo por su colaboración en la realización del análisis de costos.

A la Sta. Teresa E. Quattrini por su dedicación en el tipeo de esta tesis.

Al Sr. Vicente Valenti por su ayuda en la preparación del material.

A mis compañeros del CIDCA por su amistad y compañerismo.

Al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia. de Buenos Aires por permitir la concreción de este trabajo a través de las becas otorgadas.

RESUMEN

El oscurecimiento del parénquima lesionado de la papa pre-pelada se debe a reacciones de pardeamiento enzimático que conducen a la formación de pigmentos melánicos afectando la calidad del producto. Los métodos de control se basan en la aplicación de antioxidantes seguido de un envasado en películas plásticas de distinta permeabilidad al oxígeno.

El dióxido de azufre ha sido usado como inhibidor del crecimiento microbiano en una gran variedad de productos alimenticios y es agregado como un agente antioxidante retardando las reacciones de pardeamiento. De acuerdo con FAO/WHO (1974) el valor de Ingesta Diaria Admisible (IDA) es de 50 mg SO₂/día. Recientemente se ha informado que el bisulfito de sodio puede causar reacciones alérgicas en un pequeño porcentaje de consumidores. Por esta razón otros agentes antioxidantes han sido estudiados como posibles alternativas al uso del bisulfito en alimentos.

Este estudio ha analizado los efectos simultáneos de la concentración de distintos preservadores químicos y la permeabilidad gaseosa de la película de envase sobre el desarrollo microbiano de papas pre-peladas identificándose la composición bacteriana y completando los estudios con determinaciones de color, textura y exudado con el objeto de especificar períodos de conservabilidad del producto y disminuir en lo posible los niveles de preservador empleado.

Los preservadores estudiados fueron: bisulfito de sodio, ácido cítrico, ácido ascórbico y eritorbato de sodio solo o en combinaciones; las películas de envase fueron polietileno y EVA-

SARAN-EVA. Se analizó la flora bacteriana predominante realizándose los ensayos de identificación correspondientes y se estudió el posible desarrollo de patógenos. Utilizando medios de cultivo adecuados se determinaron recuentos de microorganismos viables totales, microorganismos que desarrollan en anaerobiosis, microorganismos psicrófilos, Pseudomonas y Enterobacteriaceae.

La información obtenida respecto a la concentración de preservador en la papa, geometría del producto, película de envase y temperatura de almacenamiento se expresó en términos del Índice de Inhibición microbiana. Se estableció la velocidad de crecimiento y fase de latencia de cada uno de los microorganismos investigados para los diferentes condiciones de envase y concentración de preservador empleado.

La efectividad del preservador se vio acentuada al emplearse películas de baja permeabilidad al oxígeno.

Además, se analizó estadísticamente si existía efecto sinergista en la inhibición microbiana cuando se aplicaban mezclas de preservadores.

A partir de los datos experimentales, se determinaron las concentraciones de preservador necesarias para extender la vida útil del producto según la película plástica empleada teniendo en cuenta los otros parámetros tecnológicos tales como color, textura y producción de exudado.

Finalmente, se ha realizado un análisis económico de las distintas alternativas presentándose las opciones de procesamiento recomendables que conducen a la extensión de la vida útil del producto con los menores costos asociados.

INDICE

Capítulo 1: INTRODUCCION

1.1 Producción de la papa en la Argentina	2
1.2 Características de los cultivares	3
1.3 Composición química	7
1.3.1 Almidón	8
1.3.2 Azúcares	10
1.3.3 Polisacáridos (excepto almidón)	11
1.3.4 Fenoles y sustancias relacionadas	12
1.3.5 Nitrógeno	12
1.3.6 Materia seca	13
1.4 Densidad	14
1.5 Industrialización de la papa	15
1.6 Papas pre-peladas	14
1.7 Reacciones de pardeamiento en papa y su control	16
1.8 Conservadores químicos	21
1.8.1 Dióxido de azufre	23
1.8.1.1 Propiedades y aplicaciones	23
1.8.1.2 Toxicidad	28
1.8.1.3 Regulaciones	30
1.8.2 Acido cítrico	32
1.8.2.1 Propiedades y aplicaciones	32
1.8.2.2 Toxicidad y regulación	34
1.8.3 Acido ascórbico y eritorbato de sodio	35
1.8.3.1 Propiedades y usos	35
1.8.3.2 Regulaciones	38
1.8.4 Acido sórbico	38

1.8.4.1	Propiedades y aplicaciones	38
1.8.4.2	Toxicidad y regulaciones	39
1.9	Envasado: Utilización de películas plásticas	40
1.9.1	Características de las envolturas de material plástico ..	40
1.9.2	Películas plásticas para el envasado de papas pre-peladas	44
1.10	Alteraciones en la calidad de las papas pre-peladas	45
1.11	Alteraciones microbiológicas en las papas	47
1.12	Objetivos	52

Capítulo 2: MATERIALES Y METODOS

2.1	Preparación de las muestras	55
2.2	Determinación de la concentración SO ₂ en papas pre-peladas	57
2.3	Determinación de ácido ascórbico y eritorbato de sodio en papas pre-peladas	62
2.4	Determinación de ácido cítrico en papas pre-peladas	63
2.5	Determinación de la coloración superficial	64
2.6	Determinaciones de textura	66
2.7	Determinación de exudado	67
2.8	Determinaciones microbiológicas	68
2.9	Análisis estadístico	76

Capítulo 3: EFECTO DEL RESIDUO DE SO₂ EN LOS PARAMETROS DE CALIDAD DE PAPAS PRE-PELADAS

3.1	Residuo de SO ₂ en papas pre-peladas	79
3.2	Efecto de las condiciones operativas en el residuo de SO ₂ presentes en papas pre-peladas	81

3.2.1 Efecto de la concentración de la solución de inmersión, de la geometría del producto y del tiempo de inmersión en el valor de SO ₂ residual.....	82
3.2.2 Efecto del pH de la solución de inmersión sobre el valor de SO ₂ residual presente en papas pre-peladas	86
3.3 Efecto de la permeabilidad gaseosa de la película de envase en el residuo de SO ₂	90
3.4 Efecto del tiempo de cocción sobre el residuo de SO ₂	92
3.5 Influencia del residuo de SO ₂ y de la permeabilidad de la película de envase en los atributos de calidad de papas pre-peladas	93
3.5.1 Coloración superficial	93
3.5.2 Efecto del residuo de SO ₂ , geometría del producto en la producción de exudado	97
3.5.3 Efecto del pH de la solución de inmersión sobre la producción de exudado en papas envasadas en películas de baja permeabilidad gaseosa	101
3.5.4 Efecto del residuo de SO ₂ sobre las modificaciones de textura	102
3.6 Conclusiones	104

Capítulo 4: EFECTO DEL SO₂ Y DE LA TEMPERATURA SOBRE EL DESARROLLO MICROBIANO EN PAPAS PRE-PELADAS ENVASADAS EN PELICULAS DE DIFERENTE PERMEABILIDAD GASEOSA

4.1 Análisis de la flora microbiana	106
4.2 Desarrollo microbiano en papas pre-peladas tratadas con bisulfito de sodio envasados en películas de alta permeabilidad gaseosa	108

4.3 Desarrollo microbiano en papas pre-peladas tratadas con bisulfito de sodio y envasadas en películas de baja permeabilidad gaseosa	113
4.4 Modificaciones en la geometría del producto: papas cubo ..	117
4.5 Índice de inhibición microbiana	118
4.6 Ruptura de la cadena de frío	124
4.7 Efecto de la película de envase, temperatura de almacenamiento y concentración de SO ₂ sobre el crecimiento de Pseudomonas sp., Enterobacteriaceae, microorganismos psicrófilos y microorganismos que crecen en anaerobiosis	125
4.7.1 Pseudomonas sp.	126
4.7.2 Enterobacteriaceae	129
4.7.3 Microorganismos psicrófilos	133
4.7.4 Microorganismos que crecen en anaerobiosis	136
4.8 Discusión de resultados	139
4.9 Tiempo de vida útil	140

Capítulo 5: ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN EL EMPLEO DE PRESERVADORES QUÍMICOS

5.1 Concentración residual en papas de los preservadores químicos ensayados	144
5.1.1 Acido cítrico	144
5.1.2 Acido ascórbico	145
5.1.3 Eritorbato de sodio	147
5.2 Efecto de la concentración de los preservadores en el baño de inmersión sobre su dosaje en papas pre-peladas	147

5.3	Influencia de distintos preservadores químicos en la calidad microbiológica y en la coloración superficial de papas pre-peladas envasadas en polietileno	149
5.3.1	Acido cítrico, ácido ascórbico y eritorbato de sodio ...	149
5.3.2	Utilización de preservadores químicos en forma combinada	152
5.3.3	Acción combinada de ácido cítrico y bisulfito de sodio sobre los parámetros de calidad del producto durante el almacenamiento	154
5.3.4	Vida útil de las papas pre-peladas envasadas en polietileno	158
5.4	Efecto de distintos preservadores químicos en la calidad microbiológica de papas pre-peladas envasadas en películas de baja permeabilidad gaseosa	161
5.4.1	Acido cítrico	161
5.4.2	Acido ascórbico	165
5.4.3	Eritorbato de sodio	168
5.4.4	Efecto de la combinación de los preservadores sobre la calidad microbiológica de papas pre-peladas	170
5.4.4.1	Combinación de ácido cítrico/bisulfito de sodio (0.5 %/0.5 %)	172
5.4.4.2	Mezcla de ácido cítrico con eritorbato de sodio	
	a) Eritorbato de sodio/ácido cítrico (1%/1%)	176
	b) Eritorbato de sodio/ácido cítrico (2%/2%)	178
	c) Eritorbato de sodio/ácido cítrico (0.5%/0.5%)	181
5.4.4.3	Mezclas triples: ácido cítrico/ácido ascórbico/ sorbato de potasio (1%/1%/0.2%)	183
5.5	Tiempo de vida útil en papas pre-peladas envasadas en películas de baja permeabilidad gaseosa	186

5.6 Selección de alternativas en base a la vida útil y costos	189
<u>Capítulo 6: CONCLUSIONES</u>	192
<u>REFERENCIAS</u>	197
<u>APENDICE I</u>	210
<u>APENDICE II</u>	211
<u>APENDICE III</u>	213
<u>APENDICE IV</u>	214
<u>APENDICE V</u>	220

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1 Producción de la papa en la Argentina

Mundialmente el cultivo de papa está ubicado entre los cuatro más importantes.

En nuestro país el consumo en estado fresco al año es de 50 kg "per capita". De acuerdo con la cantidad de hectáreas sembradas, la producción y el consumo, la papa ocupa el primer lugar entre los cultivos hortícolas. Se cultiva en todo el territorio durante todo el año (Ordoñez y Limongelli, 1980)

En nuestro país se distinguen siete zonas productoras de papa:

- 1) Región sudeste de la provincia de Buenos Aires: corresponde a los partidos de Balcarce, General Alvarado, Lobería, General Pueyrredón, Tandil, General Madariaga, Mar Chiquita y Necochea.
- 2) Región sur de Santa Fé y norte de Buenos Aires: formada por los departamentos de San Lorenzo, Iriondo, Rosario y Villa Constitución (provincia de Santa Fé) y los partidos de San Nicolás, Ramallo, San Pedro, Baradero, Zárate y Campana en la provincia de Buenos Aires.
- 3) Región noroeste Argentino: comprende las localidades de Chicligasta, Faimallá, Monteros, Río Chico y Trancas en Tucumán. En Salta las zonas de Orán, Santa Victoria, Campo Santo, Rosario de Lerma, Metán, Yruba, Guachipas y Capital; en Jujuy se cultiva especialmente en Capital, Ledesma, Humahuaca, Tilcara, San Pedro, El Carmen y Santa Bárbara. En Santiago del Estero en La Banda y Robles.

4) Región de la provincia de Córdoba: comprende los regadíos de los alrededores de la ciudad de Córdoba y una zona al oeste de la provincia formada por las localidades de Colón, Río Segundo, Río Cuarto, San Alberto, Santa María, General San Martín, General Belgrano, Totoral, Juárez Celman y San Javier.

5) Región de Cuyo: Mendoza: las principales localidades que comprende son: General Alvear, San Rafael, San Carlos, Tunuyán, Tupungato, Luján, Junín, Las Heras, Guaymallén, Maipú, Rivadavia, Santa Rosa y San Martín. En San Luis se cultiva en Pocito, Calingasta, Santa Lucía, Iglesias y Chimbas.

6) Región oeste de Buenos Aires: formada por los partidos de 25 de Mayo, 9 de Julio, Chivilcoy, Mercedes, Alberti, Cañuelas, Monte Luján y General Rodríguez.

7) Región sur de la provincia de Buenos Aires, Río Negro y Neuquén.

1.2 Características de los Cultivares

Los cultivares Huinkul y Kennebec son los más importantes desde el punto de vista del consumo fresco y para la industria. El primero es muy utilizado en el deshidratado y el segundo en deshidratado y en papas fritas ("chips").

Huinkul

Forma redonda, piel semirrugosa y blanca, carne o pulpa blanca, ojos (yemas) superficiales irregularmente distribuidos.

Kennebec

Tubérculos de piel y pulpa blanca, forma elíptica, yemas superficiales escasas.

Las tres variedades más cultivadas son la Huinkul, la Kennebec y la White Rose.

Las papas se clasifican, además, por su época de producción en: temprana, semitemprana, semitardía y tardía (Fig. 1).

Epoca	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J
Temprana	@	@		#	#							
Semitemprana		@	@			#	#					
Semitardía				@	@	@			#	#		
Tardía							@	@			#	#

@ Plantación

Cosecha

Fig. 1: Epoca de producción de papa en la Argentina

Las características que se exigen a un cultivar para su uso industrial son: alto rendimiento, resistencia a los virus, mínimo residuo industrial, forma que simplifique su pelado, superficie suave, baja cantidad de ojos superficiales, alto peso específico y

periodo de almacenamiento adecuado.

En la Tabla I se muestra la evolución de la producción de papa en Argentina.

Tabla I: Producción de la papa, en miles de toneladas, en la Argentina. Fuente: Secretaría de Agricultura y Ganadería

Periodo	papa temprana	semitemprana	semitardía	papa tardía
79/80	133,0	1,2	1.111,0	9,4
80/81	87,0	1,2	1.836,7	7,1
81/82	79,6	1,0	1.420,0	3,7
82/83	84,5	1,0	1.595,0	
83/84	110,0	0,9	1.613,0	---

Almacenamiento:

En Argentina se almacena la papa de la producción semitardía (Balcarce) y tardía (Rosario); el resto se vende en un lapso relativamente breve.

Las técnicas de conservación que se usan son principalmente: las pilas a campo, depósito y frigorífico, este último es de escaso uso en nuestro país a causa del elevado costo.

Los principios de conservación aseguran que las pérdidas por evaporación, respiración, brotación y enfermedades sean mínimas y la calidad se preserve o adecue al futuro uso del producto.

Las condiciones ambientales para la conservación son: aireación, temperatura y humedad.

La aireación es necesaria para el transporte de calor, vapor de agua oxígeno y anhídrido carbónico.

Temperatura:

En construcciones con aislación limitada, tiene influencia la temperatura exterior, y de ella dependerá el periodo de almacenamiento.

El ritmo respiratorio está relacionado con la temperatura de los tubérculos aumentando los mg CO₂/Kg-hora a medida que aumenta la temperatura a partir de los 5°C.

Humedad:

Las papas deben ser almacenadas secas, pero una pérdida de agua demasiado grande es perjudicial y debe evitarse.

Estructura del Tubérculo (*Solanum Tuberosum* L.)

Morfológicamente la papa es un tallo con hojas escamosas y yemas compuestas en las axilas. Los "ojos" son ramas laterales con internodios no desarrollados, en cada "ojo" hay tres yemas.

De afuera hacia adentro se observa (Fig. 2):

- a) Peridermis
- b) Parénquima externo
 - b1) Corteza externa
 - b2) Corteza interna
- c) Anillo vascular
- d) Parénquima interior

d1) Médula externa

d2) Médula interna

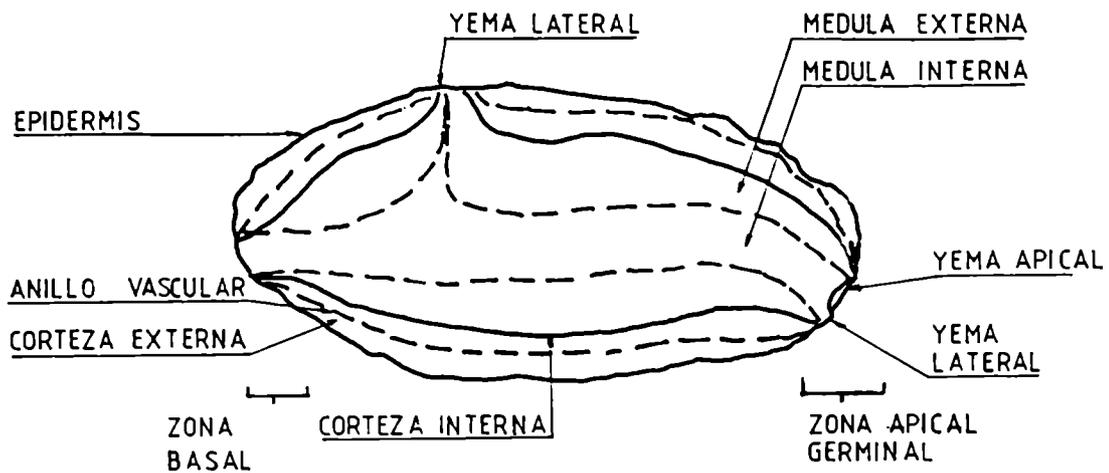


Fig. 2: Corte longitudinal del tubérculo

1.3 Composición Química

Existe una extensa bibliografía sobre la composición química de la papa, sin embargo es difícil obtener una visión clara de su composición ya que ésta depende no sólo de la variedad, sino del lugar del cultivo, grado de madurez durante la cosecha, clima y fertilizantes, condiciones de almacenamiento y otros factores.

Los métodos analíticos empleados difieren, así también como la forma de obtener la muestra ya que algunos resultados son informados para papa sin pelar, otros para pelada y algunos datos no aclaran este punto.

La Tabla II muestra la composición aproximada de la papa así como el rango en que oscilan sus componentes según Talburt y col. (1975).

Tabla II: Composición química de la papa.

Componentes	Promedio (%)	Rango (%)
Agua	77,5	63,2-86,9
Sólidos totales	22,5	13,1-36,8
Proteínas	2,0	0,7- 4,6
Grasas	0,1	0,02- 0,98
Carbohidratos		
totales	19,4	13,3-30,53
fibra cruda	0,6	0,17-3,48
Cenizas	1,0	0,44-1,9

1.3.1 Almidón:

El almidón comprende entre el 65 y el 80 % del peso seco de la papa, y es el componente más importante desde el punto de vista calórico. Su concentración disminuye de afuera hacia adentro de la siguiente forma: corteza 25 % (base húmeda), médula externa 15 % y médula interna aproximadamente 7 %.

A temperaturas de almacenamiento inferiores a 4°C aumentan el contenido de azúcares produciendo "endulzamiento" debido al incremento de sacarosa en el tubérculo. Este endulzamiento influye en forma no deseable en el color y el sabor de las papas fritas.

Las transformaciones que sufre el almidón son el resultado de reacciones catalizadas por distintas enzimas siendo las principales la fosforilasa y las amilasas (Fig. 3).

La fosforilasa cataliza la siguiente reacción:



siendo Gn: glucosa.

La amilasa cataliza la hidrólisis del almidón a maltosa.

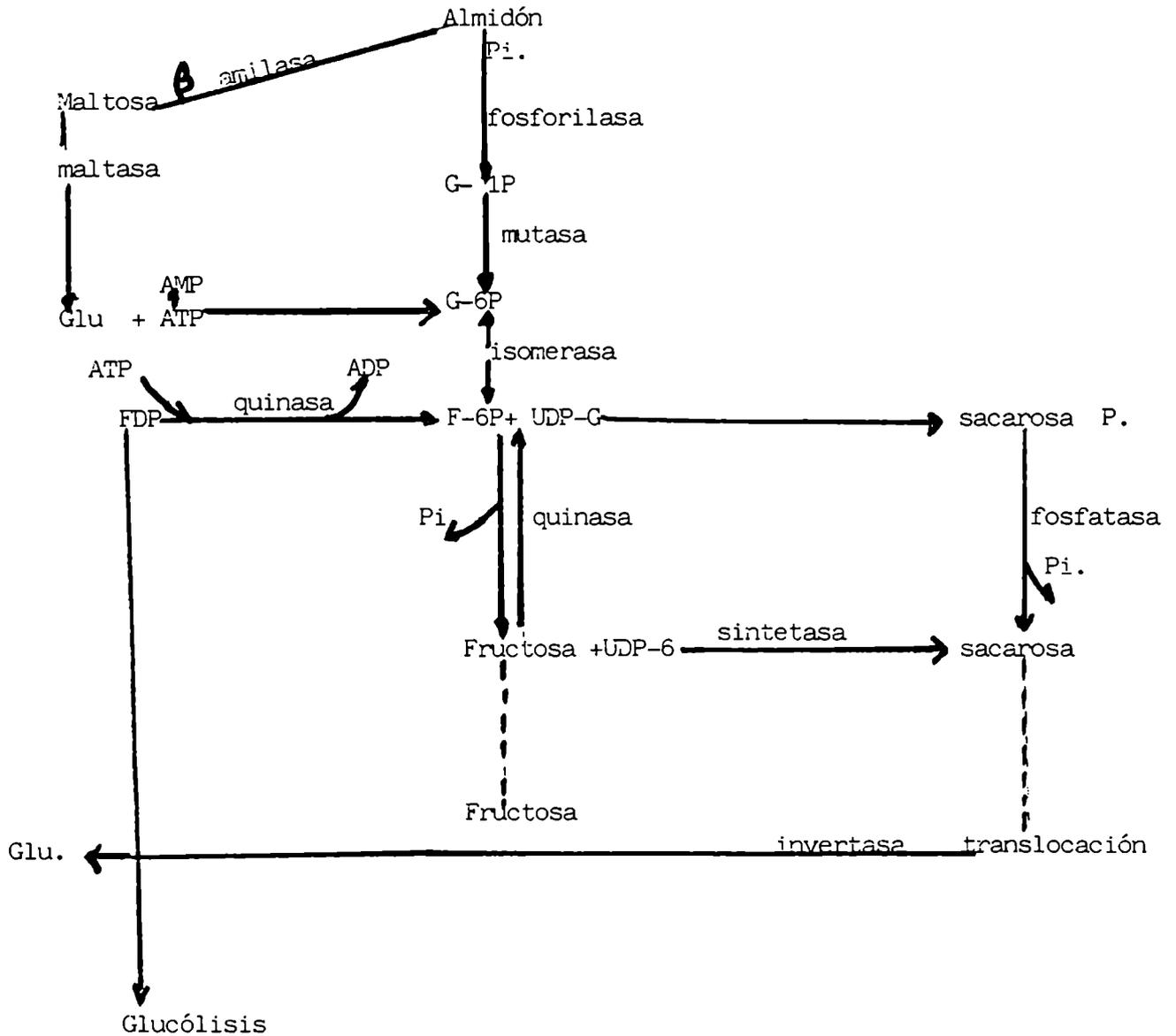


Fig. 3: Metabolismo del almidón

En la interconversión almidón-sacarosa interviene la invertasa o sacarasa, enzima responsable del aumento de azúcares reductores solubles (ARS) a temperaturas \leq a 4°C. Cuando se almacenan a temperaturas superiores a 4°C se desarrollan inhibidores de la invertasa, disminuyendo así los ARS.

1.3.2 Azúcares

El contenido de azúcares puede variar desde trazas hasta tanto como el 10 % en base seca, siendo sus componentes principales sacarosa, glucosa, fructosa. La sacarosa es el azúcar de transporte en el vegetal.

La concentración de sacarosa en el tubérculo, al momento de la cosecha, representa de un 5 % a un 8 % de la materia seca. Durante el almacenamiento este valor cambia por influencia de la temperatura de los depósitos. Este fenómeno se relaciona con las actividades enzimáticas que se ponen en juego como respuesta biológica a cambios de temperatura.

La distribución de los azúcares reductores solubles es irregular, acumulándose en el extremo apical y zonas subyacentes al brote.

En la zona cortical y "ojos" apicales hay concentración de los azúcares solubles y menor cantidad de almidón porque allí se metabolizan con mayor rapidez. En la zona adyacente al brote hay mayor concentración de sacarosa, y en el brote, mayor contenido de glucosa.

La concentración de sacarosa inicial se relaciona con la capacidad potencial de almacenamiento de los tubérculos. Sowokinos (1973) comprobó las relaciones indicadas obteniendo una concentra-

ción de sacarosa superior a 0.28 mg/g de tejido para papas almacenadas durante un periodo corto (0.5 - 5.3 meses), mientras que la concentración de sacarosa fue 1 - 2.8 mg/g de tejido para periodos largos de conservación (7 - 11 meses), siendo la temperatura de almacenamiento 11.7°C.

También se han detectado en forma de trazas, maltosa, xilosa, rafinosa, melobiosa, heptulosa y algunos azúcares fosfatados y en cantidades significativas, inositol (Schwimmer y col. 1954).

Ordoñez y col. (1980) informan concentraciones iniciales de glúcidos reductores solubles entre 40 y 60 mg % en cultivar Kennebec, dependiendo de la procedencia del material analizado.

1.3.3 Polisacáridos (excepto almidón)

Se los puede dividir en: a) fibra cruda, b) celulosa, c) sustancias pécticas, d) hemicelulosa, e) otros polisacáridos.

Fibra cruda es el nombre que se le dá a la porción seca del tubérculo después de haber separado todos los compuestos solubles. La mayor parte del almidón y componentes nitrogenados constituye aproximadamente el 1 % del peso seco.

La celulosa está presente en la membrana de soporte de la pared celular.

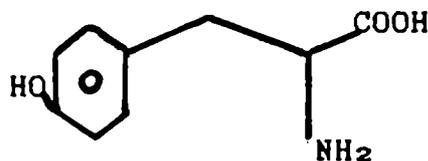
Las sustancias pécticas son polímeros del ácido galacturónico. Su función es actuar como agentes cementantes en la laminilla media y en la pared celular. Por lo tanto, las materias pécticas están comprometidas en la cohesión de las células, influyendo en la característica organoléptica de la textura. Las sustancias pécticas, se encuentran en concentraciones entre el 0,7 y el 1,5 % del peso seco (Potter and Mc Comb, 1957).

Los polisacáridos mencionados hasta ahora son insolubles en

etanol caliente, pero la papa contiene oligosacáridos solubles en etanol que consisten en residuos de fructosa y glucosa.

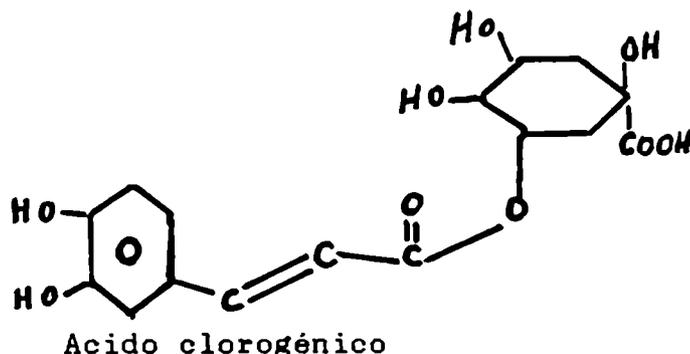
1.3.4 Fenoles y Sustancias Relacionadas

La tirosina es el principal componente fenólico de la papa, y está presente en la parte más interna del tubérculo, constituyendo entre el 0,1 y 0,3 % de su peso seco.



tirosina

Su mayor concentración se la encuentra en el extremo del tubérculo más cercano a la implantación del tallo (Stem end). Otro componente importante debido a su relación con el ennegrecimiento que presentan algunas papas luego de cocidas es el ácido clorogénico. Constituye entre el 0,025 y 0,150 % del peso seco del tubérculo y está concentrado en una fina capa en el tejido peridérmico adyacente a la piel.

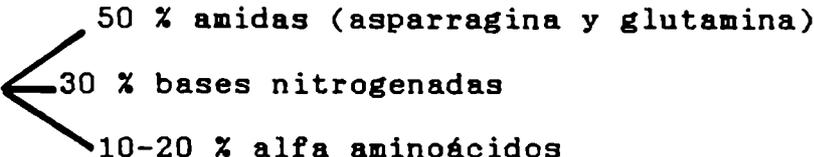


Acido clorogénico

1.3.5 Nitrógeno

El contenido de nitrógeno total del tubérculo oscila entre 1

y 2 % del peso seco del mismo. Del nitrógeno total, sólo el 50 % corresponde a nitrógeno proteico.

Fracción de nitrógeno no proteico (NNP) 

- 50 % amidas (asparragina y glutamina)
- 30 % bases nitrogenadas
- 10-20 % alfa aminoácidos

Estas dos amidas son la forma de acumular el amoníaco en reacciones metabólicas.

Como consecuencia de la movilización de las proteínas durante la conservación, los aminoácidos libres aumentan. Estas modificaciones bioquímicas, en cuanto a los compuestos nitrogenados, son importantes de tener en cuenta para el procesado industrial.

Según Desborough (1974) y Tasavskaya (1966) las proteínas totales pueden fraccionarse en: globulinas 60-70 %, glutelinas 20-40 %, mucoproteínas 0,37 %; no hay albúminas ni proalaninas presentes.

En cuanto a la calidad de la proteína de papa, diremos que es una proteína completa. Es prácticamente equivalente a la caseína con respecto a los aminoácidos que contiene. Los aminoácidos esenciales más abundantes en ella son: treonina, leucina, fenilalanina, lisina (Desborough, 1974). Si bien los aminoácidos esenciales se encuentran principalmente como componentes de las proteínas, tanto éstos como los no esenciales, se presentan al estado libre (Desborough, 1974).

1.3.6 Materia Seca

La materia seca de los tubérculos representa el conjunto de los constituyentes: hidratos de carbono, proteínas, lípidos, sa-

les orgánicas e inorgánicas, vitaminas, nucleóticos, como componentes más abundantes.

Independientemente de la composición cualitativa, el total de la materia seca es un valor de importancia real en la química bromatológica, la nutrición y también en aspectos relacionados con el procesado industrial de los tubérculos.

Burton (1968) clasificó a los tubérculos en base a su contenido en materia seca: nivel elevado 23 %, mediano 21-23 %, y bajo cuando es inferior a 21 %; así los promedios de materia seca para los cultivares Hinkul, Kennebec son: 23,4 % y 20,1 % respectivamente.

1.4 Densidad

La densidad de los tubérculos de papa mide el total de sólidos y se encuentran en relación directa con el contenido de materia seca ya que esto permite conseguir mejores rendimientos y menos absorción de aceite (Lulai y Orr, 1979).

La densidad de las papas varía entre las distintas variedades cultivadas bajo iguales condiciones y dentro de una misma variedad, cuando se trata de distintas condiciones de suelo, clima y prácticas de cultivo.

Numerosos autores han presentado correlaciones entre la densidad y el contenido de materia seca, y entre aquella y el contenido de almidón (Schippers, 1976; Fitzpatrick y col., 1969); pero no es posible extrapolar directamente estos resultados a los tubérculos nacionales, ya que factores como variedad, composición interna del tubérculo, lugar de cultivo, etc., pueden producir variaciones en los factores de regresión.

La densidad de los tubérculos del cultivar Kennebec varía entre 1060 y 1100 kg/cm³ (Kirkpatrick y col., 1956).

1.5 Industrialización de la papa

Existen numerosos productos y subproductos provenientes de la industrialización de la papa:

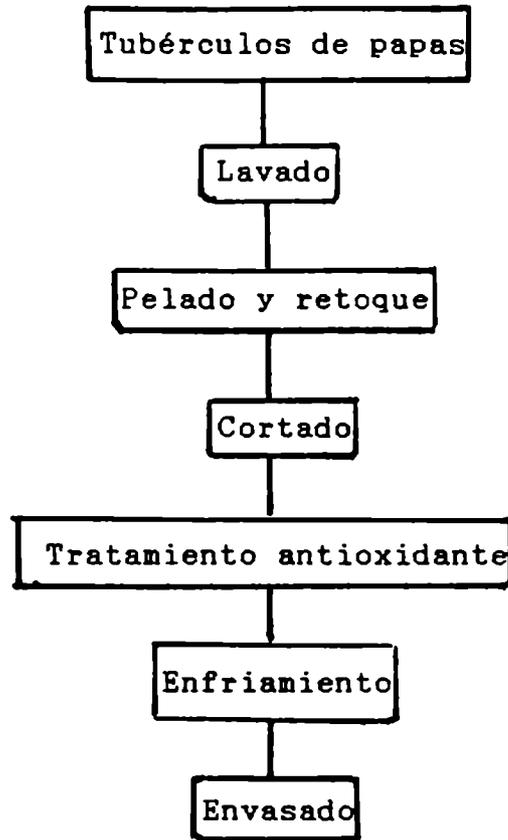
1. Papas fritas para copetín.
2. Papas fritas congeladas en bastones.
3. Cubos de papas escaldados y congelados.
4. Puré de papas deshidratadas.
5. Papas pre-peladas.
6. Harina de papas.
7. Almidón de papa.
8. Papas enlatadas.
9. Alimento para ganado.

De todos estos productos, haremos referencia fundamentalmente a las papas pre-peladas.

1.6 Papas pre-peladas

Las papas peladas son actualmente aprovechadas en forma congelada, pero el término "pre-pelado" es aceptado cuando se refiera a la distribución de papas peladas en un corto período de vida útil. Son productos perecederos generalmente preservados de la reacción de pardeamiento por algún tratamiento químico y almacenados a temperaturas cercanas a los 10°C.

A continuación se muestra el esquema de los pasos seguidos en la industrialización de papas pre-peladas.



1.7 Reacciones de Pardeamiento en papa y su control

Hay tres tipos de reacciones que conducen a cambios de coloración en papas como resultado de ciertas condiciones fisiológicas y reacciones químicas; ellas son:

1. Pardeamiento enzimático de papas crudas, peladas.
2. Oscurecimiento post-cocción.
3. Reacciones de pardeamiento no enzimático, las cuales tienen lugar a altas temperaturas durante la preparación de papas fritas o deshidratadas.

En el presente estudio interesa el pardeamiento enzimático de papas peladas, trozadas crudas.

La piel protege a la papa de la tierra, hongos y bacterias, permite el paso de los gases producidos durante el metabolismo de la misma y retarda la pérdida de humedad. Es dura, resiste a la abrasión y al abuso durante el manipuleo y almacenaje.

Durante el pelado algunas células del tubérculo y la superficie de la papa son expuestas al aire y por lo tanto a la contaminación.

El pelado cambia a la papa de ser un vegetal relativamente estable con un período de vida de algunos meses a uno perecedero que debe permanecer a bajas temperaturas para mantenerlo por algunos días.

El pardeamiento enzimático es el resultado de intrincadas reacciones bioquímicas. Como consecuencia de ellas el parénquima lesionado adquiere color pardo. Una de las más importantes enzimas comprometidas en este fenómeno es la tirosinasa.

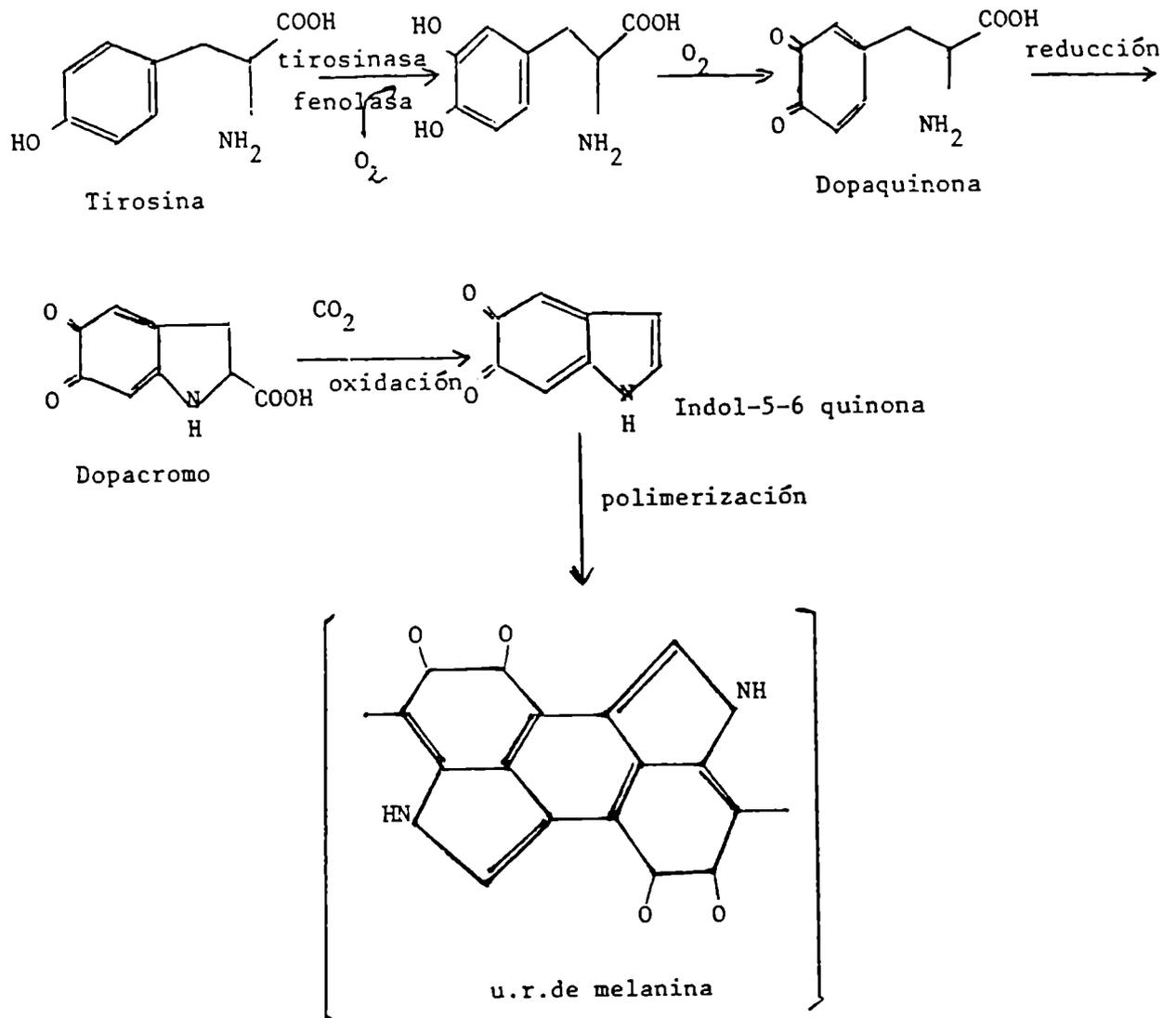
La tirosinasa es una oxidoreductasa, provoca la hidroxilación de monofenoles y la oxidación de difenoles a quinonas.

La tirosinasa, al provocar la oxidación de la tirosina o de la DOPA (dihidroxifenil alamina) produce compuestos cuya oxidación espontánea y posterior polimerización determina la formación de los pigmentos melánicos.

Estos pigmentos, de naturaleza indólica, son de elevado peso molecular, insolubles en la mayoría de los solventes y con coloraciones pardo o canela y hasta negro intenso.

El ácido clorogénico está también involucrado al menos en parte en el pardeamiento enzimático del tejido dañado de papa. Los

intermediarios de esta conversión incluyen al fenol-dihídrico, la dihidroxifenil alanina (DOPA), la dopaquinona y dopacromo.



Para la industria es muy importante resolver la inactivación de la tirosinasa; se debe minimizar la actividad de esta enzima de manera económica y al mismo tiempo no alterar las características de la materia prima ni las del producto terminado.

Para que el pardeamiento enzimático ocurra, es esencial la presencia de oxígeno, enzima, cobre y sustrato. Para controlar esas reacciones, dichos componentes deben ser eliminados.

Oxígeno:

Eliminando el oxígeno de la superficie de las papas cortadas las reacciones de pardeamiento son retardadas en forma apreciable, pero resultan activadas cuando el oxígeno está nuevamente presente. La exclusión del oxígeno es posible por inmersión en agua, jarabe, salmuera, por desoxigenación en vacío o por el agregado de sustancias que capturen el oxígeno como puede ser el ácido ascórbico o el eritorbato de sodio.

Enzima:

El tratamiento por calor, tal como el escaldado de vegetales frescos causa daño en la textura del producto lo cual es indeseable. La enzima tirosinasa responsable del pardeamiento en vegetales presenta un pH óptimo en un rango de 6.0 - 7.0; si se disminuye el pH del medio a valores cercanos a 3, la actividad de la enzima es inhibida, esto se logra sumergiendo el producto en soluciones de ácidos como el cítrico, láctico, málico, ascórbico. Sin embargo, el pH debe ser mantenido cercano a 3 durante el almacenamiento para que este tratamiento sea efectivo. Además, se puede inhibir irreversiblemente la enzima mediante el agregado de SO₂ que modifica la estructura proteica con retención de la unidad molecular (Sayavedra Soto y Montgomery, 1986).

Cobre:

La enzima fenolasa contiene cobre como grupo prostético (grupo no proteico de la enzima). El uso de agentes secuestrantes de iones cobre, puede disminuir el grado de pardeamiento alcanzado pero no puede evitarlo completamente; entre los secuestrantes más comunes utilizados se encuentran: EDTA, ácido cítrico, ácido as-

córbico.

Sustrato:

Los sustratos utilizados por la enzima son sustancias fenólicas tales como ácido cafeico, ácido clorogénico y tirosina. Estos sustratos pueden ser modificados químicamente para prevenir la oxidación; pero los reactivos conocidos no son posibles de usar en alimentos.

De acuerdo a lo antedicho, para impedir la reacción de pardeamiento se puede recurrir a los siguientes métodos:

- 1) Reducción del pH a valores cercanos a 3 para inactivar la enzima por medio del agregado de ácido cítrico, ascórbico, etc.
- 2) Utilización de agentes secuestrantes tales como EDTA, ácido cítrico.
- 3) Eliminación del oxígeno del medio por el agregado de antioxidantes como el ácido ascórbico, eritorbato de sodio y/o envasado al vacío.
- 4) Inhibición de las enzimas que catalizan la reacción de pardeamiento mediante el agregado de dióxido de azufre.

En el caso de papas pre-peladas, los métodos industriales más comunes de control del pardeamiento se basan en la utilización de soluciones de bisulfito de sodio con adición de ácido cítrico o sales de EDTA que también contribuyen a prevenir el oscurecimiento post-cocción (Talbert y Smith, 1975).

En los últimos años se implementó la utilización de vacío y películas de baja permeabilidad al oxígeno con el objeto de mejorar la calidad del producto. Este procedimiento permitiría reducir la concentración del preservador empleado.

Un estudio sobre efectos de otros preservadores, requiere de un análisis previo del efecto del sulfito sobre el producto así como la búsqueda de alternativas basadas en el agregado de otros preservadores solos o en mezclas conjuntamente con el envasado en películas de baja permeabilidad al oxígeno.

1.8 Preservadores Químicos

Se entiende por aditivo alimentario toda sustancia, o mezcla de sustancias que, sin constituir por sí misma un alimento, ni poseer valor nutritivo (si lo tienen, su uso no depende de este valor), se agrega intencionalmente a los alimentos en cantidad mínima, con el objeto de modificar sus características organolépticas, mejorar o facilitar su proceso de elaboración, conservación y/o uso.

Existe una revisión permanente de los aditivos en cuanto a su utilidad según los avances tecnológicos, conocimientos toxicológicos, etc.

Para juzgar la inocuidad de una sustancia-aditivo se consideran los siguientes criterios: toxicidad aguda, subcrónica, crónica, acción cancerígena, mutagénica, teratogénica, comportamiento bioquímico (Mohino Sanchez, 1984).

Aunque las consideraciones de orden toxicológico son las prioritarias al evaluar un aditivo, existen otras como la justificación de su empleo tecnológico, ya que el aditivo no debe enmas-

carar una deficiencia del alimento o la materia prima a emplear, o inducir a error al consumidor.

Sucede con frecuencia que según sean las costumbres alimentarias de las poblaciones en las diversas regiones, los contenidos máximos tolerables para un aditivo determinado en un alimento no serán iguales, estando lógicamente en relación con la cantidad diaria que se ingiere de dicho alimento.

En principio, el uso de un aditivo, en las dosis autorizadas por la legislación no produce ningún riesgo de toxicidad, ya que han pasado previamente una evaluación toxicológica, que ha permitido definir una Ingesta Diaria Admisible, expresada en mg o gr por kilo de peso corporal.

Un preservador químico ideal debe ser capaz de inhibir el crecimiento de hongos, levaduras y bacterias, no ser tóxico, no debe almacenarse en tejido graso, ha de ser soluble en agua pues si se solubiliza en lípidos no podría aprovecharse su acción antimicrobiana dado que los microorganismos crecen en la fase acuosa de los alimentos, ser estable en el producto y no reaccionar con otros aditivos o componentes naturales del alimento, no presentar sabor, olor o color. Es muy difícil encontrar compuestos que sean económicos, posean una acción antimicrobiana de amplio espectro y exhiban baja toxicidad.

Muchos factores influyen en la efectividad del agente. Entre los más importantes cabe mencionar al alimento en sí; su actividad acuosa, la presencia de otros compuestos tales como azúcares, sales, ácidos, especias y el nivel de contaminación inicial. Este último factor es de fundamental importancia porque el uso de un conservador no es un sustituto de adecuadas prácticas sanitarias durante el procesamiento de un alimento, por el contrario, se pue-

den lograr mayores beneficios cuando se combinan los efectos de ambos.

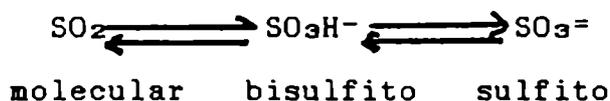
Los preservadores químicos más utilizados para inhibir reacciones de pardeamiento enzimático retardando el desarrollo microbiano en papas pre-peladas son: las sales sódicas de sulfito y bisulfito (Anderson y Zapsolis, 1957; Francis y Amla, 1961; Lund, 1968; Roberts y Mc Weeny, 1972; Feimberg, Olson y Mullins, 1975). En los últimos años, la tendencia en materia de preservadores está orientada hacia el uso de ácidos orgánicos tales como ácido cítrico, ácido ascórbico, ácido sórbico y sus sales y eritorbato de sodio (Labell, 1983; Rice, 1983; Andrés, 1983; O'Beirne y col., 1987; Langdon, 1987) solos o en mezclas con el objeto de reemplazar al bisulfito como preservador.

1.8.1 Dioxido de Azufre

1.8.1.1 Propiedades y aplicaciones

Propiedades:

El dióxido de azufre es un gas incoloro, no inflamable; se condensa en líquido incoloro a -10°C y solidifica a -82°C y es soluble en agua (85 % a 25°C) y solventes orgánicos. Es aplicado a los alimentos y bebidas en forma gaseosa, o más frecuentemente en forma de sales de sulfito, bisulfito o metabisulfito. El dióxido de azufre y sus sales son dependientes del pH en una mezcla de equilibrio cuando se disuelven en agua. (Fig. 4).



El contenido de SO_2 activo que se encuentra en el bisulfito

de sodio es de 61,56 %.

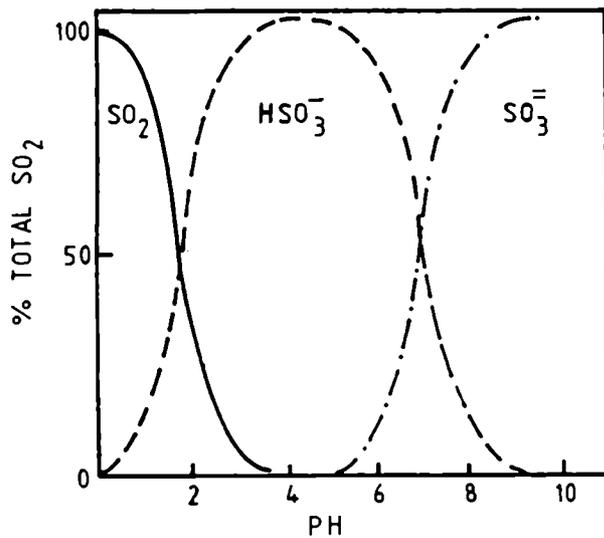


Fig. 4: Porcentaje de distribución de sulfito, bisulfito y SO₂ molecular en función del pH (Hammond y Carr, 1976)

Cuando el pH disminuye, la proporción de iones sulfito en la mezcla decrece y la proporción de SO₂ aumenta a expensas de los iones bisulfito. Esto es importante en relación a la actividad antimicrobiana del SO₂.

Aplicaciones:

El SO₂ es ampliamente usado como aditivo para impedir el pardeamiento en frutas y vegetales. Este aditivo es muy versátil en sus aplicaciones, ya que se lo usa como inhibidor de las enzimas que catalizan el pardeamiento enzimático y como inhibidor del desarrollo microbiano.

La forma en que el SO₂ inhibe las reacciones de pardeamiento se relaciona con la inactivación irreversible de las enzimas involucradas. Sayavedra y Montgomery (1988) sugirieron que la principal especie involucrada en la inhibición enzimática es el SO₃H⁻ que modifica la estructura proteica y/o produce un cambio en la ionización de la enzima una vez que ésta ha sido inactivada por

sulfito.

Para prevenir el pardeamiento enzimático durante el almacenamiento de las papas cortadas la técnica más utilizada, y la más efectiva, consiste en sumergir el producto en soluciones del antioxidante durante un determinado tiempo (Mapson y Wager, 1961, Ross y Treadway, 1961, Garrick, 1968, 1969). Además, el bisulfito de sodio presenta efecto antimicrobiano el cual está relacionado con la forma no ionizada.

El SO_2 es 1000 veces más efectivo que el bisulfito o el sulfito sobre *E. coli*, 500 veces más efectivo sobre levaduras y 100 veces más efectivo sobre *Asp. niger* (Rehim y Witman, 1962).

El tratamiento para la muerte o inhibición de microorganismos es más efectivo a $\text{pH} < 4$ (Fig. 5).

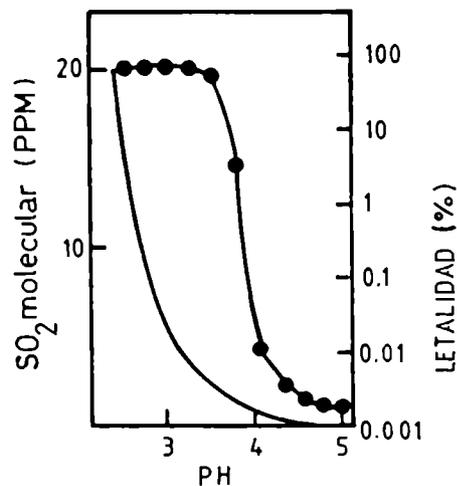


Fig. 5: ●-●: Efecto de 100 ppm de metabisulfito de sodio sobre la viabilidad de una suspensión de levaduras $8 \cdot 10^8$ org/ml a diferentes pH. -: Concentración de SO_2 molecular.

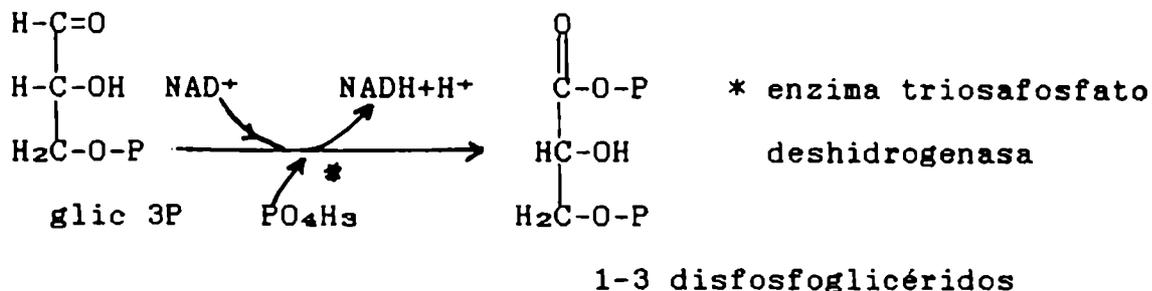
Clark y Takács (1980) estudiaron el efecto del SO_2 sobre los microorganismos y encontraron que el SO_2 en bajas concentraciones presenta efecto fungicida; a niveles menores de 25 ppm el SO_2 libre elimina 10^5 levaduras en pocas horas. Las bacterias resultaron ser las especies más resistentes; a bajas concentraciones (1 - 2 ppm SO_2) parece ser bacteriostático mientras que a mayores

concentraciones produce muerte y la velocidad de muerte es mucho mayor. La velocidad de muerte microbiana aumenta al disminuir el pH. El efecto selectivo que se observa puede ser debido a diferencias en la incorporación de SO₂ ya sea a los hongos o a las bacterias. Para bacterias, el SO₂ es más inhibitorio contra bacilos Gram negativos como E. coli y Pseudomonas que contra Gram positivos como lactobacillus (Roberts y Mc. Weeny, 1972).

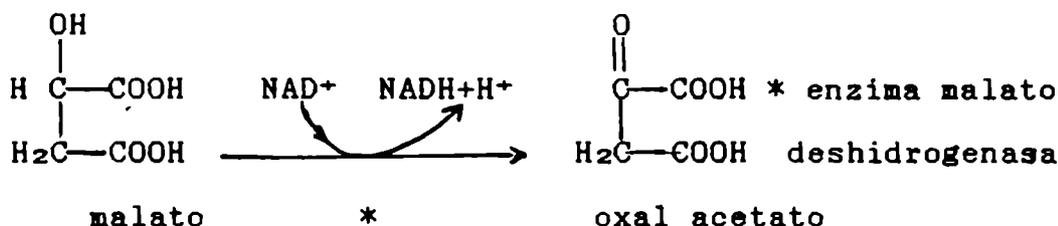
La especie más antiséptica es el SO₂ ya que probablemente penetra en la célula microbiana más fácilmente que las especies iónicas. Es posible que la célula resulte dañada por interacción del SO₂ con grupos tiol de las estructuras protéicas e interacciones con enzimas, cofactores, vitaminas, ácidos nucleicos y lípidos. El SO₂ rompe enlaces intercatenarios disulfuros en proteínas e induce un cambio en la conformación molecular de la enzima pudiendo modificar de esta forma la actividad del sitio activo de la enzima o destruyendo la coenzima, esto destruye por ciclaje la actividad de la tiamina (vitamina B₁) y enzimas tiamina dependientes y produce posibles efectos citotóxicos al inducir un atrapamiento entre ácidos nucleicos residuales individuales o entre ácidos nucleicos residuales y proteínas. También puede producir daños metabólicos en la función de la membrana celular por peroxidación de lípidos.

El efecto inhibitorio del SO₂ en enzimas con grupos SH- consiste en inhibir las reacciones NAD dependientes.

En el caso de levaduras, el bloqueo es en la reacción:



mientras que para E. coli es inhibida en la reacción:



El sulfito inactiva ciertas enzimas tales como la citocromo oxidasa. La membrana citoplasmática de la célula puede ser atravesada por SO₂ cuando la permeabilidad de la membrana se encuentra alterada.

El sulfito se combina con acetaldehído, el cual es el aceptor de hidrógeno requerido por glicólisis y de esta forma puede inhibir la fermentación.

Asimismo, el sulfito reacciona con bases pirimidínicas del DNA y RNA microbiano ejerciendo así su actividad antimicrobiana. Muchos estudios cuantitativos relacionan la inhibición microbiana con la formación de compuestos de adición. Así, se concluyó, que el paso en la cadena respiratoria que involucra nicotinamida dinucleótido es inhibido como resultado de la formación de hidroxisulfonatos entre SO₂ y grupos cetonas. La muerte o inhibición de los microorganismos puede darse por alguno de los factores enunciados antes, posibles combinaciones de éstos o también puede re-

sultar de una remoción de metabolitos esenciales en el medio de crecimiento (Hammond y Carr, 1976).

1.8.1.2 Toxicidad

Toxicidad aguda:

Cuando SO₂ es administrado, intraperitonealmente en ratas, la dosis letal que mata al 50 % de la población LD₅₀ es de 1000-2000 mg SO₂/kg peso corporal. Para conejos la LD₅₀ fue 600-700 mg SO₂/kg peso corporal, y para gatos 450 mg. Las reacciones del SO₂ para humanos presentan grandes variaciones, mientras que cierto número de personas pueden tolerar más de 4 g de sulfito diariamente sin mostrar efectos tóxicos (50 mg/kg peso corporal), otros individuos muestran dolor de cabeza, náuseas, diarreas después de la ingesta de solo pequeñas cantidades (Schroeter, 1966). Otro factor, que parece ser el de mayor importancia en la tolerancia del SO₂ presente en vinos, se refiere a la condición de la mucosa gástrica; individuos con menor acidez son considerados más sensibles que los que presentan una mucosa gástrica con acidez normal (Schanderl, 1956).

Toxicidad subcrónica:

La administración de 0,5 a 1 % de metabisulfito en ratas por un período de 10 días, incrementa la excreción de calcio (Hugot y col. 1965).

La toxicidad por ingesta de 0,6 % de metabisulfito de sodio pasa por fases. En los primeros dos meses las características salientes son: deficiencias en vitamina B₁ y ligera acción antitiamina. La última etapa, luego de la ingesta por 3 -4 meses de 160 mg de bisulfito de sodio por kg peso corporal por día, incrementa

la velocidad de muerte en forma apreciable (Shtenberg y col., 1970). Entre los 10 a 56 días de administración de metabisulfito en dosis de 6 - 8 % en la alimentación de las ratas, se produce un marcado retardo en el crecimiento dado por una reducción en la absorción de los alimentos y en su utilización. Existen casos de anemia en un 2 %; aún con dosis de 1 % se produce daños en varios órganos (Rehm y col., 1963).

La administración de 123 mg o más de metabisulfito por kg de peso corporal a conejos prenatales por 13 días consecutivos no produce efectos sobre la nidación o sobre la supervivencia fetal; además, no presenta efectos teratogénicos (Food and Drug Research Laboratories, 1974).

Toxicidad crónica:

Dosis entre 0,5 - 2 % bisulfito de sodio durante 1 año en la alimentación de ratas produce daño en el sistema nervioso, en órganos reproductivos, tejido sanguíneo, riñones y otros órganos internos. Dosis de 0,1 a 0,25 % produce síntomas no patológicos como diarreas. La adición de 0,12 % de pirosulfito de sodio en el agua de bebida, lo que corresponde a una ingesta de 30 - 90 mg SO₂ kg peso corporal, fue tolerado por ratas por 20 meses sin daños serios (Cluzan y col., 1965). La única anormalidad fue un incremento en la cantidad de leucocitos, un aumento en el peso del bazo en los animales hembra.

Experimentos realizados con ratas Wistar tratadas con vino conteniendo 100 mg y en otro caso 450 mg de SO₂/l luego de 4 generaciones no mostraron anormalidades con respecto a la utilización de proteínas de la alimentación, capacidad reproductiva, condición macroscópica e histológica, comportamiento bioquímico y

peso de varios órganos internos. Las diferencias respecto a los controles solo se observaron en ratas alimentadas en vino con mayor dosis de SO₂; estos animales mostraron un retardo en el crecimiento (Lanteaume y col., 1965).

Una dieta enriquecida con tiamina y conteniendo 2 % de metabisulfito retarda el crecimiento de ratas a largo tiempo. Este efecto fue transmitido a la generación siguiente.

No se observaron efectos carcinogénicos aún después de la administración de sulfito de sodio a ratas (en dosis de 80 mg/kg peso corporal por 18 meses (Sthenberg y col., 1970). El SO₂ puede presentar efectos mutagénicos sobre los microorganismos (Mukai y col., 1970, Hayatsu y col., 1970).

1.8.1.3 Regulaciones:

El SO₂, algunos sulfitos, bisulfitos y pirosulfitos han sido permitidos en diversos países como preservador alimenticio, especialmente en el proceso de elaboración del vino. En USA, el SO₂ y algunas sales han sido considerados GRAS. (generalmente aceptado como seguro) (Code of Federal Regulations, Title 21 & 182). La cantidad máxima permitida varía de acuerdo al tipo de alimentos. En el caso de alimentos de consumo directo rara vez superan 100 mg/kg. En general fue aprobado su uso para alimentos vegetales y bebidas incluyendo el vino. Según UK Preservative en Food Regulation (Statutory Instruments N° 1532 (1962) y N° 882 se estableció como valor máximo 50 ppm de SO₂ para papas crudas peladas. FAO/WHO estableció como valor de SO₂ 0,7 mg/kg día encontrándose que IDA (Ingesta Diaria Admisible) para una persona de 70 kg. es aproximadamente 50 mg/día. En países desarrollados, el valor del IDA es menor a 20 mg (Instituto of Food Technologists,

1975).

Recientemente, se han informado reacciones adversas debido a la ingestión de agentes sulfitantes. En la mayoría de los casos, las reacciones adversas no han sido justificadas por análisis científicos rigurosos.

De acuerdo con los informes, las reacciones del sulfito incluyen náuseas, diarrea, shock anafiláctico, ataque de asma aguda y pérdida de conocimiento. Estas reacciones ocurren después de la ingestión de alimentos en restaurantes, alimentos procesados, vinos u otras bebidas, y en algunos casos luego del manipuleo del sulfito en el personal del servicio quienes fueron ellos mismos afectados. Sin embargo las reacciones adversas se presentan en individuos asmáticos. La American Academy of Allergy and Immunology estimó en 17 casos los fatales atribuidos a la ingestión de sulfito en individuos asmáticos. Las reacciones adversas al sulfito parecen ser extremadamente raras en individuos normales. De esta forma, solamente la población asmática sería la de mayor riesgo. Algunos investigadores indicaron entre 500000 a 1000000 de asmáticos que pueden presentar sensibilidad al sulfito. Los trabajos realizados por Busch (1986) de la Universidad de Wisconsin completaron los estudios y encontraron que la cantidad de individuos asmáticos afectados era menor (80000-100000) respecto a los informados anteriormente. La mayoría de los pacientes que presentaron una sensibilidad más marcada al sulfito, era dependiente de medicamentos corticosteroides utilizados para el control de la enfermedad. Además, se determinó que los individuos sensibles al sulfito mostraron más posibilidad de riesgo al ingerir alimentos frescos tratados como lechuga, ciruelas secas y jugo de orujo blanco que contienen altos residuos de SO₂ siendo capaces de

inducir reacciones asmáticas, mientras que alimentos con bajos niveles de sulfito (puré de papas instantáneo, hongos frescos) no indujeron reacciones adversas.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, el FDA ha peticionado remover al sulfito de la lista GRAS.

A partir de agosto de 1986 (FDA, 1986, b) se prohibió el uso de sulfito como preservador en vegetales y frutas frescas, las papas no fueron incluidas en esta prohibición pero permanecen en investigación por el FDA.

En enero de 1987, se estableció que todos los alimentos envasados que contengan 10 ppm o más de SO₂- deber ser declarado en el envase (FDA, 1986 a). Debido a los problemas planteados referentes a los efectos tóxicos del SO₂, se ha sugerido la utilización de otros agentes preservadores como alternativa al uso de SO₂ en alimentos. Se recomienda el empleo de soluciones de ácidos orgánicos como el ácido cítrico o ascórbico que se encuentra naturalmente en los alimentos y no presentan efectos tóxicos manifiestos.

1.8.2 Acido cítrico:

1.8.2.1 Propiedades y aplicaciones:

El ácido cítrico es un ácido tricarboxílico, con sabor agrio y se encuentra en una gran variedad de alimentos naturales. Es altamente soluble en agua y realza el "flavor" de alimentos a base de cítricos. Es muy usado en cremas heladas, bebidas, aderezos, frutas preservadas en conservas, jalea, y como acidulante en conservas enlatadas de vegetales y en productos lácteos. El ácido cítrico se utiliza como inhibidor del pardeamiento enzimático en vegetales frescos ya que inhibe a la enzima fenolasa mediante la

disminución del pH del medio alejándolo del óptimo de la enzima y por otro lado actúa como secuestrante de iones cobre necesarios para la actividad enzimática.

Además el ácido cítrico presenta efecto antimicrobiano. Los microorganismos son afectados por la presencia de iones H^+ libres (per-sé) y por la concentración del ácido débil sin disociar, siendo éste afectado por el pH. La efectividad de un ácido depende de la constante de disociación (pka) o del pH al cual el 50 % del total del ácido está disociado. Para el ácido cítrico $pk_1 = 3,14$, $pk_2 = 4,77$, $pk_3 = 6,39$. El mecanismo por el cual el ácido cítrico inhibe los microorganismos no es bien conocido, pero puede suponerse que el anión sin disociar que penetra en la célula bacteriana es metabolizado en su interior liberando el H^+ y acidificando el interior celular con el consecuente efecto inhibitorio.

En la industrialización de productos marinos el ácido cítrico se utiliza junto con ácido ascórbico, habiéndose encontrado un efecto sinérgico por el secuestro de agentes prooxidantes de la rancidez y por la inactivación de enzimas que contribuyen al deterioro.

Las reacciones de pardeamiento enzimático son prevenidas con ácido cítrico dado que éste secuestra los iones cobre presentes (Porter, 1984). Similares efectos (potenciación de antioxidantes e inactivación de enzimas) en frutas y vegetales se producen cuando el ácido cítrico es usado en combinación con el ácido eritórbito o con eritorbato de sodio inhibiendo el pardeamiento y deterioro de los productos. Los niveles de ácido cítrico más usados varían entre 0,1 - 0,3 % mientras el antioxidante se encuentra entre 100 - 200 ppm (Dziezak, 1986).

1.8.2.2 Toxicidad y Regulación:

Los valores de LD₅₀ para el ácido cítrico cuando es administrado por vía oral en ratón es de 5040 - 5799 mg/kg de peso corporal, y en ratas de 11.700 mg/kg peso corporal. Los valores de LD₅₀ para citrato de sodio administrado por vía intravenosa en ratón es de 44 mg/kg de peso corporal; en ratas con administración por vía intraperitoneal es de 1210 mg/kg de peso corporal.

La muerte en todos los casos es debida a paros respiratorios y en algunos casos a paros cardíacos y hemorragias de la mucosa gástrica.

Los trabajos de Gruber y Halbeisen (1848) sugieren que algunos de los síntomas producidos por el uso de grandes cantidades de ácidos son similares a los producidos por deficiencia de calcio.

Estudios realizados a cortos tiempos en ratas, usando 0.2; 2.4 y 4.8 % de ácido cítrico en la dieta, mostró una disminución del peso conjuntamente con una menor ingesta de alimentos y ligeras anormalidades químicas en la sangre a niveles de 4.8 % de cítrico; ligeras atrofas fueron observadas en timo y bazo (Yokotani y col., 1971).

A tiempos más largos, los cuales involucran tres generaciones de ratas usando valores mayores a 12 % ácido cítrico, no mostraron signos de acidosis, cambios en la composición mineral del suero, ni efectos sobre la reproducción (Bonting y Jansen, 1956).

Estudios realizados durante 2 años en ratas con una dieta basal conteniendo 3 o 5 % de ácido cítrico no produjeron diferencias en la supervivencia de las ratas o cambios patológicos importantes comparados con los controles. El peso corporal en el grupo de ratas tratadas fue significativamente menor que los controles

siendo el consumo de alimentos menor en un 5 % (Horn y col., 1957).

El ácido cítrico es aprobado como sustancia GRAS para productos diversos y con fines generales en la forma ácida (21 CFR 182.1033), como citratos de calcio (21 CFR 182.1195), potasio (21 CFR 182.1625) o sal de sodio (21 CFR 182.1751).

El ácido cítrico es metabolizado por el organismo a través del ciclo de ácidos tricarboxílicos. La FAO (1966) informó que la dieta diaria admisible de ácido cítrico para el hombre no se encuentra limitada.

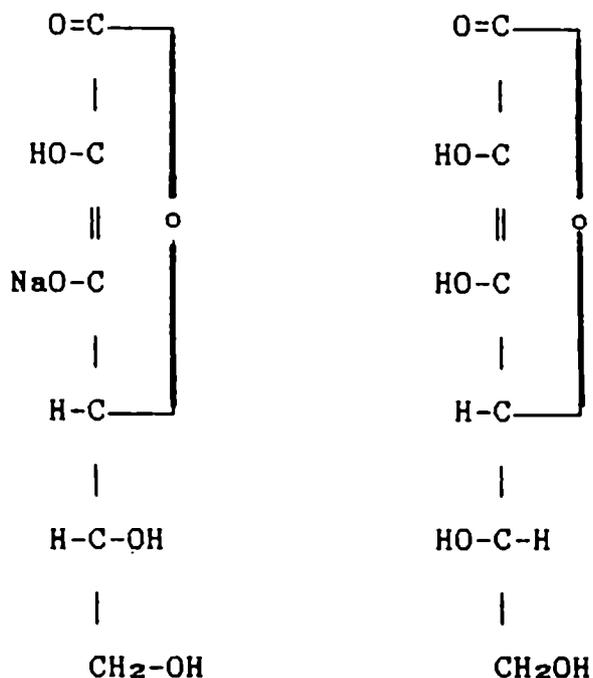
1.8.3 Acido ascórbico y eritorbato de sodio

1.8.3.1 Propiedades y usos

El eritorbato de sodio es un isómero óptico del ácido ascórbico, es más potente en su efecto antioxidante que el ascórbico dado que posee mayor potencial redox, y su costo es significativamente menor que el de la vitamina C. El eritorbato es más estable que el ascórbico y no posee actividad vitamínica.

El ácido eritórbito se presenta en forma de cristales blancos o débilmente amarillos, y el eritorbato de sodio como cristales blancos estables en forma seca, sin embargo, en agua reaccionan rápidamente con oxígeno de la atmósfera y otros agentes oxidantes.

En la Tabla III se indican las propiedades del ácido eritórbito y de su sal sódica.



Eritorbato de sodio
(Isoascorbato)

Acido ascórbico
(Vitamina C)

Tabla III: Propiedades del ácido eritórbico y del eritorbato de sodio.

	Acido eritórbico	Eritorbato de sodio
Fórmula	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$	$\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6\text{Na} \cdot \text{H}_2\text{O}$
Peso molecular	171,12	216,13
Solubilidad g/100ml		
agua a 25°C	43,0	15,3
agua a 38°C	55,0	20,3
agua a 50°C	61,5	25,5

Debido a la estructura enodiol, el eritorbato es fuertemente reductor (aceptor de oxígeno) y su función antioxidante en alimentos está basada en esa propiedad. El agregado de eritorbato a alimentos previene o minimiza la oxidación de grasas y el deterioro por variaciones de color, preservación de vitaminas, etc. En los embutidos cárneos se utiliza con el fin de obtener un fuerte color rojo y reducir el tiempo de curado.

Como inhibidores del pardeamiento, los ácidos ascórbico y eritórbito pueden ser utilizados como posibles sustitutos del sulfito.

Los ácidos ascórbico y eritórbito son muy efectivos como agentes reductores, dado que reducen las quinonas formadas por la acción de la fenolasa a compuestos dihidroquinonas (Kertesz y Zito, 1962) y actúan como agentes secuestrantes de metales específicos presentes en los alimentos.

Los ácidos ascórbico y eritórbito funcionan como captores de oxígeno siendo importante para productos herméticamente cerrados conteniendo aire. Comparando el ácido ascórbico con el eritórbito se encontró que el ascórbico consume 96 % del oxígeno en una lata, mientras que el eritórbito consume 75 %, siendo ambos efectivos en prevenir el pardeamiento. El ácido ascórbico y el eritórbito funcionan como agentes inhibidores del pardeamiento, pero no son efectivos agentes antimicrobianos y no son estables como el sulfito en la mayoría de las aplicaciones.

Soluciones de ácido ascórbico en concentraciones bajas son más estables a bajos pH siendo frecuentemente usadas en combinación con ácido cítrico en frutas y verduras. Estas combinaciones presentan las ventajas de disminuir el pH del medio a valores cercanos a 3, de esta forma, se disminuye la actividad de la

enzima fenolasa cuyo pH óptimo se encuentra en el rango 6-7.

Combinaciones de bajos niveles de sulfito con ascórbico puede ser una buena alternativa para disminuir los niveles de SO₂.

1.8.3.2 Regulaciones

El ácido eritórbito es reconocido como seguro (GRAS) para su utilización como preservador en alimentos y se encuentra en la lista de FDA en 21CFR 182.3041. El eritorbato de sodio también es reconocido como GRAS para su uso como antioxidante en alimentos, y fue confirmado por FDA en febrero 17 de 1960.

The Bureau of Alcohol, Tobacco and Firearms (BATF), US Treasury Dept., permite el uso de eritorbato de sodio en cerveza en niveles entre 20-50 ppm. La regulación USDA permite el uso de ácido eritórbito y eritorbato de sodio junto a agentes de curado en productos cárnicos curados (9 CFR 318.7).

1.8.4 Acido sórbico

1.8.4.1 Propiedades y aplicaciones

La acción antimicrobiana de los ácidos grasos ha sido atribuída a su fracción no disociada. El sorbato es más efectivo a valores de pH cercanos a su constante de disociación (pka) que es 4.75, y es el valor en que el 50 % del ácido está en la forma no disociada. Consecuentemente es más efectivo en alimentos ácidos, aunque su acción se manifiesta hasta pH comprendidos entre 6.0 y 6.5 que es superior al rango de los ácidos propiónico y benzoico.

Su acción antimicrobiana se manifiesta en levaduras y hongos, mientras que su acción bactericida no está del todo dilucidada, y parece ser selectiva. Generalmente se ha considerado que la actividad antimicrobiana del ácido sórbico se debe solo a la forma

sin disociar (Sofos y Busta, 1981). Elkund (1980, 1983) demostró que el efecto antimicrobiano es debido a las especias sin disociar y a la disociada proponiendo un modelo matemático que contempla la contribución de ambas formas.

El sórbico y los sorbatos presentan efecto sinergista en la inhibición microbiana cuando se lo usa con antioxidantes o cuando el pH del medio disminuye. De todas formas, son muchos los factores que influyen en la actividad del sorbato, entre estos se encuentran: el pH y composición del medio (grasas, humedad); presencia de otros ingredientes y conservadores; productos del procesamiento; contaminación; tipo de envase y temperatura de almacenamiento (Sofos y Busta, 1981).

Las aplicaciones del sorbato en alimentos son muy variadas, pudiendo ser utilizado en productos lácteos, de panadería, vegetales, frutas, bebidas y otros productos diversos.

1.8.4.2 Toxicidad y regulaciones

La toxicidad aguda en ratas fue determinada mediante LD₅₀ en rango 7,4 - 10,5 g/kg peso corporal (Sofos y Busta, 1981).

La toxicidad crónica involucra el estudio de 1 a 2 generaciones alimentadas con concentraciones mayores a 90 mg/kg peso corporal no observándose anormalidades ni efectos carcinogénicos o mutagénicos (Sofos y Busta, 1981).

En U.S.A. el sorbato es considerado GRAS (Sofos y col., 1979, Sofos y Busta, 1981) al ser metabolizado como un ácido graso. The World Health Organization (WHO) ha establecido que la dieta diaria admisible (IDA) es de 25 mg sorbato/kg peso corporal.

El estudio de los preservadores químicos anteriormente men-

cionados conduce a pensar en la posibilidad de buscar alternativas para disminuir los niveles utilizados. Surgen así las películas plásticas de baja permeabilidad y el empleo del vacío. Un estudio de las películas plásticas y su efecto sobre el producto son detallados en los próximos puntos.

1.9 Envasado: Utilización de películas plásticas

La función principal del envasado consiste en proteger a los alimentos de daños físicos, cambios químicos, contaminación bacteriana, no presentar el producto al consumidor con alteraciones.

Debe tenerse en cuenta que los envases pueden retener, nunca mejorar, la calidad del producto.

Las exigencias del envasado depende del tipo de producto a proteger, de la naturaleza del proceso a que va ser sometido y del método de comercialización pre-establecido.

1.9.1 Características de las envolturas de material plástico

Inocuidad: las envolturas no deben transferir al contenido ninguna sustancia extraña que implique daño para la salud o influya sobre el aroma y el sabor.

Permeabilidad para los gases, el vapor de agua y los aromas: el movimiento de un gas o vapor a través de una barrera, se caracteriza por una condensación sobre la superficie de entrada, seguida por la formación de una solución con la película (relacionada con la solubilidad del gas o vapor con el envase), difusión a través del material de empaque y evaporación de la solución en la otra cara.

A mayor solubilidad y velocidad de difusión, mayor probabili-

dad de un rápido movimiento de gas o vapor. Este mecanismo se llama permeabilidad real.

Además, existe el flujo a través de un medio poroso, dado por la difusión de las moléculas del gas en los intersticios y los poros de la película.

Para el caso de transporte gaseoso unidireccional del gas A en una película plana de difusión sigue la Ley de Fick.

$$J_A = -D \frac{dC_A}{dx} \quad (1)$$

donde:

J = es el flujo de gas A (moles/m² seg).

C_A = concentración del gas A en la membrana (moles/m³).

D = coeficiente de difusión de A en la membrana (m²/seg).

x = distancia de la membrana en la dirección del flujo (m).

La integración de la ecuación (1) conduce:

$$J_A = D \frac{(C_{A1} - C_{A2})}{x}$$

C_{A1} y C_{A2} son difíciles de medir en la membrana. Luego, aplicando la ley de Henry, resulta:

$$C_A = S_A \cdot p_A$$

S_A = solubilidad de A en la membrana (moles/m³)

p_A = presión parcial de A en el gas (P_A)

$$J_A = DS \frac{(P_{A1} - P_{A2})}{x}$$

Q = DS y es conocida como el coeficiente de permeabilidad

$$Q = \frac{\text{cantidad de gas (que atraviesa el espesor)}}{(\text{área})(\text{tiempo})(\text{diferencia de presión})}$$

se expresa en distintas unidades. Las más típicas son:

$$= \left[\frac{\text{cm}^3 \text{ mm}}{\text{m}^2 \text{ 24 hs atm}} \right], \left[\frac{\text{g cm}}{\text{cm}^2 \text{ seg mmHg}} \right]$$

La permeabilidad al vapor de agua es un factor importante para conservar la calidad del producto; la baja permeabilidad es un requisito fundamental para impedir la desecación y mermas de peso durante el almacenamiento.

En cuanto a la permeabilidad a los aromas, no es posible hacer una generalización, pues se ha de tener en cuenta la composición química de las diversas sustancias y la solubilidad de éstas en los plásticos. Además de la permeabilidad del material en sí, hay que tener en cuenta otros factores tales como la cantidad de arrugas del envoltorio, el método y la eficiencia de la soldadura que hacen importantes contribuciones a la conservación del producto.

Condiciones mecánicas

Entre las condiciones mecánicas se distinguen las siguien-

tes: dilatabilidad; resistencia a la ruptura y a los desgarros, ya sean iniciales o consecutivos a un corte y en las hojas compuestas, la adherencia entre las distintas capas.

La resistencia a los golpes, flexiones y roces juegan un papel importante en cuanto a lo referente a requisitos mecánicos exigidos para el transporte y almacenamiento.

Propiedades térmicas

El comportamiento de los plásticos bajo los efectos del calor es un factor importante, ya que de él depende el cierre de los envases por soldadura o selladura.

Algunas películas, como las de polietileno, se sellan sin necesidad de ningún adhesivo, otras tales como las celulosa regenerada, poliéster, Sarán o EVA-SARAN-EVA, deben ser recubiertas con una capa de polímero especial o una laca o barniz, antes de poder ser termoselladas.

La respuesta al calor también influye en la aptitud para constituir determinados tipos de envolturas, como por ejemplo los envases contráctiles.

Propiedades ópticas

Las envolturas de material plástico se caracterizan por el brillo y la transparencia. La transparencia del material es importante para preservar la calidad del alimento, pues en determinadas longitudes de onda inducen cambios oxidativos, modificaciones en las proteínas, etc.

Envasado al vacío

El propósito del envasado al vacío es reducir el volumen del

aire en contacto con el alimento; los cambios en las concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono tienen un efecto selectivo sobre la flora microbiana que desarrolla, así como en la preservación del color de los alimentos.

1.9.2 Películas plásticas para el envasado de papas pre-peladas

Existe una gran variedad de películas plásticas que difieren en las propiedades antes mencionadas. Para el envasado de papas pre-peladas la de uso más corriente es el polietileno de baja densidad y en el caso de envasado al vacío el EVA-SARAN-EVA.

Polietileno de baja densidad: es una película plástica, resistente, transparente, presentando una permeabilidad relativamente baja al vapor de agua. Es químicamente inerte y carece prácticamente de olor y sabor. Su principal ventaja es la facilidad con que puede cerrarse térmicamente. Presenta gran resistencia al desgarro y al impacto. Puede usarse también en un amplio rango de temperatura (desde -50°C hasta 20°C aproximadamente). Presenta además una permeabilidad alta a gases como el oxígeno y el anhídrido carbónico. Por lo tanto, no puede ser utilizada para el envasado de alimentos oxidables o para envases al vacío.

Esta película es permeable a muchos aceites esenciales, lo cual significa que, con algunos productos, pueda producirse una pérdida gradual de olor o aroma. Debe también destacarse la posibilidad de que el producto envasado, almacenado en la proximidad de otros materiales fuertemente olorosos, capte parte de este olor.

EVA-SARAN-EVA: La denominación EVA-SARAN-EVA corresponde a una película coextrudada que consta de 2 capas externas de EVA (etilvinil acetato) y una capa interna de SARAN. Las películas fabricadas con resinas copolímeros de cloruro de vinilo y cloruro de polivinilideno, que poseen una combinación especial de propiedades como ser alta impermeabilidad al vapor de agua y a los gases, gran resistencia química, buenas características ópticas y gran resistencia, corresponden a las películas llamadas SARAN.

El uso más importante del EVA-SARAN-EVA por su baja permeabilidad corresponde al envasamiento al vacío.

Es de esperar que el empleo de películas plásticas de diversa permeabilidad al oxígeno para el caso específico de papas pre-peladas produzca variaciones en el producto a lo largo del almacenamiento según se trate de películas permeables o no al oxígeno. El efecto del tipo de película empleado puede manifestarse en las características de calidad del producto obtenido, asimismo, se hace necesario conocer la información que se encuentra en la bibliografía respecto a papas pre-peladas, envasado y tratado con solución antioxidante para tratar de mejorar las condiciones y minimizar las alteraciones observadas.

1.10 Alteraciones en la calidad de las papas pre-peladas

Para la obtención de papas pre-peladas con características organolépticas aceptables deben evaluarse los atributos de calidad de las mismas. Estas se refieren al mantenimiento del color inicial, buenas condiciones en textura del producto y una escasa producción de exudado.

Color: Como ya se ha discutido, los cambios de color se producen como resultado de reacciones de pardeamiento enzimático que conducen a la formación de pigmentos oscuros, pudiendo controlarse mediante el agregado de agentes antioxidantes o por el envasado al vacío en películas de baja permeabilidad al oxígeno.

Textura: Las modificaciones en la textura se producen como consecuencia de un tratamiento intensivo con algún agente antioxidante que trae aparejado un ablandamiento del producto que se incrementa con el tiempo de almacenamiento. Dado que existen factores que influyen en la modificación de la textura como ser la temperatura y el tiempo de almacenamiento, el proceso tecnológico efectuado (tipo de antioxidante y película empleada), estas variables deben ser estudiadas para minimizar los daños producidos en la estructura del tejido.

Exudado: Cuando las papas son sometidas a tratamientos antioxidante tienen lugar fenómenos conocidos como "bleeding" que se manifiesta por la producción de exudado que se acumula en el envase. La cantidad de exudado producido depende de la concentración de antioxidante empleado y de la temperatura y tiempo de almacenamiento así como del pH de la solución de inmersión y del método empleado para el pelado de las papas (manual o abrasivo).

En general, los estudios presentados en bibliografía con respecto a las alteraciones de estos atributos de calidad son escasos y se requiere de unos estudios detallados de los mismos para lograr optimizar el proceso tecnológico utilizado.

Entre los índices de calidad mencionados, el principal factor que limita la vida útil del producto es el desarrollo microbiano (Ceponis y col., 1957 y Anderson, 1959) por lo tanto, resulta indispensable analizar la composición de la flora microbiana presen-

te en la superficie.

1.11 Alteraciones microbiológicas en las papas

Los microorganismos presentes en la superficie de las frutas y hortalizas recién recolectadas comprende no sólo la flora superficial normal, sino la procedente del suelo y agua e incluso gérmenes patógenos de los vegetales. Entre los géneros normales presentes se encuentran: Achromobacter, Pseudomonas, Aerobacter, Alcaligenes, Bacillus, Chromobacterium, Flavobacterium, Lactobacillus, Leuconostoc, Micrococcus, Sarcina, Serratia, Staphylococcus, Streptococcus y a veces géneros con especies patógenas de vegetales como Erwinia y Xantomonas. También se encuentran distintas clases de levaduras y mohos.

Por su contenido en elementos nutritivos, las papas son capaces de permitir el crecimiento de mohos, levaduras y bacterias, y por consiguiente, pueden ser deterioradas por algunos de estos organismos. El elevado contenido de agua de la papa favorece la proliferación de bacterias productoras de alteraciones y las proporciones relativamente bajas de carbohidratos y grasas son índice de que la mayor parte de esta agua se encuentra en forma utilizable. Asimismo, el pH del producto (6.1 - 6.5) se encuentra comprometido dentro del que permite la proliferación de gran número de bacterias, por lo que no resulta sorprendente que éstas sean los agentes que originen alteraciones más frecuentemente. El potencial de óxido/reducción relativamente alto explican por qué los organismos aeróbicos y anaeróbicos facultativos tienen más importancia que los anaeróbicos estrictos. Los agentes que habitualmente intervienen en el deterioro de las papas y de los

vegetales almacenados en general son especies del género *Erwinia*, que se hallan asociadas en su medio ambiente natural con plantas y vegetales. La forma común de deterioro se denomina podredumbre blanda bacteriana la cual es causada por *Erwinia carotorova* y otras especies. Estos organismos descomponen las pectinas dando lugar al reblandecimiento, con disminución de la consistencia, a veces mal olor y con aspecto de encontrarse la hortaliza como empapada.

Aunque no se conozca bien la forma precisa en que *Erwinia sp.* llevan a cabo el reblandecimiento, es muy probable que estos organismos que se encuentran en la hortaliza desde su recolección, subsistan en la savia de los vegetales mientras existan elementos nutritivos. La sustancia cementante de los vegetales, induce la formación de pectinasas, que producen la hidrólisis de la pectina, y en consecuencia la pérdida de consistencia.

Estos organismos, al crecer precozmente y con relativa rapidez hacen que los mohos proliferen en las superficies externas y que, por lo tanto, jueguen un papel menos importante en el deterioro de los productos. Una vez que estos agentes, a través de la producción de pectinasas, han destruido la barrera vegetal externa, se efectúa su penetración, llevando así a cabo la fermentación de carbohidratos.

El crecimiento de los organismos invasores se ve favorecido por la presencia de compuestos nitrogenados simples, vitaminas (especialmente las del grupo B) y minerales, hasta que todo el material vegetal ha sido consumido o destruido. Probablemente, los malos olores son el resultado directo de los compuestos volátiles producidos por la propia flora como ser NH_3 , ácidos volátiles, etc. En medio ácido, los microorganismos tienden a decarboxilar

los aminoácidos con liberación de aminas que originan la elevación del pH hasta la neutralidad o más allá. Los carbohidratos complejos, como la celulosa, son los últimos en ser degradados por una variada flora compuesta por mohos y otros organismos del suelo. Los constituyentes aromáticos y las porfirinas probablemente no son atacados hasta el final del proceso, siendo también realizada esta acción por la flora del suelo.

El género *Erwinia* pertenece a la familia Enterobacteriaceae. La totalidad de las 15 especies relacionadas en el Manual Bergey están asociadas con plantas, en las que producen afecciones caracterizadas por marchitamiento y descomposición, son bacilos Gram negativos. Normalmente las especies de *Erwinia* no precisan compuestos nitrogenados orgánicos para crecer y los niveles bajos de proteínas de los vegetales son suficientes para llevar a cabo la tarea de destruir los materiales de esta clase. La pectinasa producida por estos organismos es una protopectinasa, puesto que la sustancia cementante presente en las plantas es la protopectina. La mayoría de las especies de *Erwinia*, como la *E. carotovora*, son capaces de fermentar azúcares y alcoholes de ciertos vegetales, como la ramnosa, celobiosa, arabinosa, manitol, etc. compuestos que no son utilizados por las bacterias más frecuentes. A pesar de que muchas de las especies de *Erwinia* crecen bien alrededor de 37°C la mayor parte son capaces de hacerlo a temperaturas de refrigeración (Jay, 1973).

En los tubérculos de papas, por ejemplo, la bacteria más importante de la podredumbre blanda bacteriana es *Erwinia carotovora* var *carotovora*, *E. carotovora*, var *atroseptica* y *E. chrysanthemi* y también *Clostridia* pectolítico el cual puede ser aislado por métodos de incubación anaeróbicos (Lund, 1972).

Una población mixta dada por Erwinia carotovora y Clostridia causan mayor podredumbre a 25°C que la debida a E. carotovora sola. Esto es debido a que la presencia de Erwinia provoca un ambiente anaeróbico en el cual puede desarrollar Clostridia (Lund, 1970). Se pueden nombrar otras bacterias pectinolíticas como ser Pseudomonas marginalis, Ps. syringae, Flavobacterium, Bacillus a menudo asociadas con las superficie de los tubérculos. Estas son aisladas en bajas frecuencias respecto a E. carotovora y Clostridium en papas que presentan una alto grado de deterioro producido por bacterias. La podredumbre debida a Bacillus es probablemente sólo a temperaturas mayores de 30°C. (Dowson, 1943; Jackson, 1946).

Entre los factores que influyen en la podredumbre blanda bacteriana de papas, la atmósfera gaseosa que rodea al tubérculo es de gran importancia. El efecto crítico del medio ambiente sobre la producción de podredumbre blanda bacteriana fue puesto de manifiesto por Leach (1930) y fue luego confirmado por otros investigadores como Murant y Wood (1957) quienes encontraron que la restricción de la aerobiosis incrementa el deterioro dado por cepas de Erwinia. Nielsen (1964) informó que tres cepas de Erwinia (E. atroseptica, E. caratovora y E. aeroideae) ataca el tejido de la papa más rápidamente en atmósfera con 20:80 CO₂-N₂ que en aire.

Scholey (1968) mostró que cuando los tubérculos de papa fueron lavados con agua contaminada con E. carotovora y envasados en películas plásticas, la respiración del tubérculo incrementó las concentraciones de CO₂ y disminuyó las de oxígeno en los paquetes, este cambio de las condiciones gaseosas favoreció el contenido de bacterias productoras de podredumbre.

Lund (1970) encontró un marcado deterioro de tubérculos de

papas en los cuales había signos de podredumbre blanda bacteriana cuando los mismos fueron inoculados con E. carotovora var. atroseptica y almacenados a 20°C en recipientes en los cuales se reemplazó el oxígeno por nitrógeno con 100 % de humedad. Cuando los tubérculos fueron inoculados con agua estéril y mantenidos en condiciones de anaerobiosis, la podredumbre blanda bacteriana fue producida por Clostridium.

Con respecto a la materia prima procesada, la mayoría de los trabajos publicados en la literatura referentes a papas pre-peladas utilizan un tratamiento antioxidante con bisulfito de sodio para luego envasar el producto en películas de alta permeabilidad al oxígeno tales como polietileno de baja densidad. Los estudios llevados a cabo en dichos trabajos suelen ser cualitativos al informar únicamente períodos de vida útil. Lund (1968) estudió el desarrollo microbiano en papas pre-peladas sulfitadas envasados en películas de alta permeabilidad y de baja permeabilidad sin vacío, analizando la distribución microbiana en diferentes condiciones. Keijbets (1981) introdujo el envasado al vacío, sin embargo es poca la información que puede extraerse en lo referente a vida útil del producto, composición de la flora microbiana que correlacione con los otros índices de deterioro. Asimismo la información disponible en literatura sobre la utilización de otros agentes antioxidantes y su influencia sobre el desarrollo microbiano, y sobre los otros parámetros de calidad del producto, resulta escasa.

De lo expuesto surge la necesidad de estudiar el efecto de diversas sustancias antioxidantes (incluyendo bisulfito de sodio) y de la temperatura de almacenamiento refrigerado en papas pre-peladas envasadas en películas de diferentes permeabilidad gaseosa

sobre los parámetros de calidad, especialmente en el desarrollo microbiano, siendo importante el análisis de la composición en la flora microbiana así como su evolución a lo largo del almacenamiento.

1.12 Objetivos

Los objetivos del presente trabajo fueron:

Estudiar la influencia de las variables operativas (tiempo de inmersión, pH y concentración de la solución de bisulfito de sodio, geometría del producto) en el valor de SO₂ residual en papas.

Analizar los efectos del SO₂ residual y de la permeabilidad de la película de envase sobre los parámetros de calidad (textura, producción de exudado y color) en papas pre-peladas.

Determinar la composición de la flora microbiana que desarrolla en papas pre-peladas sulfitadas refrigeradas envasadas en películas de diferente permeabilidad gaseosa.

Determinar los parámetros cinéticos (velocidad de crecimiento microbiano y tiempo de latencia) de cada uno de los microorganismos que constituyen la flora microbiana predominante en las diferentes condiciones de almacenamiento (concentración residual de SO₂, permeabilidad de la película de envase y temperatura de almacenamiento 4, 7 y 10°C).

Establecer períodos de vida útil del producto en términos de la temperatura, de la permeabilidad de la película de envase y concentración de SO₂ residual.

Estimar los niveles residuales de preservador que proporcionen un máximo de inhibición microbiana compatible con el mantenimiento de los atributos de calidad de papas pre-peladas.

Estudiar los efectos de diferentes preservadores químicos (ácido cítrico, ácido ascórbico, eritorbato de sodio y sorbato de potasio, solos o en combinación con bisulfito de sodio) como alternativas al empleo de SO₂, sobre los parámetros de calidad en papas pre-peladas envasadas en películas de diferente permeabilidad gaseosa.

Proponer las mejores condiciones de procesamiento respecto a los preservadores y películas estudiadas teniendo en cuenta los costos asociados a cada tratamiento.

CAPITULO 2

MATERIALES Y METODOS

2.1 Preparación de las muestras

En el presente trabajo se utilizaron papas de producción semitardía (proveniente de Balcarce), cultivar Kennebec, almacenadas dos meses a 6°C las cuales fueron previamente lavadas, peladas manualmente, cortadas en diferentes formas (bastones: 1 x 1 x 7 cm; cubos: 1 x 1 x 1 cm y discos: 5,5 cm diámetro x 1,5 cm) y luego sumergidas en soluciones acuosas de diferentes sustancias preservadores cuya concentración y tiempo de inmersión se detallan en la Tabla IV.

Se utilizaron reactivos de grado analítico: bisulfito de sodio (Mallinckrodt); ácido cítrico (Mallinckrodt); ácido ascórbico (Mallinckrodt); eritorbato de sodio (Nutrimental) y sorbato de potasio (Analquin).

Después de escurridas, se tomaron en forma aleatoria 4 bastones o 15 cubos presentando un área expuesta de 120 cm² y 90 cm² respectivamente, y se envasaron en dos tipos de películas: polietileno de baja densidad (espesor 50 µm, permeabilidad al O₂: 3.000 cm³/m²/24 hs/atm a 22°C para un espesor de 25 µm, permeabilidad al vapor de agua: 28.000 g/cm²/24 hs/38°C y 100 % HR) y película compuesta EVA/SARAN/EVA (ESE) termocontraíble (nombre comercial Super Cryovac, DAREX SAIC, permeabilidad al O₂: 50 cm³/m²/24 hs/atm a 22°C para un espesor de 25µm, permeabilidad al vapor de agua 4,5 g/cm²/24 hs a 38°C y 100 % HR).

Para el envasado al vacío se utilizó un equipo Minidual de envases flexibles termosellables con el sistema de cámara simple, alcanzándose una presión en el interior del paquete de 40 mmHg; esta medida fue realizada por igualación de presiones en jarra de anaerobiosis (Seideman y col., 1976). La termocontracción se lo-

gró sumergiendo el envase en agua a 84°C durante un segundo.

Tabla IV: Variables operativas (concentración y tiempo de inmersión de sustancias preservadoras) para el procesamiento de papas pre-peladas

Preservadores	Concentración (% P/V)	Tiempo de inmersión (seg)
NaHSO ₃	0,5; 0,8; 1,2; 1,7	30
NaHSO ₃	0,5	60
Acido cítrico	0,5; 1,0; 2,0; 5,0	60
Acido ascórbico	1,0; 2,0; 5,0	60
Eritorbato de sodio	0,5; 1,0; 5,0	60
Bisulfito de sodio + ácido cítrico	0,5 + 0,5	60
Eritorbato de sodio + ácido cítrico	0,5 + 5,0 1,0 + 1,0 2,0 + 2,0 5,0 + 2,0	60 60 60 60
Acido ascórbico + ácido cítrico	2,0 + 2,0	60
Acido ascórbico + ácido cítrico + sorbato de potasio	1,0 + 1,0 + 0,2	60

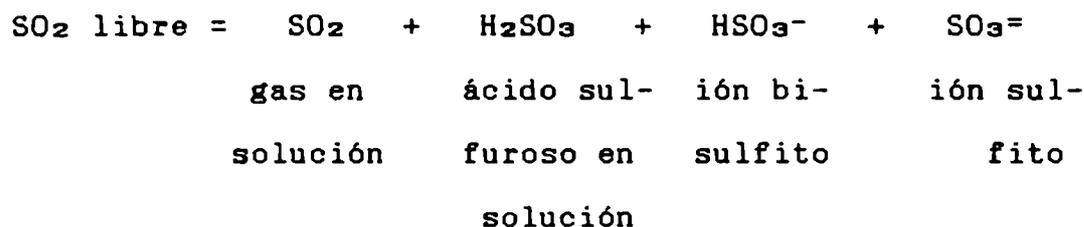
Las muestras envasadas fueron almacenadas durante 19 días a

4, 7 y 10°C en cámaras con temperaturas controladas en $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

Durante el período de almacenamiento se llevaron a cabo mediciones de coloración superficial, textura, producción de exudado y recuentos microbianos en función de la concentración residual de preservador en el producto.

2.2 Determinación de SO_2 en papas pre-peladas

Se ha definido al SO_2 libre como todas las especies moleculares del SO_3H_2 en solución que pueden ser titulado por iodo en medio ácido.



El SO_2 total se obtiene liberando el SO_2 combinado con un tratamiento alcalino, para luego ser titulado con iodo en medio ácido.

El SO_2 combinado se refiere a los posibles compuestos que forma el SO_2 con aldehídos, cetonas, azúcares (King y col., 1981).

Para la determinación de SO_2 en alimentos en la literatura se recomienda los siguientes métodos:

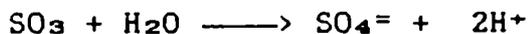
- 1) Método de destilación (Monier Willians (modificado) AOAC - 1984).
- 2) Colorimétrico (AOAC 1980).

3) Iodométrico (Hart y Fischer 1971)

El método oficial de análisis para productos alimenticios es el método de Monier Willians modificado (AOAC 1984) el cual determina SO₂ total. En este método el sulfito es removido de la matriz alimenticia por destilación en medio fuertemente ácido y detectado por titulación en medio alcalino, previa oxidación del SO₂ a ácido sulfúrico con agua oxigenada.

Otro método empleado es el colorimétrico (AOAC, 1980). La técnica utilizada se basa en la reacción de Schiff entre la p-rosanilina, el formaldehído y el dióxido de azufre que producen una coloración violeta. Fue desarrollado por USDA Western Regional Laboratorio en 1959 y determina el conjunto de dióxido de azufre libre y combinado.

El método iodométrico de titulación para la determinación de SO₂ es el método de rutina para el análisis en la industria del vino. La muestra es colocada en medio alcalino produciéndose la ruptura de los compuestos de adición del SO₂ que luego, acidificando y liberando el SO₃H₂, se titula con iodo usando almidón como indicador según las siguientes reacciones:



Suzuki y col (1977) compararon los métodos de determinación de SO₂ y concluyeron que el método de destilación y el iodométrico fueron los más satisfactorios para alimentos conteniendo más 50

ppm de SO₂, mientras que el método colorimétrico resultó efectivo solo para micro-cantidades de SO₂. En el caso de papas pre-peladas sulfitadas, que contienen más de 30 ppm de SO₂, se ha descartado el uso del método colorimétrico por la razón antes mencionada. Ponting (1945) analizó las diferencias entre los métodos iodométricos y el de destilación concluyendo que el método iodométrico produce resultados más uniformes que el método de destilación. Asimismo, el método de destilación requiere equipos complicados en las determinaciones siendo un procedimiento lento que lleva cerca de horas en completarse, pudiendo formarse algunos compuestos ácidos volátiles que destilan junto al SO₂. Esto produciría resultados erróneos, debido a que la titulación con álcali es una medida de la acidez total y no exclusivamente del sulfuroso proveniente del sulfito. Además, el método de Monier Williams puede informar falsos positivos en caso de alimentos con alto contenido de carbohidratos, debido a que se producen por caramelización compuestos ácidos volátiles que son destilados junto con el SO₂.

Por estas razones, se seleccionó el método iodométrico para la determinación de SO₂ en las papas pre-peladas, utilizándose las siguientes variantes:

a) Ross y Treadway (1960). Este método determina SO₂ libre en forma rápida en papas pre-peladas sulfitadas.

Se pesan 100 g de papas con precisión de 0,1 g, se colocan en un vaso de 500 ml y se agrega 100 ml de solución buffer completando con agua a 500 ml. El buffer se prepara disolviendo 35 g de ácido cítrico monohidratado y 65 g de fosfato disódico heptahidratado en 1 litro de agua adicionando 0,5 ml de tolueno como conservador. La solución buffer presenta pH = 4,4 luego de la dilu-

ción realizada que corresponde a 5 veces el volumen del material insoluble presente en los 100 g de papa. Se tritura en un Omni Mixer 17106 a 17000 rpm durante 4 minutos, luego se centrifuga y se filtra a través de papel Whatman hasta recoger 400 ml. 50 ml; del filtrado se titulan con iodo 0,01 N usando 10 ml de almidón como indicador. El procedimiento debe ser rápido, tardándose como máximo 5 minutos desde la homogenización hasta la titulación con iodo. El punto final corresponde al color azul que persiste en el medio durante 20 segundos. El blanco se determina sobre otros 50 ml del filtrado a los que se le agrega 2,5 ml de ácido clorhídrico concentrado y 10 ml de formaldehído 28 %. Se deja en contacto 10 minutos para ligar el SO₂ libre y determinar las sustancias reductoras presentes en la papa mediante la titulación con iodo 0,01 N de manera similar a la realizada en la muestra usando almidón como indicador.

b) Ponting y col. (1945). Este método determina SO₂ total (libre y combinado) y es recomendado por King y col. (1981).

Se pesan 100 g. de papas sulfitadas a las cuales se les agrega 10 ml de buffer tartrato 0,5 M (ácido tartárico e hidróxido de sodio) pH 4,5 y 480 ml de ClNa al 20 %. Se trituran en un Omni Mixer 17106 a 17000 rpm durante 4 minutos y se centrifuga.

El sobrenadante se filtra a través de papel Whatman. Se toman 50 ml del filtrado y se agrega 2 ml de hidróxido de sodio 1 N lo que permite liberar el SO₂ ligado. Las muestras se acidifican con aproximadamente 2 ml de ácido clorhídrico 6 N y se titulan con solución de iodo 0,01 N usando almidón como indicador. El blanco se realiza sobre 50 ml del filtrado agregando 2 ml de hidróxido de sodio 1 N, 2 ml de ácido clorhídrico 6 N y 1 ml de formaldehí-

do 40 %; se deja reposar 10 minutos y finalmente se titula con iodo 0,01 N usando almidón como indicador.

c) Hart y Fisher (1971). Determina SO₂ total y ha sido descrito para hortalizas deshidratadas.

Se toman 8 g de muestra las cuales se trituran en un Omni Mixer 17106 a 17000 rpm. Luego se agrega 400 ml de agua destilada, 5,0 ml hidróxido de sodio al 20 % agitando suavemente para evitar que se incorpore aire dejando reposar 30 minutos. Transcurrido ese tiempo, se agrega 7 ml de ácido clorhídrico 5 N agitando para evitar la concentración local de ácido, se titula con iodo 0,01 N usando almidón como indicador. Es importante titular de inmediato la solución acidificada antes que se produzcan re combinaciones. El blanco se prepara de forma similar usando 8 g de muestra, se tritura y luego se suspende en 400 ml de agua; finalmente se agrega 50 ml de hidróxido de sodio 20 % esperándose 30 minutos. Transcurrido ese lapso, se incorpora 7 ml de ácido clorhídrico 5 N, 10 ml de almidón al 1 % y 2 ml de peróxido de hidrógeno al 3 % para oxidar los sulfitos a sulfatos. Se titula de inmediato con iodo 0,01 N hasta el mismo punto de viraje azul.

Para el cálculo de los ppm de SO₂ se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{ppm SO}_2 = \frac{V \cdot N \cdot 32000 \cdot 10}{\text{peso muestra}}$$

donde V es el volumen en ml de solución de iodo

N es la normalidad corregida de la solución de iodo

el peso de la muestra es en gramos

El SO₂ residual fue determinado en muestras de papas crudas y después del proceso de fritado (180°C, 6 min) de las papas bastón 1 x 1 x 7 cm (Pravisaní y Calvelo, 1986) y del hervido (99,5°C, 8 min) de las papas cubo 1 x 1 x 1 cm (Kasai y Shimada, 1985).

2.3 Determinación de ácido ascórbico y eritorbato de sodio en papas pre-peladas

La determinación de ácido ascórbico y de eritorbato de sodio se realizó según el método de titulación con 2-6 diclorofenolindofenol. Se basa en la extracción del ácido ascórbico con ácido oxálico el cual previene su oxidación por la enzima ascórbico-oxidasa contenida en los tejidos evitando así posibles pérdidas, continuando con la reducción del 2-6 diclorofenolindofenol que cambia de incoloro a rosado (Ponting, 1943).

Se estandariza el colorante con cantidades conocidas de solución de ácido ascórbico y se estima la cantidad de ácido ascórbico por titulación directa. La solución de 2-6 diclorofenolindofenol se prepara de la siguiente manera: se pesan 50 mg de la sal de sodio, se agrega 42 mg de NaHCO₃ y 150 ml de agua fría. Se filtra recogiendo en un recipiente de 200 ml lavándose el filtro hasta desaparición del color completando con agua a 200 ml. Esta solución puede mantenerse en heladera por una semana.

Se realiza la estandarización del colorante usando 1 ml de una solución de ácido ascórbico (50 mg de ácido ascórbico en 50 ml de ácido oxálico al 5 %) la cual se titula con solución 2-6 diclorofenolindofenol hasta color rosa que permanece por 30 segundos. Se calcula los equivalentes de ácido ascórbico en mg de ácido ascórbico por ml de solución colorante. La estandarización debe

realizarse diariamente. Para la determinación de ácido ascórbico o eritórbito en papa, se pesan 25-100 g de muestras de papas tratadas con diferentes concentraciones de antioxidante sin agitar demasiado o exponer al aire, se coloca la muestra en un recipiente triturador cubriéndose con 5 ml de ácido oxálico 0,5 % por cada grano de muestra. La homogenización se realiza durante 2 minutos a 17000 rpm. La muestra se filtra y se toman 10 ml del filtrado titulándose con el standard 2-6 diclofenolindofenol. El color rosado debe permanecer 20-30 segundos.

Se calcula los mg. de ácido ascórbico o eritórbito en 100 g de material fresco según la siguiente expresión:

$$\text{mg ácido ascórbico/100 g de material fresco} = \frac{100 T.S (V_1 + V_2)}{A + W} \quad (2)$$

T = ml de colorante empleado

S = mg ácido ascórbico/ml colorante

V₁ = volumen de ácido oxálico (ml)

V₂ = volumen de agua en la muestra (ml)

A = alicuota titulada

W = peso de la muestra (gr)

El blanco consiste en una muestra de papa sin tratar siguiendo el procedimiento decripto antes.

2.4 Determinación de ácido cítrico en papas pre-peladas

La determinación de la acidez titulable en las papas pre-peladas se realizó según el método de la AOAC (1984).

La muestra se prepara según el método 22-008 para frutas frescas del AOAC (1984). Consiste en pesar 300 g de material fresco, triturarlo con 200 ml de agua, calentar la muestra a ebullición durante 2 minutos, dejando enfriar luego y determinando la acidez titulable según el método 22058 de AOAC (1984) previa medida del volumen final (V_f). Se toman 25 ml y se titula con NaOH 0,1 N usando 0,3 ml de fenoftaleína 1 % por cada 100 ml de solución a titular hasta lograr un rosado persistente.

El porcentaje de ácido cítrico se calcula según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ ácido cítrico} = (V.N/1000) 64.05 V_f 100/\text{masa muestra } 25$$

siendo la masa de la muestra expresada en gramos.

El blanco consistió en una muestra de papa sin tratar siguiendo el procedimiento decripto antes.

2.5 Determinación de la coloración superficial

Las mediciones colorimétricas de las muestras de papas se llevaron a cabo con un colorímetro de superficie Hunter Lab D-25-A3.

El colorímetro consta de dos secciones: el sensor óptico y el procesador de señal. En el sensor óptico, la luz de una lámpara halógena de cuarzo es dirigida a la muestra en un ángulo de 45° de la perpendicular y el receptor de luz está colocado directamente sobre el objeto. Las señales eléctricas analógicas de los detectores llegan al procesador de señal que las convierte en

especificación de color a través de los valores de los parámetros L, a, b que se leen en forma digital.

El color es descripto a través de la luminosidad L y la cromaticidad por los parámetros a y b. L varía desde 100 para un blanco perfecto y cero para el negro.

a representa rojo cuando es positivo
 gris cuando es cero
 verde cuando es negativo

b representa amarillo cuando es positivo
 gris cuando es cero
 azul cuando es negativo

Las determinaciones fueron realizadas por triplicado usando muestras de papas bastón de 1 x 1 x 7 cm ubicando 7 bastones lo más juntos posibles. Se estudió el color desarrollado en papas tratadas con los diferentes sustancias antioxidantes presentadas en la Tabla IV durante el almacenamiento a 4°C. Los resultados informados corresponden al promedio de las determinaciones.

Se determinaron los valores iniciales (Lo, ao, bo) y por diferencia de medidas los resultados se expresaron como:

$$\Delta E = (\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2)^{1/2}$$

durante el almacenamiento refrigerado a 4°C de las muestras envasadas en los dos tipos de películas estudiadas, siendo

$$\Delta L = L - L_0, \Delta a = a - a_0 \text{ y } \Delta b = b - b_0.$$

2.6 Determinaciones de textura

Las determinaciones de textura se basan en medir la resistencia que opone el alimento a las fuerzas de deformación que se le aplican. En este caso se mide la fuerza de compresión (F_{max} , altura de pico) en función de la distancia recorrida por el émbolo.

Los ensayos de penetrometría se realizaron con una prensa Instron Modelo 1130. Esta máquina fue diseñada para estudiar las propiedades mecánicas de materiales y realizar ensayos de compresión, tensión, flexión, puntura, extrusión y otros estudios más sofisticados. La máquina consta de dos partes: 1) un mecanismo de conducción que maneja un cabezal horizontal en dirección vertical que se desplaza a velocidad controlada en el rango 0.02 - 50 cm/min. y 2) un sistema de detección y registro de la fuerza ejercida consistente en celdas cuya salida alimenta el registrador. En este estudio se trabajó con celda de compresión (hasta 50 kg) y probeta individual cilíndrica de 1 cm de diámetro con velocidad de cabezal de 5 cm/minuto y velocidad de carta de 50 cm/minuto. Las determinaciones correspondientes a cada tiempo de almacenamiento refrigerado a 4°C se realizaron sobre tres discos de 5,5 cm diámetro x 1.5 cm. De cada uno de ellos se seccionaron 5 cilindros de 1 cm de diámetro y 1.5 cm de altura provenientes del centro y de la periferia de las rodajas midiéndose la fuerza máxima. Los resultados informados a cada tiempo corresponden al promedio de 15 determinaciones.

2.7 Determinaciones de Exudado

Las determinaciones de exudado se realizaron por triplicado utilizando muestras con distintas geometrías: bastones y cubos. Las muestras tratadas con diferentes concentraciones de SO_3HNa se pesaron inicialmente y a lo largo del almacenamiento refrigerado a 4°C cuantificándose el porcentaje de pérdida de peso para muestras envasadas en EVA-SARAN-EVA y polietileno.

Los resultados informados a cada tiempo de almacenamiento corresponden al promedio de 12 determinaciones.

Con el objeto de analizar el efecto del pH de la solución de inmersión de bisulfito de sodio sobre la producción de exudado, se determinó el exudado en papas las cuales fueron sumergidas en soluciones de 1.7 y 0.8 % P/V de bisulfito de sodio disueltos en apropiadas soluciones buffer de $\text{pH} = 4$ y $\text{pH} = 6$ (Amla y Francis, 1961).

La solución buffer $\text{pH}: 4$ se preparó mezclando 61,45 ml de ácido cítrico 0,1 M y 38,55 ml de fosfato dibásico de sodio 0.2 M.

La solución buffer correspondiente a $\text{pH}:6$ estaba formada por 87.7 ml de fosfato monosódico 0.2 M y 12,3 ml de fosfato dibásico de sodio 0,2 M.

En todos los casos, el pH de las soluciones de buffer fueron reajustadas mediante el agregado de las sales secas cuando ello fue necesario.

Las muestras de papas (bastones) fueron sumergidas durante 30 segundos en las distintas soluciones y envasadas en polietileno y EVA-SARAN-EVA. A distintos tiempos de almacenamiento refrigerado a 4°C se tomaron muestras para realizar las determinaciones de exudado por pérdida de peso. Los resultados informados a cada

tiempo de almacenamiento corresponden al promedio de 12 determinaciones de pesada.

2.8 Determinaciones Microbiológicas

Durante el almacenamiento, un mínimo de seis paquetes correspondientes a cada condición de tratamiento fueron seleccionadas al azar para realizar las determinaciones microbiológicas. El control consistió en 4 papas bastón y 15 papas cubos envasadas en polietileno y EVA-SARAN-EVA sin tratamiento.

El contenido de cada paquete se transfirió a un erlenmeyer conteniendo 180 ml de agua peptona (Oxoid) 0,1 % estéril y perlas de vidrio. La maceración se realizó a 30°C durante 15 minutos en un Shaker (modelo 6-52, New Brunswick Scientific Co Inc., N.Y.) operando con 250 golpes excéntricos por minuto. Se realizaron las diluciones necesarias en agua peptona 0,1 % y la siembra en los diferentes medios de cultivo fue realizada por duplicado. Los resultados fueron expresados en log UFC/cm². (UFC Unidades Formadoras de Colonias).

El recuento total de microorganismos aerobios fue realizado en Plate Count Agar (PCA) (Oxoid) incubando a 30°C por 2 días. El número de unidades formadoras de colonias fue determinado usando un cuenta colonias Ionomex.

El recuento total de microorganismos que crecen en anaerobiosis se llevó a cabo en Plate Count Agar incubando a 30°C por dos días en jarra de anaerobiosis.

Para el recuento total de microorganismos psicrófilos se utilizó Plate Count Agar incubándose a 4°C durante 7 días.

El recuento de Enterobacteriaceae se realizó en Violet Red

Bile Dextrosa Agar (Oxoid) incubando 16-18 hs a 37°C.

El recuento de hongos y levaduras se llevó a cabo en agar Mosto (Merck) pH 3,5 incubándose a 25°C durante 5-7 días.

El recuento de microorganismos esporulados aerobios y esporulados que crecen en anaerobiosis fue realizado a partir del macerado de las muestras de papa en agua peptona las cuales se sometieron al calor (80°C durante 10 minutos) realizándose la siembra en PCA incubándose paralelamente en aerobiosis y en anaerobiosis a 30°C durante 2 días.

El recuento de Pseudomonas sp fue realizado en el medio Masurovsky (Masurovsky y col., 1963) cuya composición fue la siguiente:

NH ₄ (NO ₃)	5,0 g	Fe(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₂ .6H ₂ O	0,1 g
Mn Cl ₂ .4H ₂ O	0,2 g	Na ₂ HPO ₄ ,7H ₂ O	0,8 g
CaCl ₂ .2H ₂ O	0,015 g	Rojo cresol	0,2 g
L argininaHCl	10,0 g	Agua	1.000 ml
Extracto de levadura	0,25 g	Cloranfenicol	2,5 µg/ml de medio
Agar	12,15 g	Eritromicina	5 µg/ml de medio
MgSO ₄ .7H ₂ O	1,0 g	pH: 7,2 ± 0,2	

La siembra se realizó en superficie y la incubación se hizo a 30°C durante 2 días.

El recuento de bacterias coliformes fue realizado siguiendo la técnica del número más probable (NMP). Este recuento está basado en la distribución de Poisson que se practica en muestras con baja concentración. Se han elaborado tablas para series de 3 y 5 tubos con los correspondientes límites de confianza del 95 %. El medio de cultivo usado fue Caldo lactosa (Merck). La incubación se

realizó a 30°C durante 24 hs. Se consideraron positivos los tubos que presentaron crecimiento y formación de gas.

La detección de E. Coli fue realizada usando Caldo EC (Merck). Se sembraron los tubos positivos obtenidos en la determinación de NMP/g incubándose a 45°C durante 24-48 hs. Se consideraron positivos los tubos que presentaron gas.

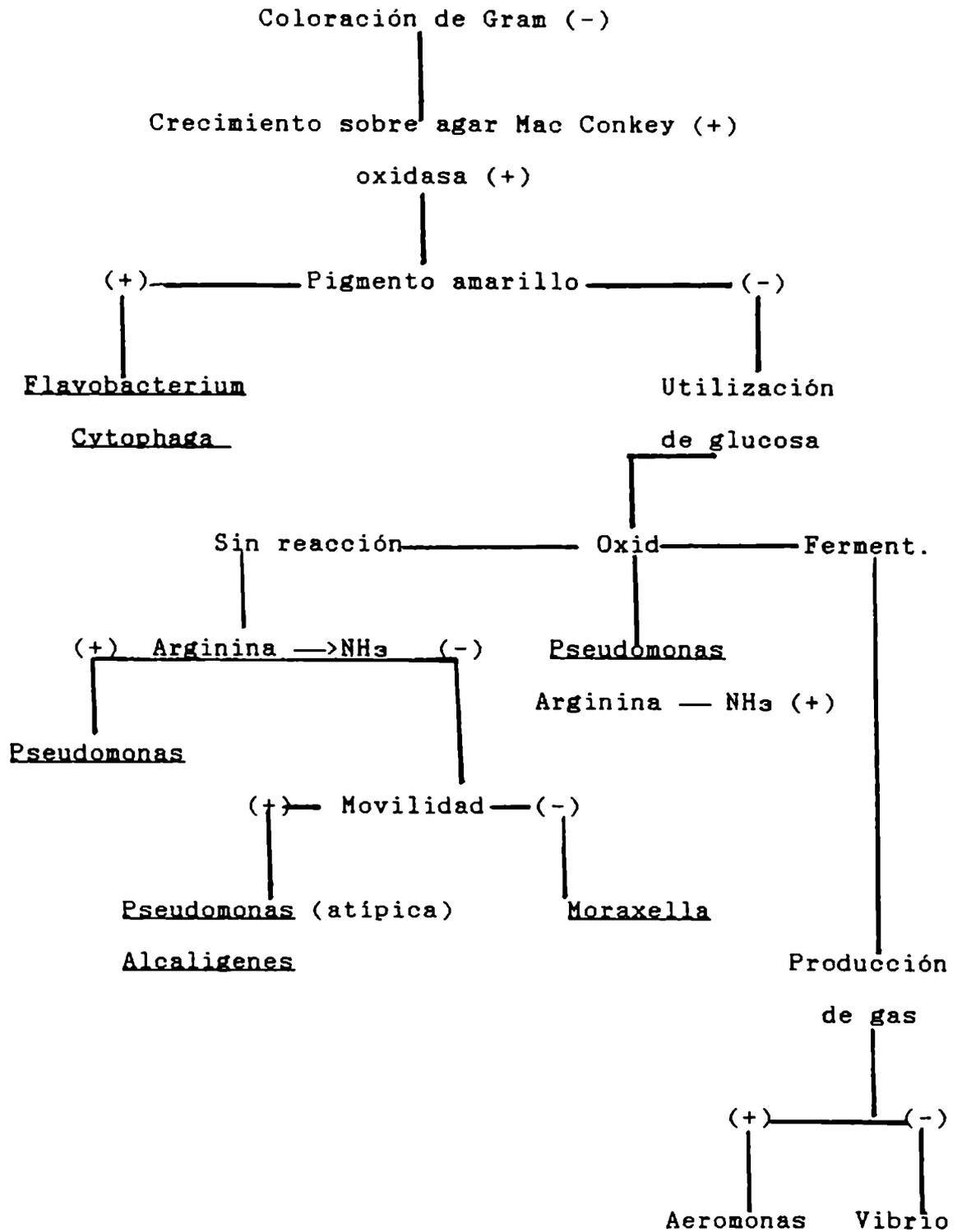
El aislamiento de Clostridia sulfito reductores: fue realizado en agar sulfito polimixina sulfadiacina (Merck) sembrándose 1 ml del homogenato e incubándose a 37°C durante 24-48 hs. en forma anaeróbica.

El aislamiento de Clostridia pectolítico fue realizado en medio P₁ y P₁ + polimixina descrito por Lund (1972).

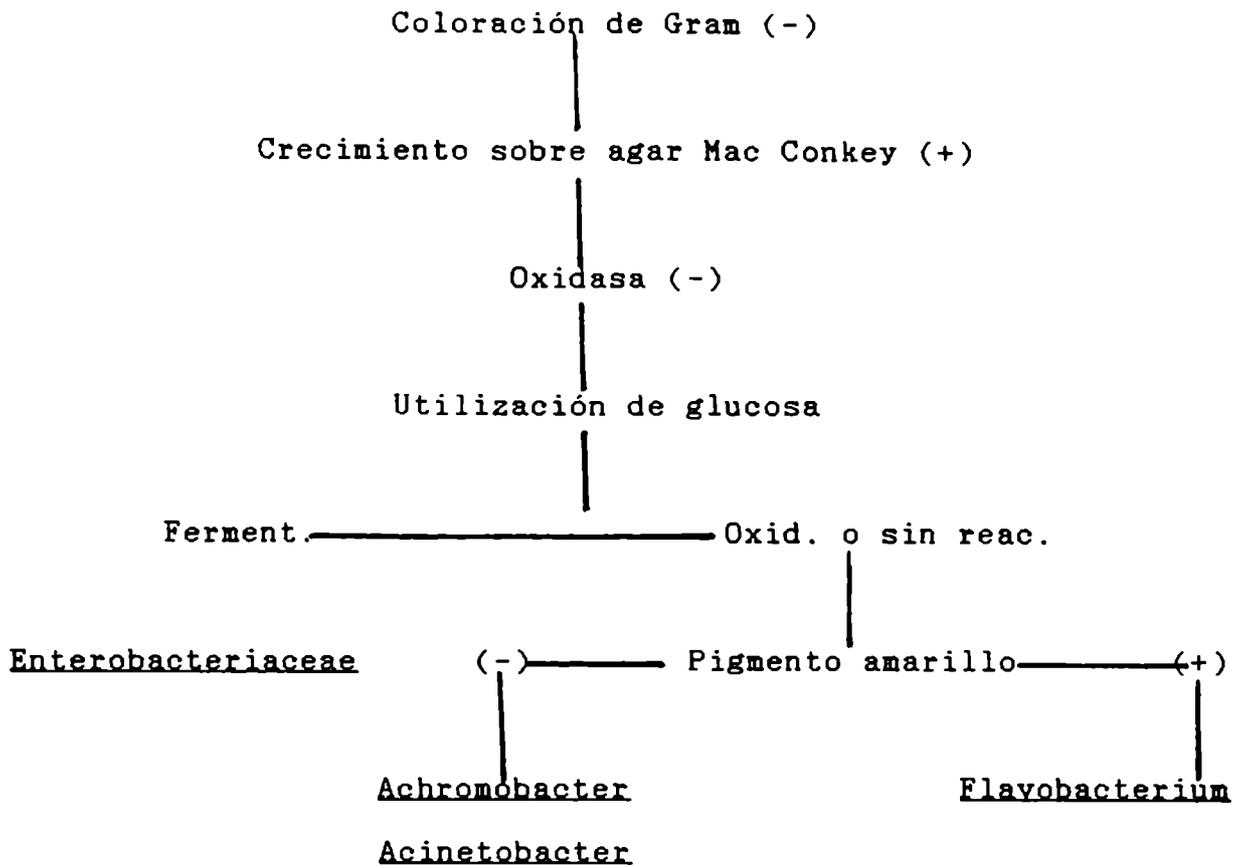
El medio P₁ es el medio base el cual contiene: triptona 10 g, extracto de carne 3 g, extracto de levadura 5 g, CaCl₂.6H₂O 5,2 g, cisteína clorhidrato 0,4 g, agar 15 g, agua destilada 1 l; el pH fue 6.8. El medio P₁ se vertió en placas de Petri, las cuales una vez secas se les agregó 5-10 ml de la solución de polipectato. La solución de polipectato se preparó utilizando polipectato de sodio 20 g, etanol absoluto 60 ml, EDTA 1 g, agua destilada 1 l. pH 7,4 (Paton, 1959).

El medio P₁ + polimixina fue similar al medio P₁ con el agregado de 0,2 ml de solución de sulfato de polimixina B (24.000 U/ml) por cada 20 ml del medio base. Sobre el lecho se agregó la solución de polipectato de sodio y asumiendo que la poliximina difundió por todo el medio al final la concentración en las placas fue de 168 U/ml. La siembra se realizó en superficie y la incubación fue a 30°C durante 2-4 días en forma anaeróbica.

b) Bacterias Gram-negativas - oxidasa - positivas



c) Bacterias Gram-negativas - oxidasa - negativas



Cada colonia fue transferida a los diferentes medios de cultivo para determinar la composición porcentual de los siguientes microorganismos:

Pseudomonas sp. y Enterobacteriaceae fueron determinados usando los medios de cultivos selectivos que se describieron anteriormente. La identificación de Lactobacillus se realizó en agar MRS (Oxoid) incubándose a 30°C durante 3 días.

Bacillus cereus se identificó en Agar selectivo para B. cereus (Merck) incubándose a 30°C durante 18-40 hs. Las colonias típicas fueron confirmadas por el ensayo de la gelatina y la reducción de nitrato.

Enterococcus se identificó en caldo Azida Dextrosa (Merck) como

medio de enriquecimiento incubándose a 37°C, 1-2 días. Los resultados fueron confirmados en Caldo Púrpura de Bromocresol Azida (Merck).

Erwinia pectolítica fue detectada en Agar Cristal Violeta Pectato (CVP)(Cuppels y Kelman, 1974) preparado de la siguiente manera: A 500 ml de agua destilada hervida se agregó en forma secuencial (con agitación en un recipiente comenzando a bajas velocidades) 1,0 ml de solución acuosa de cristal violeta 0,075 % P/V, 4,5 ml de NaOH 1M, 3 ml de CaCl₂.2H₂O 10 % preparada recientemente, 2 gr de agar, 1 g de NaNO₃; se mezcló a altas velocidades durante 15 segundos. Lentamente se agregó 9 g de polipectato de sodio y se mezcló durante 15 segundos más, alternativamente puede agregarse lauril sulfato de sodio si se quiere aumentar la selectividad para Erwinia. Se autoclavó a 121°C por 15 minutos. Las placas se mantuvieron 48 hs a temperatura ambiente antes de sembrarlas, pudiendo guardarse a 4°C por varias semanas.

Adicionando al medio MnSO₄H₂O en 2 gr/500 ml de medio (O'Neill y Logan, 1975) se suprime el crecimiento de Pseudomonas pectolíticas. La calidad del polipectato es crítica para el éxito en la preparación del medio, algunas preparaciones comerciales pueden resultar no satisfactorias. El polipectato de sodio se preparó a partir de cáscaras de naranjas siguiendo el procedimiento de Cother y col, (1980) y utilizando polipectato de sodio (Kluft) proveniente de RL Kluftand Co. Ltd, 5832 Farmwood Hieghts, Oconomowoc, Wisconsin 53066, USA. Este compuesto es preparado especialmente para ser usado en la elaboración del medio CVP. Con el fin de testear el medio de pectato usado se utilizaron dos cepas de Erwinia. Las cepas usadas fueron Erwinia carotovora var. atroséptica, Erwinia carotovora var. carotovora. Ambas cepas

fueron obtenidas del National Collection of Plant Pathogenic Bacteria, Hatching Green, Harpenden, England.

Las cepas se recibieron liofilizadas, se replicaron en PCA y se transfirieron periódicamente.

Pseudomonas pectolitica fue testada por su habilidad de producir podredumbre en una rodaja de papa (Lelliott y col. 1966).

Pseudomonas fluorescens fue investigada en agar F para Pseudomonas (Difco) se incubó a 30°C durante una semana. La lectura se realizó bajo luz ultravioleta.

Staphylococcus aureus fue detectado en Agar Baird Parker (Merck) con incubación a 37°C durante dos días, las colonias típicas fueron confirmadas con el ensayo de DNAasa.

Para la indentificación de Enterobacteriaceae se utilizó el test bioquímico standard dado por las siguientes pruebas bioquímicas:

Investigación de oxidasa: solución acuosa de tetrametil p-fenilendiamina al 1 % sobre papel de filtro (Kovacs, 1956).

- Investigación de catalasa: solución de H₂O₂ al 3 %

(H₂O₂ catalasa H₂O + O₂).

- Producción de NH₃ a partir de arginina a través de la enzima arginina hidrolasa (Arginina → NH₃; Thornley, 1960).

Utilización de glucosa (Hugh - Leifson, 1953): metabolismo oxidativo o fermentativo.

- Test de movilidad: inoculación por punción en un medio semi-sólido.

- Utilización de citrato como única fuente de carbono.

- Utilización de nitrato.

- Utilización de sacarosa.

- Producción de SH₂.

- Producción de indol.

Utilización de lisina a través de la enzima lisina decarboxilasa.

- Utilización de urea.

- Utilización de malonato.

- Investigación de fenilalamina deaminasa (PHE).

- Investigación de ornitina decarboxilasa.

- Investigación de β -galactosidasa (ONPG).

Fermentación de azúcares: sorbitol, arabinosa, maltosa, trealosa, xilosa.

Asimismo, estas pruebas fueron suplementadas con Enteric 20 Inolex (Biomedial División Inolex Crop, Glenwood, IL).

2.9 Análisis estadístico

La existencia o no de diferencias significativas entre duplicados de recuentos en placa de microorganismos provenientes de una misma muestra fueron evaluados según el análisis X^2 (chi cuadrado) con $p < 0,05$, $X^2 < 3,84$ (Meynell y col., 1970) cuya ejemplificación se muestra en el Apéndice I.

El análisis de la existencia de diferencias significativas entre los diferentes tratamientos fue realizado de acuerdo con el método de Neter y Wasserman (1974) según se indica en el Apéndice II.

El desvío standard de la pendiente de las regresiones lineales de las cinéticas microbianas σ_{μ}^* ó $\sigma_{\mu 1}$ y el desvío standard en la fase de latencia σ_{e}^* ó $\sigma_{e 1}$ fue calculada según el Apéndice III.

El análisis estadístico de la existencia de efectos sinérgicos entre dos preservadores distintos en la inhibición microbiana fue calculado según se presenta en el Apéndice IV.

El análisis de costo total del producto para una planta procesadora de papas se presentan en el Apéndice V.

CAPITULO 3

EFEECTO DEL RESIDUO DE SO₂ EN LOS PARAMETROS DE CALIDAD DE PAPAS PRE-PELADAS

3.1 Residuo de SO₂ en papas pre-peladas

Comparación de resultados aplicando distintos métodos de dosaje

El dióxido de azufre es agregado a los alimentos en forma de metabisulfito, bisulfito, ácido sulfuroso o SO₂ líquido o gaseoso. Parte del dióxido de azufre agregado se combina con constituyentes orgánicos del alimento; la porción combinada no es titulable directamente con iodo y es conocida como dióxido de azufre "combinado" en contraste con el dióxido de azufre "libre" el cual se refiere al SO₂ sin combinar.

Como se hizo referencia a el Capítulo de Materiales y Métodos, las determinaciones de SO₂ se realizaron por el método de titulación directa con iodo que es un método rápido y no requiere equipos complicados. Dentro de esta técnica se han descrito distintas modificaciones, las cuales fueron probadas en el presente estudio discutiéndose sus resultados.

Los métodos de determinación de SO₂ ensayados fueron:

- 1) Ross y Treadway (1960): este método ha sido descrito para la determinación de SO₂ libre en papas pre-peladas sulfitadas.
- 2) Ponting y Johnson (1945): se utiliza para determinar SO₂ libre y combinado en frutas.
- 3) Hart y Fisher (1971): se emplea para la determinación del SO₂ total en hortalizas deshidratadas.

La Tabla V muestra los valores de SO₂ iniciales expresados en ppm presentes en papas pre-peladas cortadas en forma de bastones

luego de 30 segundos de inmersión en 0,8 % de bisulfito de sodio comparando los tres métodos de medida. Los valores informados corresponden a determinaciones triplicadas.

Tabla V: Residuo de SO₂ presentes en papas pre-peladas comparando los tres métodos de determinación de SO₂ para una inmersión de 30 seg en solución de 0,8 % de SO₃HNa

SO ₂ residual (ppm)		
Hart y Fisher (1971)	Ross y Treadway (1960)	Ponting y Johnson (1945)
53 ± 4	105 ± 9	117 ± 10

Puede observarse que los residuos de SO₂ obtenidos por el método de Hart y Fisher son menores a los obtenidos por los métodos de Ross-Treadway y Ponting-Johnson. Esto puede deberse a que en el método de Hart-Fisher se producen pérdidas de SO₂ durante la homogenización del producto en agua debido a la inestabilidad de las especies del SO₂ a ese pH (Fig. 4). Además, otra fracción de SO₂ puede perderse por oxidación enzimática dado que las enzimas presentes en el producto se activan durante la homogenización y actúan posteriormente durante un período prolongado (30 min) en tratamiento alcalino. Las pérdidas de SO₂ son minimizadas por los métodos Ross-Treadway y Ponting debido a que se estabilizan las especies de SO₂ en el ión SO₃H⁻ a pH 4.5-5 mediante el agregado de soluciones buffer adecuadas; por otro lado estos métodos disminuyen la oxidación enzimática del SO₂ ya sea

por el agregado de ClNa 20 % (Ponting, 1945) o bien operando en forma rápida, es decir en un período no mayor de 5 minutos después de la homogenización (Ross y Treadway, 1960).

Comparando los resultados de SO₂ obtenidos utilizando el método Ross-Treadway y Ponting, se observa que este último determina mayor cantidad de SO₂. La diferencia se debe a que el método de Ponting determina SO₂ total (libre y combinado) mientras que el de Ross-Treadway determina solamente SO₂ libre. El SO₂ se combina muy rápidamente con azúcares y aldehídos no pudiéndose determinar esa fracción mediante la titulación con iodo. El SO₂ combinado puede ser fácilmente liberado por la adición de álcali.

Usando el método de Ponting se determinó la concentración del SO₂ ligado en papas, obteniéndose un valor de 12 ppm que constituye un residuo bajo que se encuentra dentro del error experimental. De esta manera puede concluirse que los métodos de Ross-Treadway y Ponting arrojan resultados comparables.

De acuerdo a lo discutido y teniendo en cuenta que el efecto antimicrobiano del SO₂ libre es considerablemente mayor al del SO₂ ligado (Formachon, 1963) a lo largo del trabajo los residuos de SO₂ se expresaron en términos de los resultados del método de Ross-Treadway descrito en la sección de Materiales y Métodos.

3.2 Efecto de las condiciones operativas en el residuo de SO₂ presentes en papas pre-peladas

Las condiciones operativas se refieren a la concentración y pH de la solución de inmersión, tiempo de inmersión y geometría del producto. Dado que el SO₂ residual depende de estos factores, un estudio detallado de los mismos y su efecto sobre el valor de

SO₂ residual debe ser realizado.

3.2.1 Efecto de la concentración de la solución de inmersión, de la geometría del producto y del tiempo de inmersión en el valor de SO₂ residual

Los valores iniciales de SO₂ (ppm) en papas cubo (1 x 1 x 1 cm) y bastón (1 x 1 x 7 cm) luego de haberlos sumergido durante 30 segundos en diferentes concentraciones de bisulfito de sodio de acuerdo con el método seleccionado de Ross y Treadway se presentan en la Fig. 6.

Puede observarse un incremento en el valor de SO₂ residual con el aumento de la concentración del baño de inmersión, asimismo, para una misma concentración del baño de inmersión, el valor de SO₂ residual es mayor para papas cubo que para papas bastón.

Por otra parte el efecto que ejerce el tiempo de inmersión sobre el valor de SO₂ residual puede observarse en la Tabla VI correspondiente a papas bastón sumergidas en solución de bisulfito de sodio 0,5 %.

Tabla VI: Efecto del tiempo de inmersión sobre los residuos de SO₂ (ppm) presentes en papas pre-peladas cortadas en forma de bastón sumergidas en bisulfito de sodio 0,5 %

Tipo de inmersión (seg)	30	60	90	120
Residuo de SO ₂ (ppm)	66 ± 6	78 ± 8	150 ± 9	180 ± 12

Los efectos que ejercen la concentración del baño, la geometría del producto y el tiempo de inmersión sobre el SO_2 residual fueron interpretados a través de un modelo matemático.

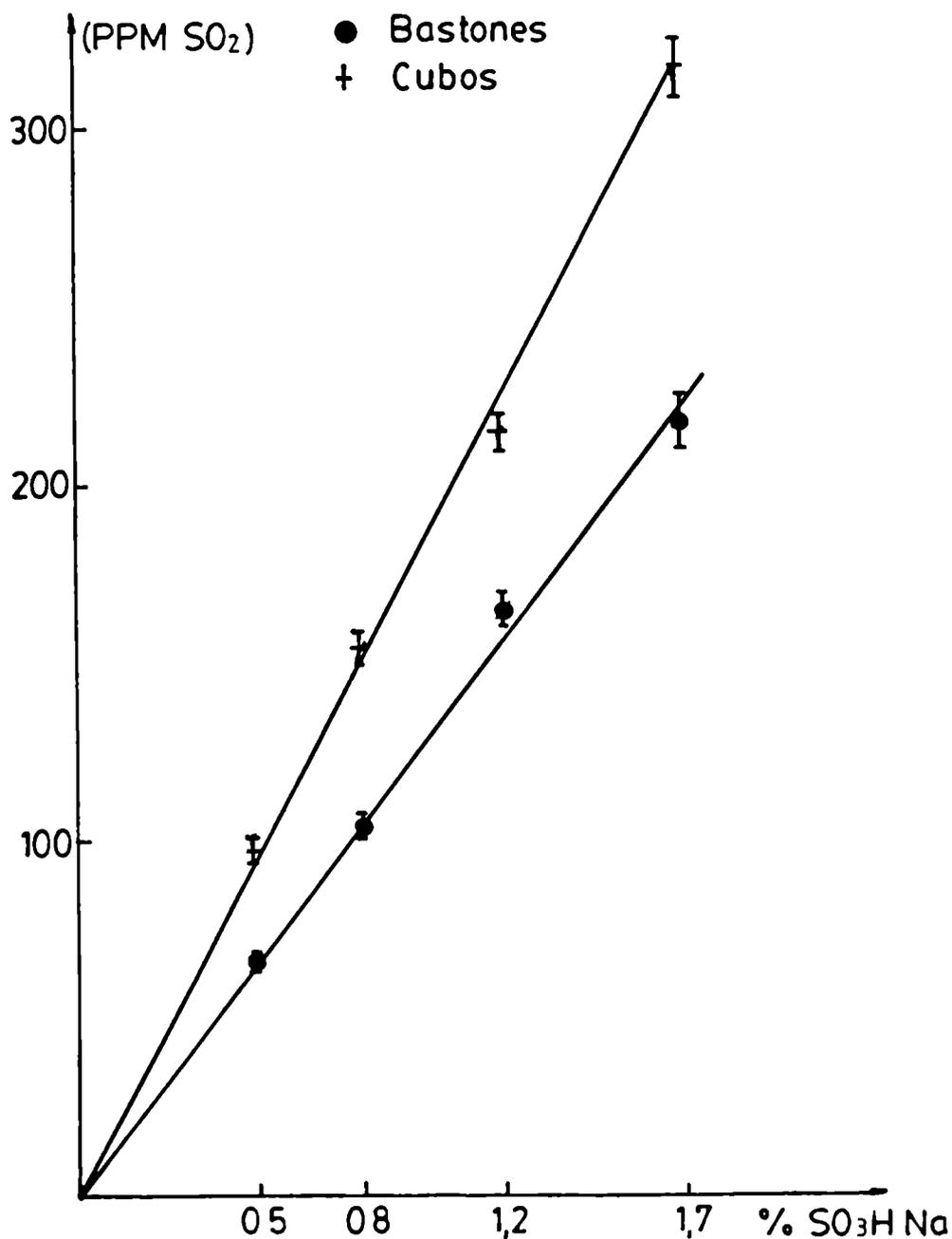


Fig. 6: Efecto de la concentración de bisulfito de sodio sobre el residuo de SO_2 presente en papas pre-peladas sumergidas 30 seg.

El tejido de la papa puede ser considerado como una matriz insoluble (almidón, celulosa, sustancias pécticas) y una fase

acuosa a través de la cual el SO₂ difunde. La difusión en estado no estacionario, para geometría tridimensional puede ser analizada usando un balance microscópico de masa.

$$\delta c / \delta t = D_e (\delta^2 c / \delta x^2 + \delta^2 c / \delta y^2 + \delta^2 c / \delta z^2) \quad (3)$$

donde c es la concentración de soluto en el sólido y D_e es el coeficiente de difusión efectivo del SO₂ en el tejido de la papa el cual puede ser expresado en términos de la difusividad molecular (D_{AB}), la porosidad (ε) y el factor de tortuosidad (Q) (Sherwood y col, 1975) según:

$$D_e = D_{AB} \epsilon / Q \quad (4)$$

La porosidad es la fracción de volumen del sólido ocupado por el líquido ocluido, la tortuosidad es la relación entre el camino de la difusión y la distancia nominal atravesada por el soluto (Shwartzberg y Chao, 1982). Las condiciones iniciales y de contorno son:

$$\begin{aligned} t \leq 0 \quad c = 0 \quad & -a < x < a \\ & -b < y < b \\ & -d < z < d \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} t > 0 \quad \pm D_e \delta c / \delta x = k_L (c_f - c) \quad & x = -a \\ & x = a \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \pm D_e \delta c / \delta y = k_L (c_f - c) \quad & y = b \\ & y = -b \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \pm D_e \delta c / \delta z &= k_L (c_f - c) & z &= d \\ & & z &= -d \end{aligned} \quad (8)$$

donde se ha considerado la existencia de un coeficiente interfacial de transferencia de materia k_L y una relación $c = c'$; asumiendo coeficiente de partición igual a uno y siendo c' la concentración del soluto por unidad de volumen de líquido y c la concentración de soluto por unidad de volumen de sólido el subíndice f corresponde a concentración en el seno de la solución. Rodríguez y Zaritzky (1986) elaboraron un modelo matemático que contempla la solución de las ecuaciones que fueron resueltas usando la regla Newman considerando la contribución de las tres direcciones, (Carslaw y Joeger, 1959). El perfil de concentraciones adimensional se integró sobre el volumen de la muestra y el valor de SO_2 residual pudo ser calculado de acuerdo a:

$$F = \frac{Mt}{M_\infty} \left[1 - \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{l=1}^{\infty} \frac{8 \left(\frac{Bi_x}{\beta_n} \right)^2 \left(\frac{Bi_y}{\beta_m} \right)^2 \left(\frac{Bi_z}{\beta_l} \right)^2 \exp \left\{ - D_e t \left(\frac{\beta_n^2}{a^2} + \frac{\beta_m^2}{b^2} + \frac{\beta_l^2}{d^2} \right) \right\}}{(Bi_x^2 + Bi_x + \beta_n^2)(Bi_y^2 + Bi_y + \beta_m^2)(Bi_z^2 + Bi_z + \beta_l^2)} \right] \quad (9)$$

donde F es la relación entre la masa de SO_2 que ingresa al sistema después de un tiempo t y la que ingresaría tiempo infinito.

a, b, d : son las dimensiones del sólido en las direcciones x, y, z respectivamente

D_e : coeficiente de difusión efectivo de SO_2 en papas ($D_e = 1.078 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{seg}$ según Rodríguez y Zaritzky, 1986)

β_n, m, l son las raíces de las ecuaciones.

$$\beta_n \tan \beta_n = Bi_x; \quad \beta_m \tan \beta_m = Bi_y; \quad \beta_l \tan \beta_l = Bi_z.$$

La masa de SO₂ en ppm que ingresa al sistema después de un lapso infinitamente largo para el cual se alcanza el equilibrio puede evaluarse según:

$$M_{\infty} = (c'f \epsilon 10^6) / \rho \quad (10)$$

Siendo ρ la densidad de la papa

La ecuación (10) muestra la existencia de una relación lineal entre el valor de SO₂ residual presente en las papas y la concentración de bisulfito de sodio en el baño de inmersión c'f lo cual pudo ser experimentalmente verificado en nuestro estudio para papas cubo y baston (Fig. 6). Similar comportamiento fue informado por Francis y Amla 1961; Furlong, 1961; Ross y Treadway 1961. Asimismo, el modelo matemático predice valores de SO₂ residuales mayores para cubo (1 x 1 x 1 cm) que para papas bastón (1 x 1 x 7 cm) siendo coincidente con los resultados obtenidos en el presente estudio (Fig. 6). También predice el valor de SO₂ residual en función del tiempo de inmersión observándose que el residuo de SO₂ aumenta en forma no proporcional con el tiempo lo que pudo ser experimentalmente verificado (Tabla VI). Al respecto, Francis y Amla (1961) no encontraron un incremento en el valor de SO₂ residual con el aumento del tiempo de inmersión, sin embargo, la mayoría de los estudios (Ross y Treadway, 1961; Furlong, 1961; Garrick, 1968) informan un efecto similar al encontrado en nuestro trabajo.

3.2.2 Efecto del pH de la solución de inmersión sobre el valor de SO₂ residual presente en papas pre-peladas

El equilibrio entre el SO₂, HSO₃⁻ y H₂SO₃ se desplaza de acuerdo al pH de la solución de inmersión (Fig. 4). A bajos

valores de pH la proporción de SO_2 aumenta ejerciendo así mayor poder antimicrobiano y antioxidante.

En la Fig. 7 se muestra el efecto del pH de la solución de inmersión sobre el residuo de SO_2 en papas pre-peladas obtenidas para bastones (1 x 1 x 7 cm) sumergidas durante 30 segundos en soluciones buffer de pH 4 (ácido cítrico 0.1 M y PO_4HNa_2 0.2 M) y pH 6 ($\text{Na PO}_4\text{H}_2$ 0.2 M y Na_2HPO_4 0.2 M) conteniendo 0.8 y 1.7 % de NaSO_3H así como en soluciones de bisulfito de sodio sin buffer (pH: 4.2).

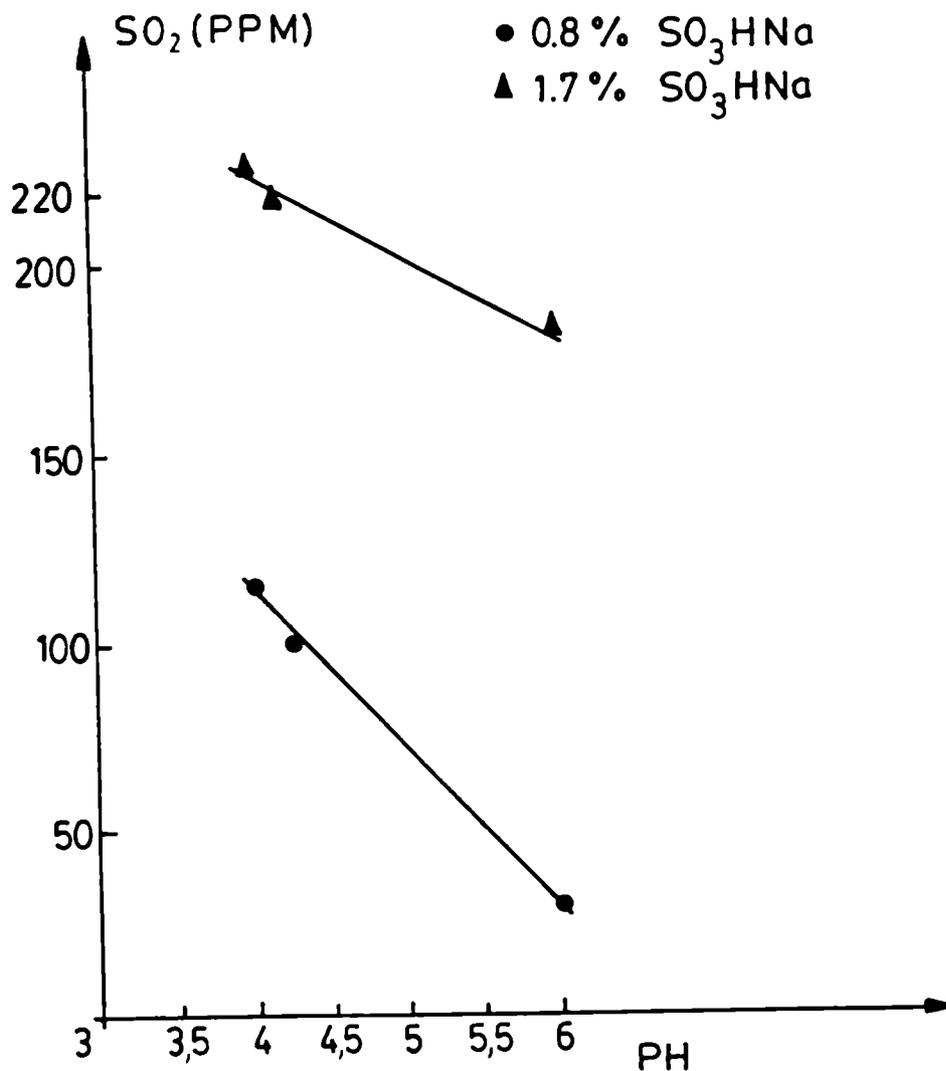


Fig. 7: Efecto del pH de la solución de inmersión sobre sobre la absorción de SO_2 en las papas pre-peladas.

Puede observarse que el SO₂ residual se incrementa con la disminución del pH de la solución de inmersión siendo estos resultados coincidentes con los informados por Garrick (1968).

Similar efecto se manifiesta en la Tabla VII donde se presentan los residuos de SO₂ obtenidos al tratar papas bastón (1 x 1 x 7 cm) con NaSO₃H 0.5 % durante 60 segundos y con una solución mezcla de NaSO₃H y ácido cítrico (0.5 %/0.5 %) durante igual tiempo de inmersión.

Tabla VII: Efecto del agregado de ácido cítrico en la solución de inmersión sobre el valor de SO₂ residual

Solución de inmersión	ppm SO ₂
NaSO ₃ H 0.5 %	78 ± 8.8
NaSO ₃ H + ácido cítrico (0.5 %)/(0.5 %)	140 ± 10.1

Puede observarse que si bien la cantidad de bisulfito de sodio agregado a ambas soluciones de inmersión es la misma (0,5 %), el valor de SO₂ residual es mayor para el caso de las papas tratadas con solución mezcla de ácido cítrico y bisulfito de sodio. Esto está de acuerdo con lo informado por Ross-Treadway (1961) quienes observaron que los valores de SO₂ residual eran prácticamente el doble para el caso de papas tratadas con solución mezcla de ácido cítrico y NaSO₃H (0,5 %/0,5 %) respecto de los

tratados con bisulfito solamente.

Con el objeto de analizar las razones por la cuales el pH modifica los valores de SO₂ residual y a efectos de discriminar si se producen variaciones en el coeficiente de difusión de las especies del SO₂ involucradas o un desplazamiento de los valores de equilibrio, se realizaron una serie de experiencias adicionales. En las mismas, se determinaron para cada solución con igual concentración de bisulfito de sodio y distinto pH los residuos de SO₂ en papas en función del tiempo de inmersión. Este varió desde 3 horas hasta 24 horas de manera de asegurar el establecimiento de las condiciones de equilibrio.

Se utilizaron soluciones de NaSO₃H 0,5 % pH = 4,04 y solución mezcla de NaSO₃H con ácido cítrico (0.5 %/0,5 %) pH 2,6. Los resultados presentados en Tabla VIII corresponden a valores medios de muestras triplicadas.

Tabla VIII: Efecto del tiempo de inmersión sobre el residuo de SO₂ (ppm) en papas sumergidas en solución de NaHSO₃ 0,5 y solución de NaSO₃H ácido cítrico (0,5 %/0,5 %)

Tratamiento	Residuo de SO ₂ (ppm)				
	Tiempo de inmersión (horas)				
	3	4	5	6	24
NaHSO ₃ 0.5%	327±22	476±32	550±45	672±54	1278±58
NaHSO ₃ + ác.cí- trico (0.5%/0.5%)	1139±25	1234±25	1261±29	1280±33	1343±54

Los resultados indican que el pH afecta el equilibrio del SO_2 ; SO_3H^- ; SO_3H_2 desplazándolo hacia la forma molecular no ionizada, esta molécula no cargada (SO_2) presenta mayor movilidad y por lo tanto difunde más rápidamente lo cual explicaría las diferencias en los residuos a cortos tiempos de inmersión. A largos tiempos sin embargo para ambos pH se alcanza la concentración de equilibrio tendiéndose a la igualación de los residuos.

3.3 Efecto de la permeabilidad gaseosa de la película de envase en el residuo de SO_2

Las variaciones de SO_2 residual a lo largo del almacenamiento a 4°C en papas pre-peladas envasadas en películas de diferente permeabilidad al oxígeno se muestran en la Fig. 8 para cubos y bastones respectivamente.

Puede observarse que el SO_2 disminuye rápidamente durante el almacenamiento a 4°C de las papas tratadas cuando éstas son envasadas en polietileno.

La reducción del contenido de SO_2 fue del 52 % para las papas bastón (valores iniciales 219 ppm) luego de dos días de almacenamiento y del 76 % luego de 10 días; con respecto a las papas cubo la reducción del contenido de SO_2 fue del 44 % a los dos días de almacenamiento y del 75 % luego de 10 días de almacenamiento a la misma temperatura.

Este comportamiento está de acuerdo con Furlong (1961) quien informó que en papas bastón sulfitadas ($1,25 \times 1,45 \times 2,5 \text{ cm}$), el contenido de SO_2 variaba rápidamente a lo largo del almacenamiento registrándose pérdidas de SO_2 del 50 % a los dos días de almace-

miento y del 79 % luego de 10 días.

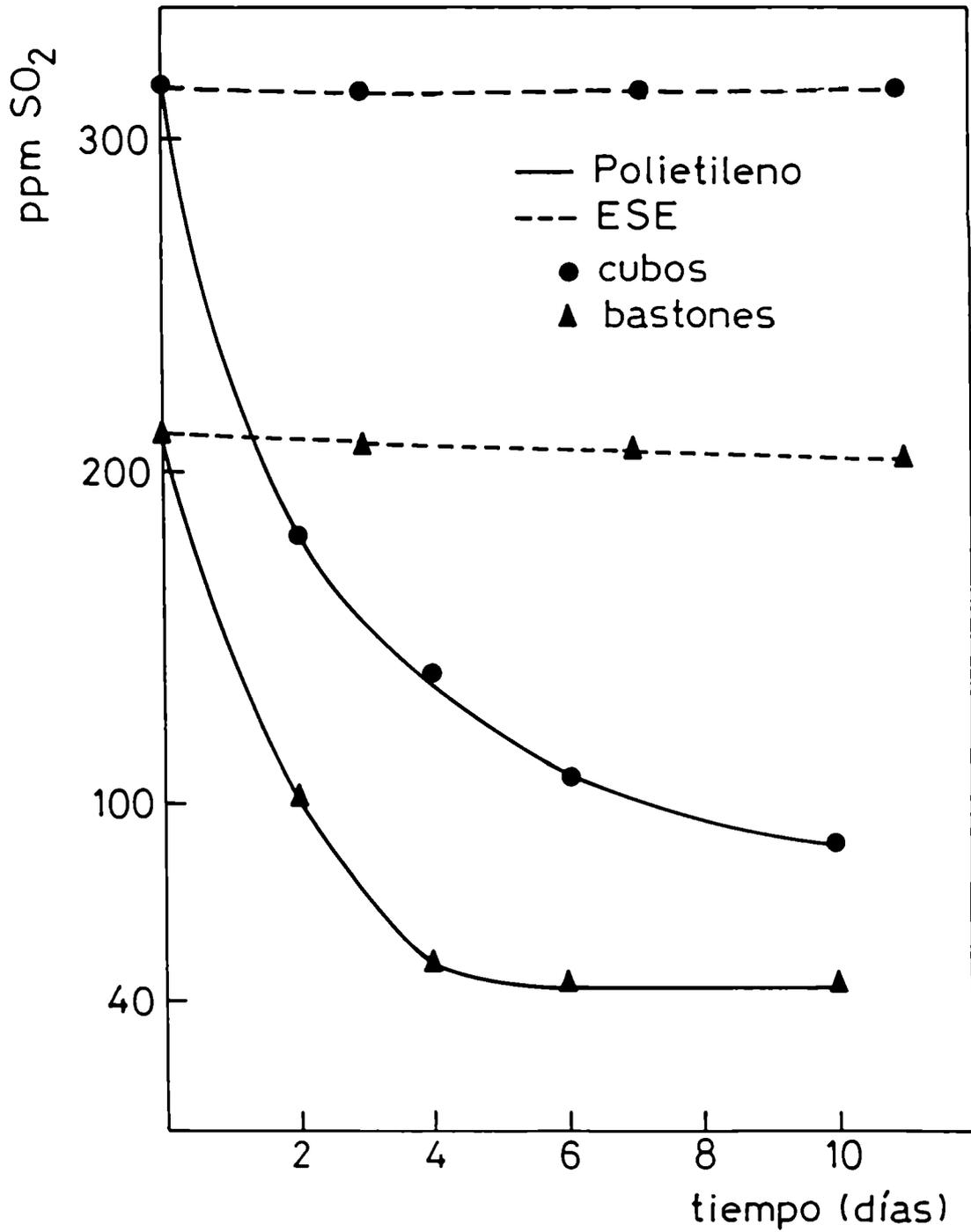


Fig. 8: Efecto de la permeabilidad de la película de envase y del tiempo de almacenamiento sobre el valor de SO₂ residual en papas pre-peladas cortadas en forma de bastón y cubo

Sin embargo, las muestras de papa (bastones y cubos) envasadas en EVA-SARAN-EVA no mostraron una pérdida significativa de SO₂ durante el almacenamiento (Fig. 8). Esto puede ser debido a la diferencia de permeabilidad en las películas, siendo las del tipo EVA-SARAN-EVA las que presentan muy baja permeabilidad a gases y vapores.

Teniendo en cuenta estas consideraciones y dado que se produce una pérdida de SO₂ a lo largo del almacenamiento, en las papas envasadas en polietileno los valores de SO₂ informados en este estudio corresponden a los residuos iniciales.

3.4 Efecto del tiempo de cocción sobre el residuo de SO₂

Considerando que las papas pre-peladas son ingeridas cocidas, se evaluó la pérdida de SO₂ durante el fritado y hervido (Tabla IX).

Tabla IX: Valores iniciales y efecto de la cocción sobre el residuo de SO₂ en papas

SO ₂ residual (ppm)			
cubos		bastones	
crudas	hervidas	crudas	fritas
98 ± 9	2 ± 1,1	66 ± 6	8 ± 0,6
154 ± 9	4 ± 2,0	105 ± 9	12 ± 2,0
216 ± 10	6 ± 2,2	165 ± 10	18 ± 1,0
319 ± 16	8 ± 3,1	219 ± 15	26 ± 4,1

Los resultados indican que inmediatamente después de la cocción, el residuo de SO₂ de las papas hervidas o fritas fue del 2-10 % del presente en la papa sin cocción. Estos resultados confirman los obtenidos por Furlong (1961) y podrían ser considerados con propósitos de regulación de SO₂ en papas pre-peladas.

3.5 Influencia del residuo de SO₂ y de la permeabilidad de la película de envase en los atributos de calidad de papas pre-peladas

3.5.1 Coloración superficial

El efecto del tiempo de almacenamiento y del residuo de SO₂ en la coloración superficial de papas pre-peladas envasadas en polietileno y almacenadas a 4°C se muestran en la Tabla X donde se han cuantificado los parámetros triestímulos L, a y b (equipo Hunter Lab).

Los valores iniciales fueron Lo: 75,33; ao: -4,71 y bo: 27,13.

Puede observarse que las muestras envasadas en polietileno sin tratamiento antioxidante, a los tres días de almacenamiento presentan pardeamiento el cual se incrementa con el tiempo, lo que se manifiesta en la disminución de los parámetros L y b y en el incremento de a.

Con bajos residuos de SO₂ (66 ppm) a los cinco días de almacenamiento las muestras presentan color pardo, mientras que con residuos de 105 ppm SO₂ y mayores, el color se mantiene en valores aceptables durante el almacenamiento siendo el deterioro de tipo microbiano (*)

Tabla X: Efecto del tiempo de almacenamiento y del residuo de SO₂ en la coloración superficial presente en papas pre-peladas envasadas en polietileno y almacenadas a 4°C.

Tiempo (días)	Sin tratar			66 ppm			105 ppm			219 ppm		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
3	66.56	-0.54	27.77	72.57	-5.33	27.94	72.72	-5.81	27.94	71.84	-5.52	27.67
5	64.31	1.99	23.18	72.74	-1.89	25.40	72.29	-4.90	27.07	73.09	-5.64	26.67
7	58.18	5.57	18.72	65.50	1.21	23.85	72.97	-3.90	26.39	73.45	-5.39	27.16
12	53.04	4.01	17.81	56.51	5.02	20.41	*	*	*	71.84	-5.60	24.65

Sin embargo, las muestras que fueron envasadas en películas de baja permeabilidad al oxígeno (ya sea tratadas o sin tratar) no mostraron apreciables cambios en el color superficial durante el almacenamiento como puede observarse en la Tabla XI a través de la constancia de los parámetros L, a y b.

La variación de coloración $\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$ en función del dióxido de azufre residual en papas envasadas en polietileno y EVA-SARAN-EVA a los 3, 5, 7, 12 y 19 días de almacenamiento a 4°C se observa en la Fig. 9.

Un mayor valor de ΔE significa mayor apartamiento del color inicial. En las muestras envasadas en películas permeables al oxígeno se observa que el agregado de bisulfito es fundamental ya que con bajos residuos el producto es oscuro y con mayor contenido de SO₂ residual el valor ΔE disminuye indicando un mejor mantenimiento del color; el oscurecimiento fue más pronunciado a medida que aumentaba el tiempo de almacenamiento.

Tabla XI: Efecto del tratamiento en la coloración superficial presente en papas pre-peladas envasadas en EVA-SARAN-EVA y almacenadas a 4°C.

Tiempo (días)	Sin tratar			66 ppm			105 ppm			219 ppm		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
3	72.22	-4.70	27.33	73.80	-5.61	27.50	71.60	-5.68	28.65	73.20	-5.49	26.30
5	71.56	-4.81	27.80	74.68	-4.56	27.01	72.54	-5.42	26.85	73.30	-5.81	26.40
7	73.80	-5.60	26.75	78.78	-6.02	28.48	78.17	-4.60	27.21	74.49	-5.39	24.50
12	72.40	-5.88	27.67	74.22	-5.49	27.67	72.82	-5.20	26.15	77.32	-6.46	26.78
19	72.40	-4.60	26.80	73.50	-4.70	26.35	75.28	-4.80	28.21	76.28	-5.32	27.80

En el caso de las muestras envasadas al vacío sin tratamiento antioxidante el ΔE fue bajo y comparable con el valor correspondiente a las muestras tratadas con altas concentraciones de bisulfito de sodio. Este comportamiento no se modificó apreciablemente con el tiempo de almacenamiento.

Los resultados indican que la permeabilidad de la película de envase es un factor importante en el mantenimiento del color ya que en vacío podrían utilizarse bajos residuos de bisulfito de sodio sin que el color se vea prácticamente afectado.

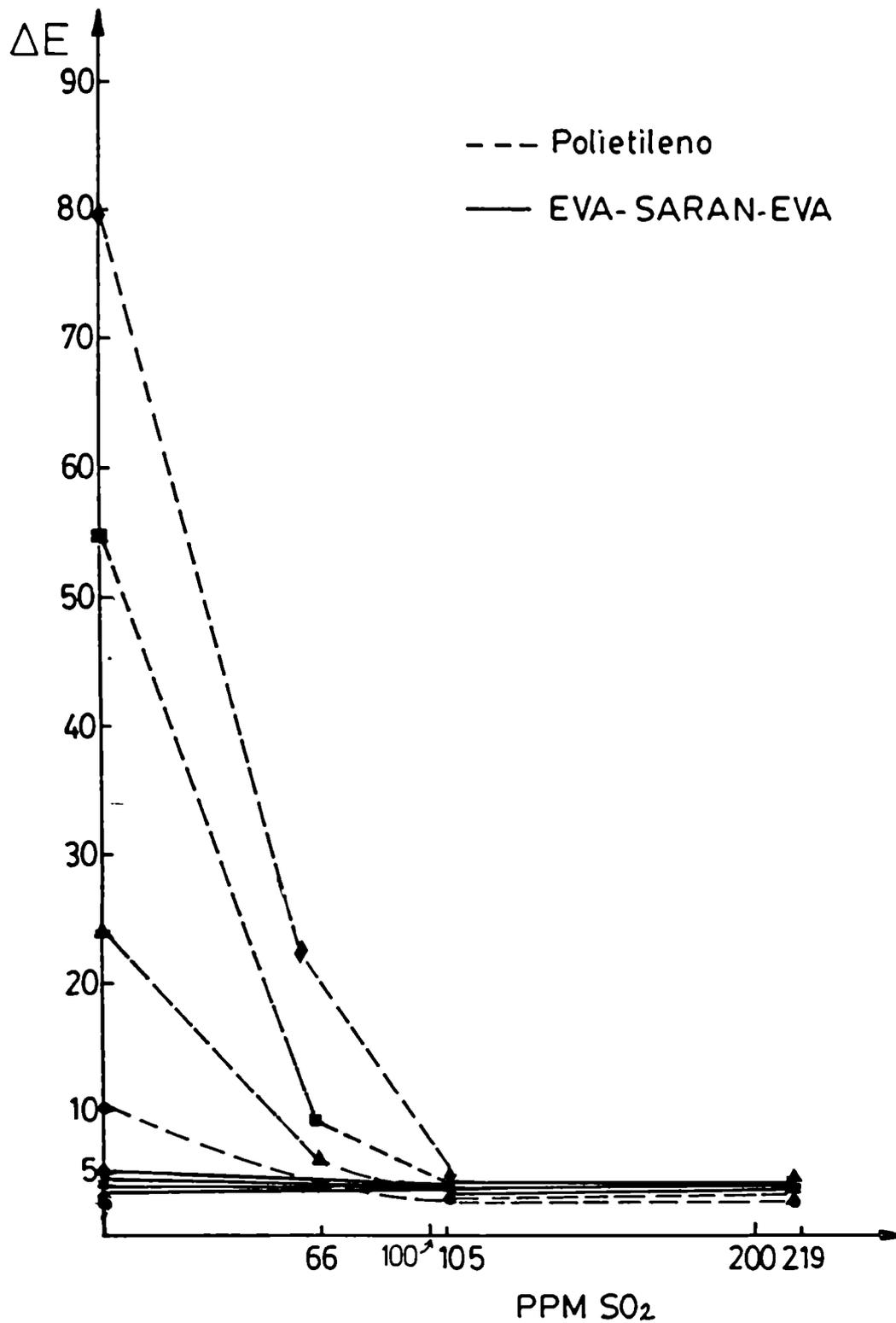


Fig. 9: Efecto del SO₂ residual, película de envase y tiempo de almacenamiento sobre el color superficial en papas pre-peladas. --- polietileno. — EVA-SARAN-EVA. ● 3 días, ▲ 5 días, ■ 7 días, ◆ 12 días.

3.5.2 Efecto del residuo de SO₂ y geometría del producto en la producción de exudado

Las muestras de papas envasadas en polietileno no mostraron cantidades detectables de exudado observándose un rápido deterioro. Sin embargo, las muestras envasadas en EVA-SARAN-EVA mostraron un marcado efecto del residuo de SO₂ y de la geometría del producto sobre la producción de exudado y es por eso que los estudios se realizaron en este tipo de películas.

Las Figs. 10 y 11 muestran la producción de exudado en función del tiempo de almacenamiento a 4°C en papas pre-peladas (cubos y bastones) tratadas con diferentes concentraciones de bisulfito de sodio envasadas en EVA-SARAN-EVA.

Puede observarse que la producción de exudado aumenta con el contenido de SO₂ residual siendo este efecto indeseable en el producto; además un mayor porcentaje de exudado fue observado en papas cortadas en forma de cubo que en los bastones.

A valores de SO₂ altos, las muestras producen gran cantidad de exudado en el envase (bleeding) que puede atribuirse a plasmólisis que posiblemente tiene lugar cuando las papas son ubicadas en soluciones de alta presión osmótica (Mapson y col., 1961; Garrick, 1969).

Por otra parte, la termocontracción de la película contrarresta este problema ya que conduce a que se acumule menor cantidad de exudado en el envase (Fig. 12).

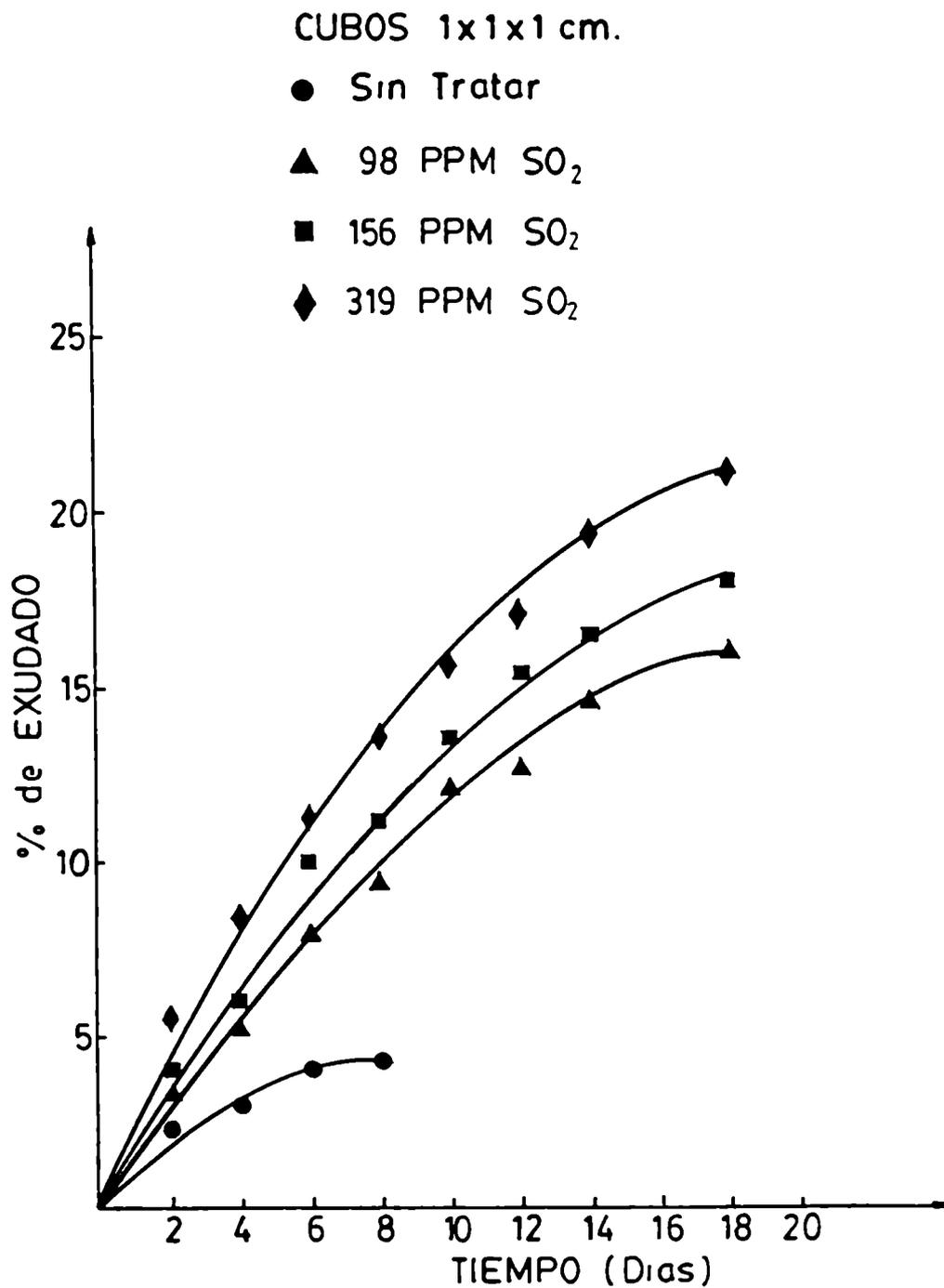


Fig. 10: Efecto de la concentración residual de SO₂ y del tiempo de almacenamiento a 4°C en la producción de exudado en papas cubos (1 x 1 x 1 cm) envasadas en EVA-SARAN-EVA.

BASTONES 1x1x7cm.

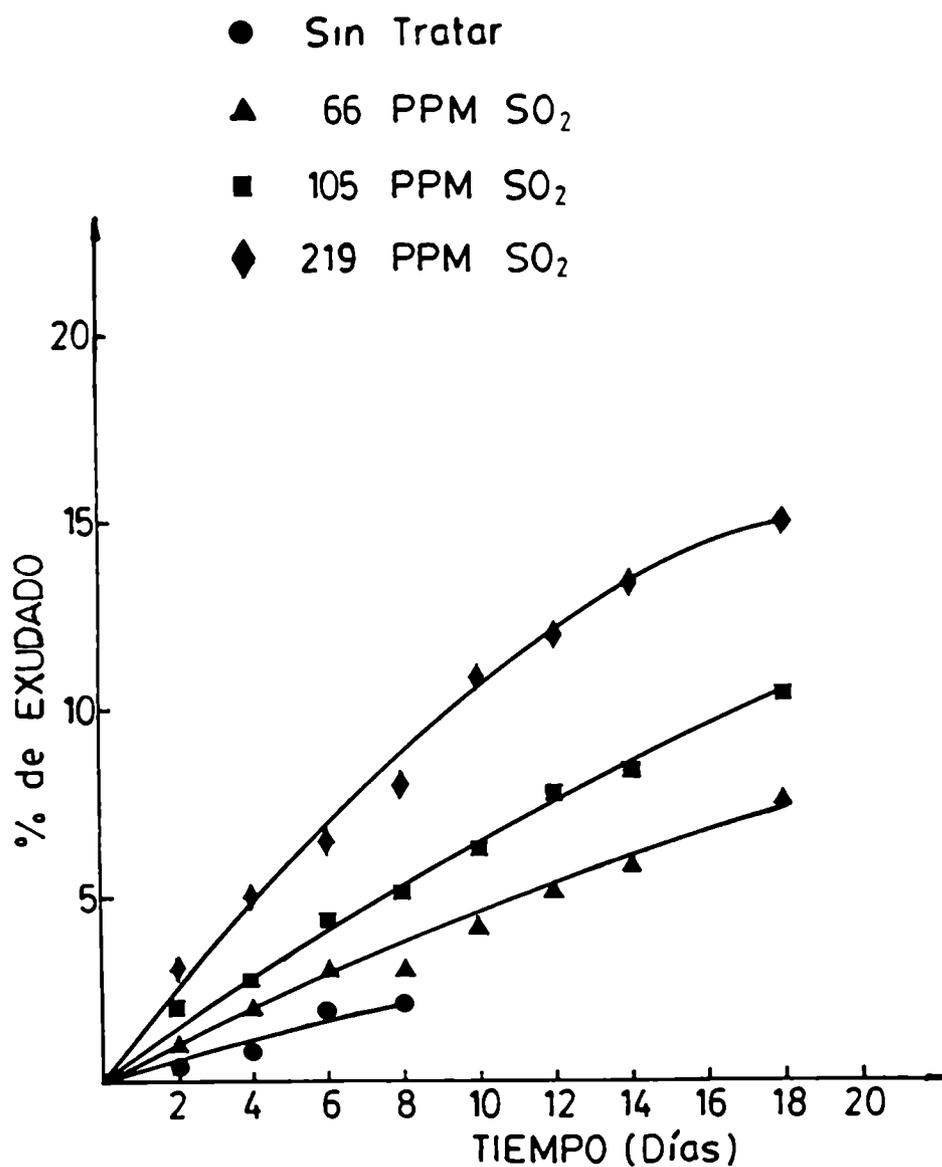


Fig. 11: Efecto de la concentración de SO₂ residual y el tiempo de almacenamiento a 4°C en la producción de exudado en papas bastón (1 x 1 x 7 cm) envasados en películas de EVA-SARAN-EVA.

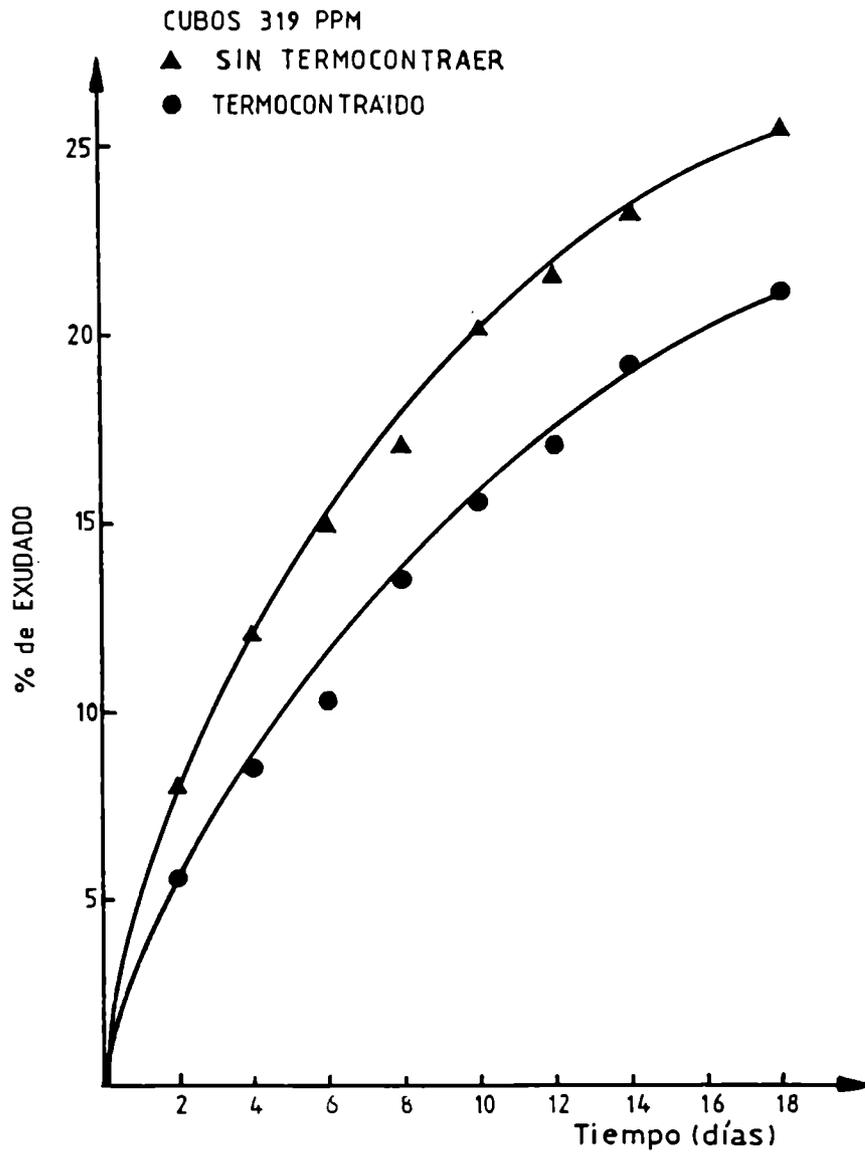


Fig. 12: Efecto de la termocontracción de la película en la producción de exudado en papas cubos (1 x 1 x 1 cm) conteniendo 319 ppm SO₂ y almacenadas a 4°C.

3.5.3 Efecto del pH de la solución de inmersión sobre la producción de exudado en papas envasadas en películas de baja permeabilidad gaseosa

Con el objeto de analizar el efecto del pH en la producción de exudado, se utilizaron dos soluciones buffer: pH 4 y 6. A ellas se les agregó NaSO_3H al 0,8 % y 1,7 % (P/V)(Fig. 13 a y b). En esas condiciones el valor de SO_2 residual resultó de 117 y 229 ppm para las papas bastón sumergidas durante 30 seg. en buffer de pH 4 y de 30 y 185 ppm SO_2 para las papas sumergidas por igual tiempo en buffer de pH 6 (Fig. 7).

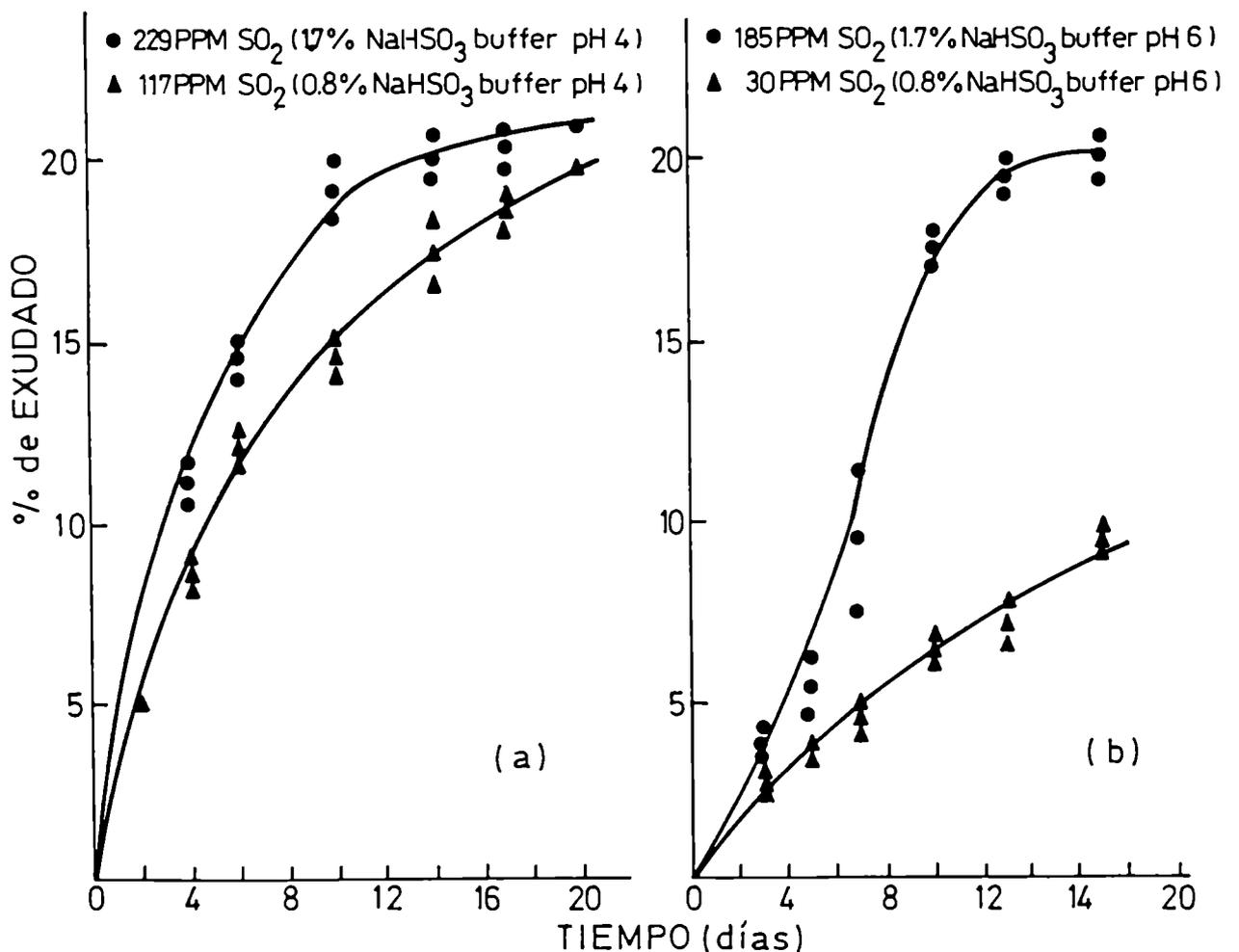


Fig. 13: Efecto del pH de la solución de inmersión sobre la producción de exudado. a) Solución de inmersión: pH = 4, b) Solución de inmersión: pH = 6.

Puede observarse que la cantidad de exudado incrementa con los niveles de NaSO_3H agregado y con la disminución del pH.

Estos resultados sugieren que el efecto osmótico debido a la concentración de sal puede incrementar la exudación particularmente en presencia de altas concentraciones de NaSO_3H indicando un daño en el tejido celular.

3.5.4 Efecto del residuo de SO_2 sobre las modificaciones de textura

Las modificaciones en la textura se evidenciaron mediante ensayos de compresión que provee una manera de aplicar, detectar y registrar las fuerzar de resistencia de la muestra. La Fig. 14 muestra una curva típica de Fuerza de deformación obtenida para una papa pre-pelada sin tratamiento antioxidante en el momento inicial. Puede observarse los distintos puntos que describen el comportamiento donde BYP es el primer punto de inflexión (Bioyield point) y PR punto de ruptura. La fuerza máxima corresponde al RP.

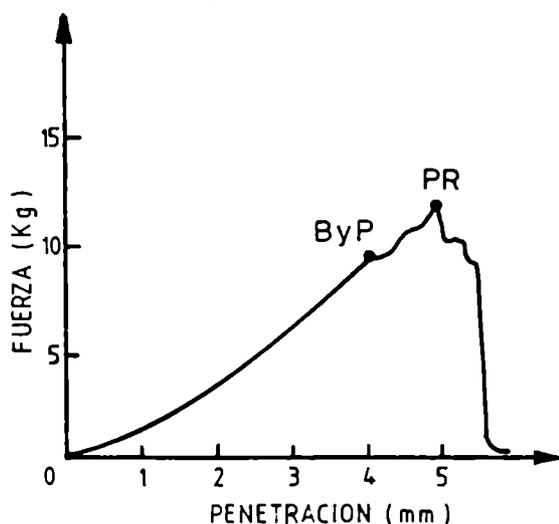


Fig. 14: Curva típica obtenida para un ensayo de compresión en papa pre-pelada.

El reblandecimiento del tejido de papa durante el almacenamiento fue analizado y medido mediante el decrecimiento de la F máxima en los ensayos de compresión en muestras tratadas con diferentes concentraciones de SO_2 y envasadas en películas a $4^\circ C$ (Fig. 15).

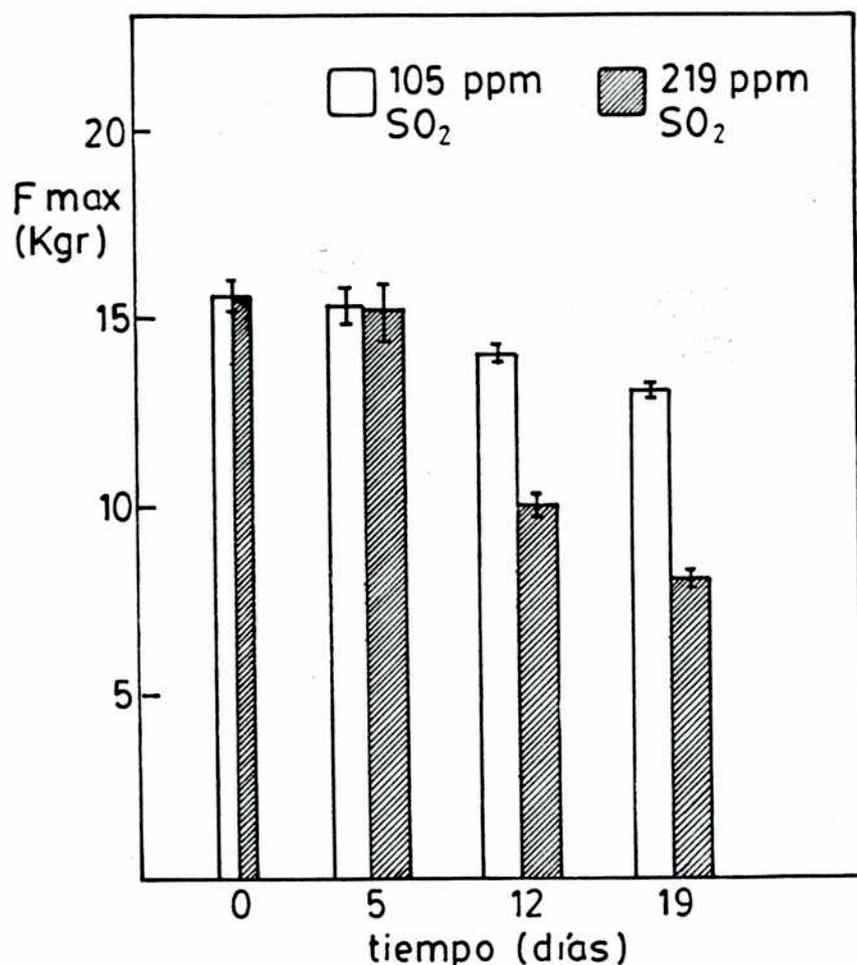


Fig. 15: Efecto del SO_2 residual sobre la fuerza máxima correspondiente a los ensayos de compresión en papas pre-peladas envasadas en EVA-SARAN-EVA y almacenadas a $4^\circ C$.

Las barras indican 95 % de confianza, \square 105 ppm SO_2 , \square 219 ppm SO_2 .

Puede observarse que a tiempos de almacenamiento largos a 4°C el ablandamiento fue más pronunciado para altos residuos de SO₂ y estuvo acompañado con producción de alcohol (Francis y Amla, 1961).

3.6 Conclusiones

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, se observa que el empleo de películas de baja permeabilidad al oxígeno mejora las características del producto. Usando parámetros organolépticos Anderson y Zapsalis (1957) informaron un incremento de 2 a 5 veces en la vida útil de las papas pre-peladas sulfitadas envasadas en Cryovac en comparación con las envasadas en polietileno. Además este tipo de películas permite reducir la concentración de preservador utilizado sin producir alteraciones en la coloración superficial, en la producción de exudado y en la textura, sin embargo, debe analizarse el efecto de dicha concentración sobre el desarrollo microbiano.

CAPITULO 4

**EFFECTO DEL SO₂ Y DE LA TEMPERATURA SOBRE EL DESARROLLO
MICROBIANO EN PAPAS PRE-PELADAS ENVASADAS EN PELICULAS
DE DIFERENTE PERMEABILIDAD GASEOSA**

4.1 Análisis de la flora microbiana

La composición de la flora microbiana al comienzo y al final del periodo de almacenamiento fue determinada para los dos tipos de películas plásticas analizando las colonias que crecían en los medios selectivos (Tabla XII)

Tabla XII: Composición porcentual de la flora microbiana presente en papas pre-peladas al inicio y al final del almacenamiento a 4°C

Microorganismos	Al comienzo del almacenamiento (%)	Al final del almacenamiento (%)			
		sin sulfitar		con sulfitado	
		Polietileno	ESE	Polietileno	ESE
Gram-positivos	68	9	40	2	25
Gram-negativos	32	90	60	98	75
Psicrófilos	12	90	100	100	100
Micoorganismos que crecen en anaerobiosis	2 - 3	3	100	1	90
Enterobacteriaceae	6 - 10	35	48	25	65
Pseudomonas sp.	10 - 20	55	12	73	10
Pseudomonas fluorescens	5 - 10	50	8	70	ND

ND no detectado

La flora inicial aislada de las papas pre-peladas fue identificada encontrándose que un 68 % resultaron ser bacterias Gram positivas y 32 % Gram negativas con 10 % de Pseudomonas sp. y 10 % de Enterobacteriaceae. El recuento inicial de bacterias coliformes (NMP) dio como resultado 1,19 UFC/g.

La identificación de las Enterobacteriaceae se realizó de acuerdo al manual Var-ident 20 (Inolex) obteniéndose los siguientes resultados:

- Enterobacter cloacae: las reacciones positivas fueron las que se mencionan a continuación: glucosa, malonato, β galactosidasa, lisina, ureasa, sacarosa, arginina, citrato, inositol, sorbitol, arabinosa, maltosa, trehalosa, xilosa.
- Klebsiella oxytoca: reacciones positivas: glucosa, malonato, β galactosidasa, indol, lisina, ureasa, citrato, sacarosa, inositol, arabinosa, maltosa, trehalosa, xilosa.
- Hafnia alvei: reacciones positivas: glucosa, malonato, lisina y ornitina decarboxilasa, ureasa, arabinosa, maltosa, trehalosa, xilosa.

Bacillus cereus, Staphylococcus aureus, los microorganismos formadores de esporas que crecen en aerobiosis y anaerobios fueron detectados en muy bajos niveles (< 1 %). E. coli, Enterococcus y Erwinia pectolítica no fueron detectados al comienzo del almacenamiento. Hongos y levaduras no se encontraron en los niveles mínimos de detección (50 org/g).

Al final del almacenamiento (Tabla XII) la composición de la flora fue diferente de acuerdo a las condiciones ensayadas (tipo de película de envase, presencia de antioxidante). En las papas pre-peladas tratadas con SO₂ y envasadas en polietileno, los mi-

microorganismos predominantes fueron: Pseudomonas sp., correspondiendo el mayor porcentaje (70 %) a Ps. fluorescens y (25 - 30 %) a Pseudomonas sp con actividad pectolítica. Estos resultados fueron coincidentes con los informados por Lund (1968).

En papas sin tratar envasadas al vacío el mayor porcentaje de bacterias aisladas correspondió a Enterobacteriaceae; el número de Pseudomonas sp fue bajo debido a los requerimientos de oxígeno. Clostridia pectolítico y Clostridia sulfito reductores no fueron aislados en ninguna de las muestras. Al respecto debe tenerse en cuenta que la presencia y crecimiento de Clostridium botulinum en papas crudas sin tratar envasadas al vacío fue investigada por Baumgart (1987) no encontrando evidencias de Clostridium botulinum en 72 muestras. Los microorganismos que crecen en MRS fueron aislados en muestras sin tratar (38 %) pero no fueron detectados en muestras tratadas con SO₂.

4.2 Crecimiento microbiano en papas pre-peladas tratadas con bisulfito de sodio envasados en películas de alta permeabilidad gaseosa

Los recuentos de microorganismos totales presentes en papas bastón tratados con bisulfito de sodio así como los correspondientes controles, envasadas en películas de polietileno durante el almacenamiento 4, 7 y 10°C se muestran en la Fig 17 (a, b y c). Para cada condición, los valores informados corresponden a un mínimo de tres experimentos.

En este tipo de películas, las muestras sin tratar presentan alto grado de deterioro con respecto a la preservación del color,

asimismo, se observa un significativo aumento de la población microbiana. La fase de latencia fue muy corta a las tres temperaturas ensayadas y el desarrollo microbiano fue obviamente mayor al aumentar la temperatura de almacenamiento.

Para las muestras tratadas (residuos mayores de 105 ppm SO₂) el color se mantuvo durante el almacenamiento en valores aceptables ($\Delta E < 4$, Fig. 9) siendo el desarrollo microbiano el factor que condicionó el periodo de vida útil del producto.

El efecto inhibidor en el desarrollo microbiano de altos residuos de SO₂ (219 ppm) puede ser observado en la reducción de los recuentos que resultaron ser entre 200 y 40 veces menores que los correspondientes controles a 4°C y 7°C luego de 11 y 10 días de almacenamiento respectivamente. Sin embargo a 10°C el efecto inhibitorio de altas concentraciones de SO₂ sobre los recuentos microbianos fue prácticamente nulo al final del almacenamiento (9 días).

A partir de los resultados de los recuentos de microorganismos totales (N) durante la fase exponencial expresadas como $\ln N$ vs tiempo, se determinaron por regresión lineal los valores de las pendientes de las curvas de crecimiento microbiano (μ^*). Asimismo, la duración de la fase de latencia (θ^*) fue determinada como el tiempo al cual se producía una diferencia significativa respecto de los recuentos iniciales ($p < 0,05$).

La Fig. 18 muestra los valores de μ^* y θ^* (pendiente y fase de latencia de la curva de crecimiento microbiano) para las condiciones ensayadas (temperatura y concentración de SO₂) obtenidos para las muestras envasadas en películas permeables al oxígeno.

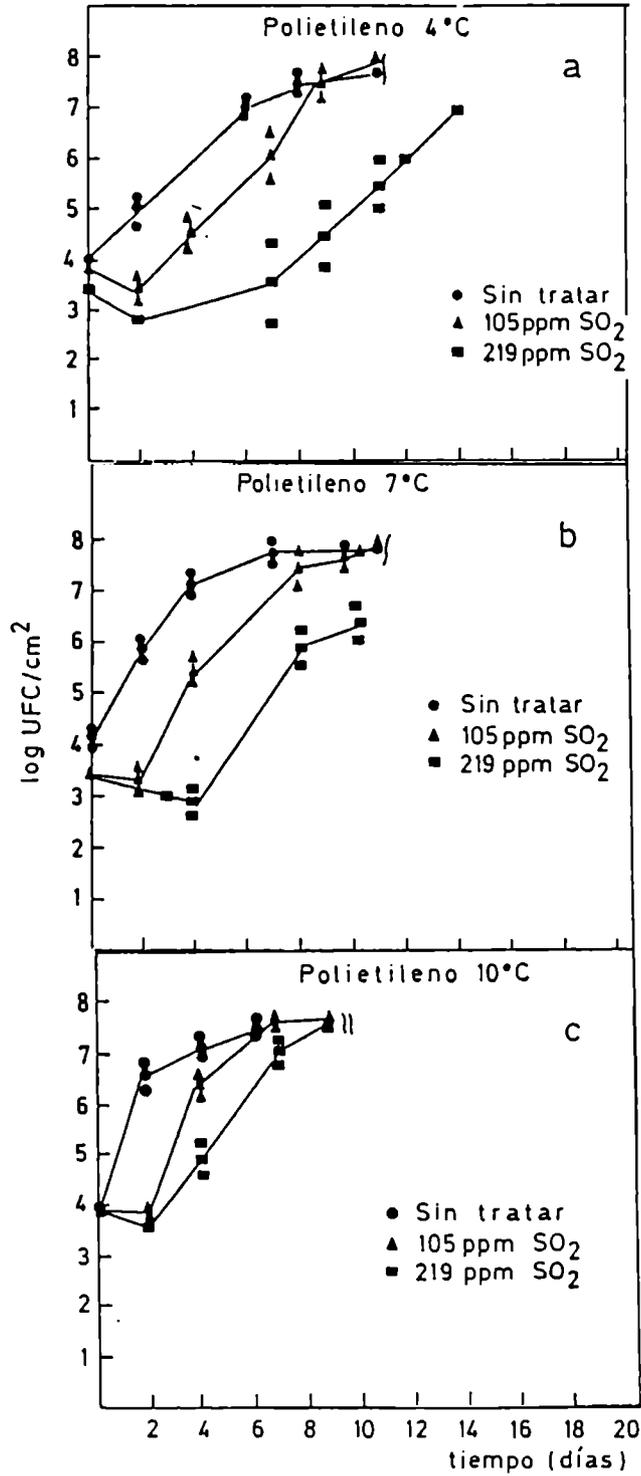


Fig. 17: Recuento de microorganismos totales presentes en papas baston tratadas en SO₂, envasadas en polietileno almacenadas a) 4°C; b) 7°C y c) 10°C.

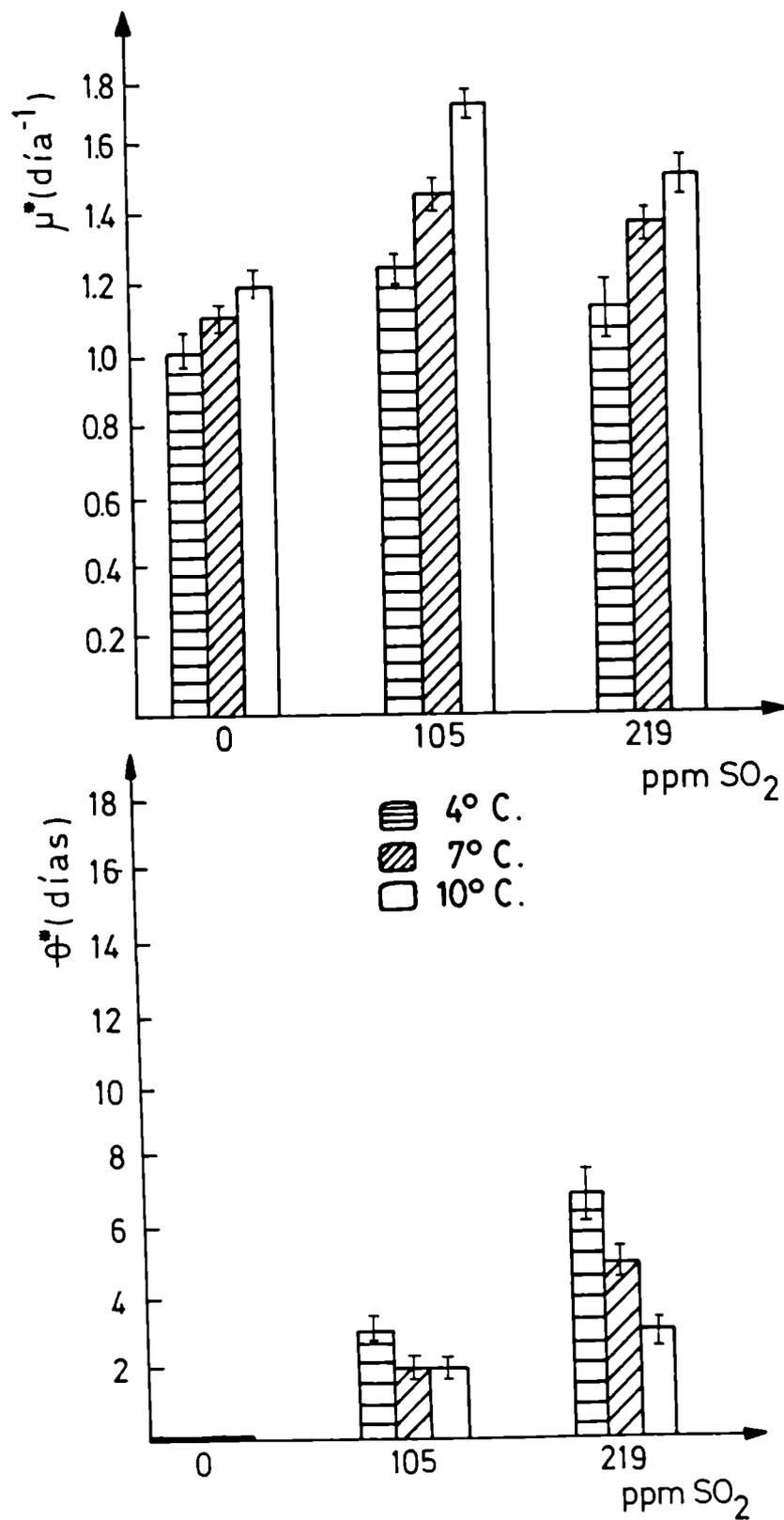


Fig. 18: Efecto de SO₂ y temperatura de almacenamiento sobre la pendiente de velocidad de crecimiento microbiano μ^* y sobre el tiempo de latencia (θ^*) de los microorganismos totales presentes en papas bastón envasadas en polietileno.

Las barras indican los límites de confianza de los valores representados.

La influencia de la concentración de SO₂ en los valores de μ^* fue poco significativa, siendo el efecto inhibitorio evidenciado en la extensión de la fase de latencia. Con residuos de 219 ppm SO₂ la fase de latencia fue de 7 días a 4°C y de 5 y 3 días a 7 y 10°C.

En literatura existen algunos trabajos donde se ha analizado el desarrollo microbiano en papas pre-peladas tratadas con SO₂ y envasadas en polietileno. Fuller y col. (1965) trabajaron con papas pre-peladas cortadas en forma de bastón sulfitadas por inmersión en una solución de 1 % de bisulfito de sodio durante 30 seg; luego envasadas en polietileno y almacenadas a 10°C. Dichos autores encontraron que la fase de latencia fue de 8 días y los recuentos alcanzaron 10⁸ microorganismos/g al cabo de 18 días de almacenamiento.

Sin embargo, nuestros resultados indican que las muestras se deterioraron con mayor facilidad alcanzándose esos niveles microbianos a tiempos menores.

Lund (1968) obtuvo resultados más concordantes con los del presente estudio al trabajar con papas conteniendo 50 ppm SO₂ envasada en polietileno ya que después de 7 días de almacenamiento a 6°C obtuvo recuentos 5,1 10⁵ UFC/cm². Sin embargo, todos los autores afirman que el deterioro microbiano es el principal factor que limita la vida útil del producto en este tipo de película.

De lo expuesto se concluye que el polietileno como película de envase resulta inadecuado en lo referente al color y al signi-

ficativo aumento en la población microbiana que se observa a lo largo del almacenamiento en muestras que contengan bajos residuos de SO₂ (< 100 ppm SO₂). Residuos de 219 ppm SO₂ permite mantener los recuentos microbianos en 10⁶ UFC/ml por 10-12 días a temperaturas entre 4 y 7°C. Sin embargo, a 10°C esos recuentos se alcanzan en sólo 6 días (Fig. 17).

4.3 Crecimiento microbiano en papas pre-peladas tratadas con bisulfito de sodio envasadas en películas de baja permeabilidad gaseosa

Los recuentos de microorganismos totales presentes en papas bastón tratadas con bisulfito de sodio y los correspondientes controles envasadas al vacío en películas de baja permeabilidad al oxígeno (EVA-SARAN-EVA) durante el almacenamiento a 4, 7 y 10°C se muestran en la Fig 19(a, b y c)

En este tipo de películas, las muestras sin tratar mostraron un incremento de 2-3 ciclos logarítmicos en la población microbiana a lo largo del almacenamiento. Estos resultados no concuerdan con los informados por Keijbets (1981) quien obtuvo recuentos microbianos totales prácticamente constantes (10⁴ UFC/cm²) durante el almacenamiento a 4-6°C de las papas pre-peladas envasadas al vacío.

En el presente estudio, trabajando con películas de baja permeabilidad al oxígeno el efecto antimicrobiano del SO₂ pudo ser evidenciado al aumentar la concentración de SO₂. Así al final del almacenamiento, muestras conteniendo 105 ppm SO₂ mostraron recuentos microbianos 250, 120 y 30 veces menores que los respectivos

controles a 4, 7 y 10°C respectivamente.

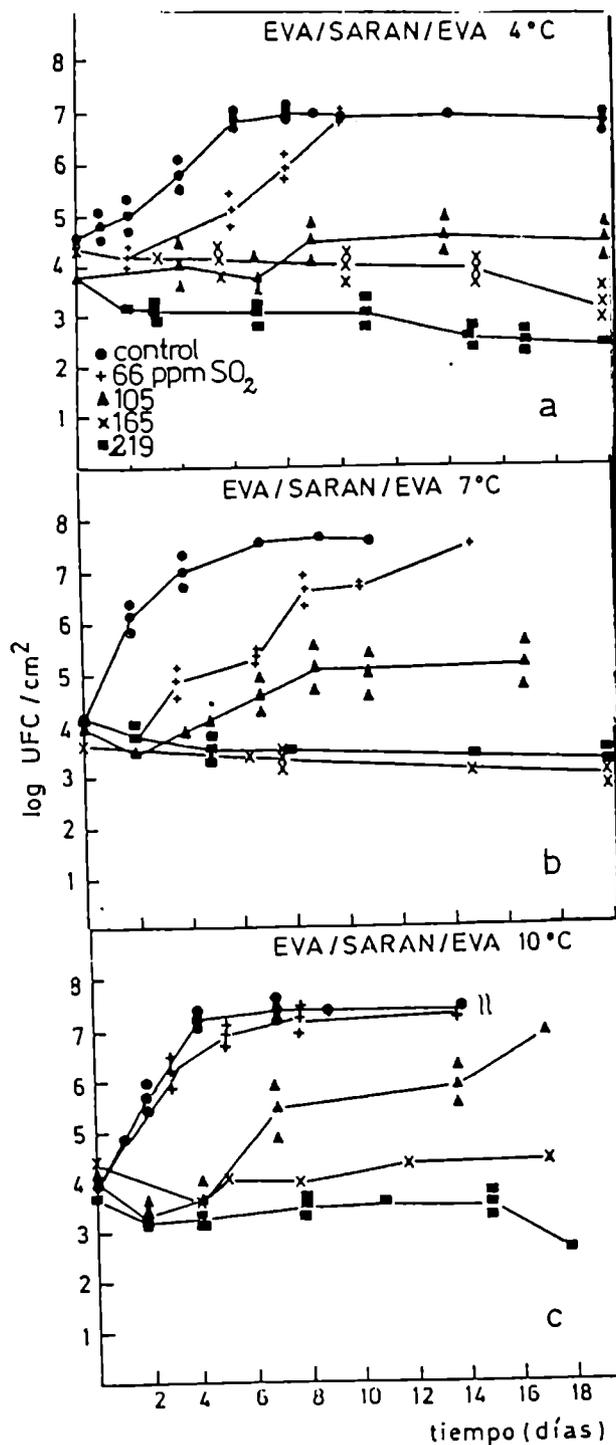


Fig. 19: Recuento de microorganismos totales presentes en papas pre-peladas cortadas en forma de bastón, tratadas con SO₂ y envasadas al vacío en películas de baja permeabilidad al oxígeno. a) 4°C; b) 7°C; c) 10°C.

El aumento de SO₂ residual presente en las papas pre-peladas produce una disminución en las pendientes de las curvas de crecimiento de microorganismos totales μ^* así como un aumento en la fase de latencia θ^* (Fig. 20). Con residuos superiores a 165 ppm SO₂ los valores de μ^* fueron levemente negativos cercanos a cero indicando un efecto bactericida del preservador a las tres temperaturas siendo la fase de latencia de cero días.

Poca información se encuentra en bibliografía respecto al uso de películas de baja permeabilidad al oxígeno. Lund (1968) trabajó con papas pre-peladas conteniendo 50 ppm de SO₂ residual envasadas en SARAN sin vacío y luego de 7 días de almacenamiento a 7°C informó recuentos $1,9 \cdot 10^5$ UFC/cm².

Anderson y Zapalis (1957) concluyeron que las papas envasadas en Cryovac presentan una vida útil de 2 a 5 veces mayor que las almacenadas en polietileno.

Finalmente, nuestros resultados indican que en este tipo de películas es posible obtener un producto en buenas condiciones microbiológicas con residuos iniciales menores a los usados en polietileno. Así, con residuos de 105 ppm de SO₂ se obtienen recuentos de 10^6 UFC/cm² a los 14 días de almacenamiento a 10°C mientras que si la temperatura es menor (7 o 4°C) luego de 20 días de almacenamiento no se alcanzan esos niveles de recuentos microbianos.

Como ya se ha discutido en el capítulo 3 correspondiente a residuo de SO₂, el uso de diferentes formas geométricas influye en el valor de SO₂ residual presente en las papas de acuerdo con la ecuación 9 la cual tiene en cuenta la geometría utilizada.

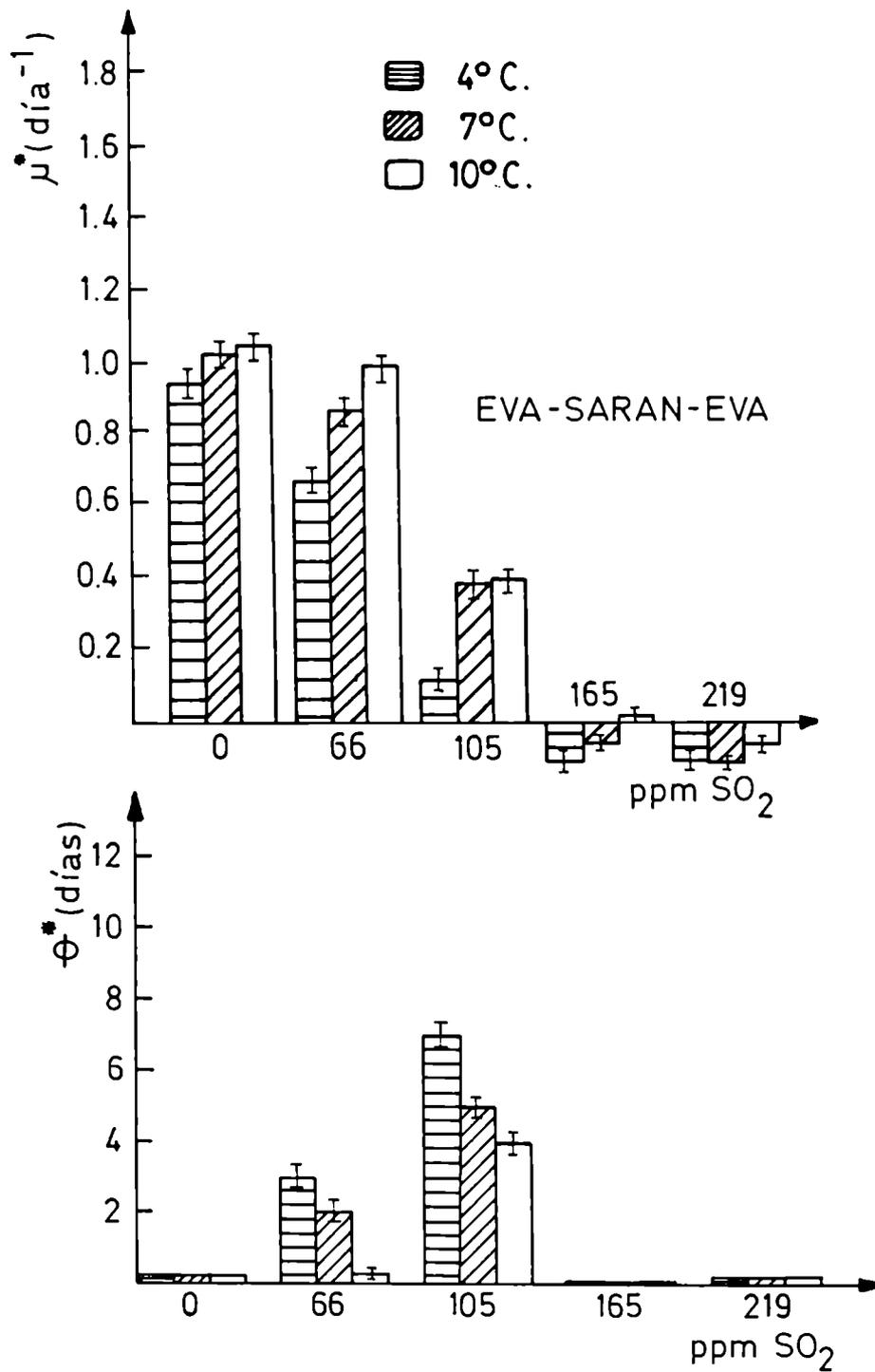


Fig. 20: Efecto del SO₂ y de la temperatura de almacenamiento sobre la pendiente de la curva de crecimiento microbiano μ^* y sobre el tiempo de latencia (θ^*) de los microorganismos totales presentes en papas bastón envasadas en EVA-SARAN-EVA.

4.4 Modificaciones en la geometría del producto: papas cubo

Los valores de SO_2 residual presente en papas cubo luego de sumergirlas durante 30 seg en diferentes concentraciones de bisulfito de sodio se informaron en la Fig. 6. La Fig. 21 a y b, muestra los recuentos de microorganismos totales presente en las papas pre-peladas cortadas en forma de cubo conteniendo diferentes concentraciones de SO_2 junto a los correspondientes controles las cuales fueron envasadas al vacío en EVA-SARAN-EVA y almacenadas a 4 y 10°C.

El efecto inhibitorio del SO_2 se observa en muestras conteniendo 98 ppm ya que se obtuvieron recuentos 100 veces menores que el control a 4°C, mientras que a 10°C los recuentos fueron 40 veces menores que su respectivo control luego de 6 días de almacenamiento. Concentraciones mayores de SO_2 produjeron recuentos microbianos 300 veces menores que los correspondientes controles siendo independiente de la temperatura luego de 6 días de almacenamiento.

Las pendientes de las curvas de crecimiento microbiano μ^* y los tiempos de latencia (θ^*) para las condiciones ensayadas se muestran en la Fig. 22.

El efecto inhibitorio del SO_2 se manifiesta en la disminución de las μ^* y en un aumento de los tiempos de latencia (θ^*) a medida que aumenta el valor de SO_2 residual. Con residuos de 216 ppm SO_2 y superiores, las μ^* fueron levemente negativas indicando el efecto bactericida del preservador, obteniéndose valores de tiempo latencia de 0 días a 4 y 10°C.

La Fig. 23 representa los resultados de los recuentos micro-

bianos totales expresados en $\log N/N_0$ donde se combinan las dos geometrías utilizadas (bastones y cubos) pudiendo observarse que el desarrollo microbiano es función de las ppm de SO_2 residual.

4.5 Índice de Inhibición Microbiano

La información obtenida referente al crecimiento microbiano para cada condición de película de envase y residuo de SO_2 fue condensado en términos del Índice de Inhibición definido como:

$$\text{Índice de inhibición} = 1 - \frac{(\log N/N_0)_{\text{tratado}}}{(\log N/N_0)_{\text{sin tratar}}}$$

donde $\log N/N_0$ de la muestra tratada y sin tratar, deben ambas evaluarse al tiempo para el cual la muestra sin tratar entra en la fase estacionaria.

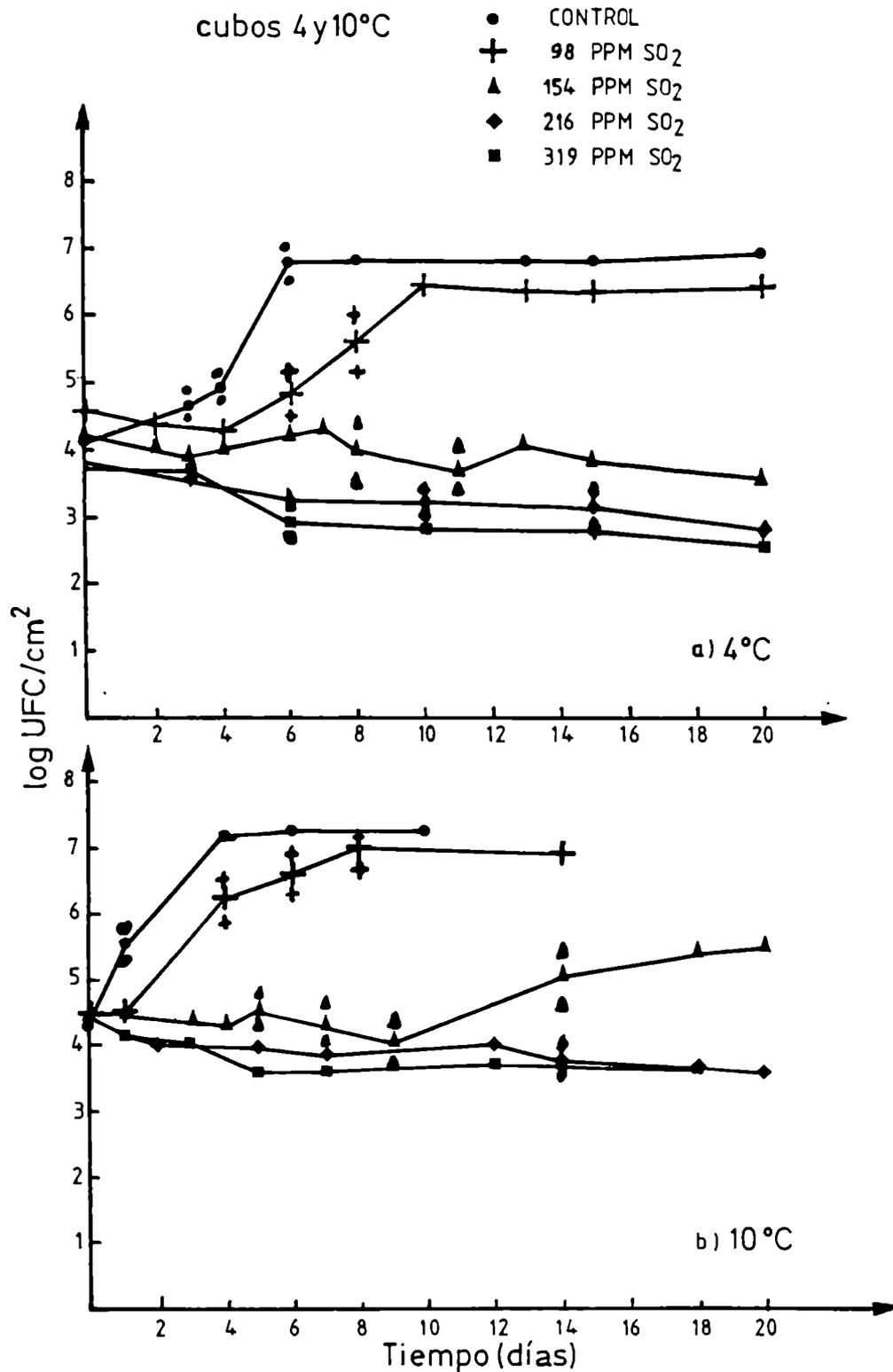


Fig. 21: Recuento de microorganismos totales presentes en papas cubo tratadas con diferentes concentraciones de SO₂ envasadas en EVA-SARAN-EVA y almacenadas a) 4°C y b) 10°C.

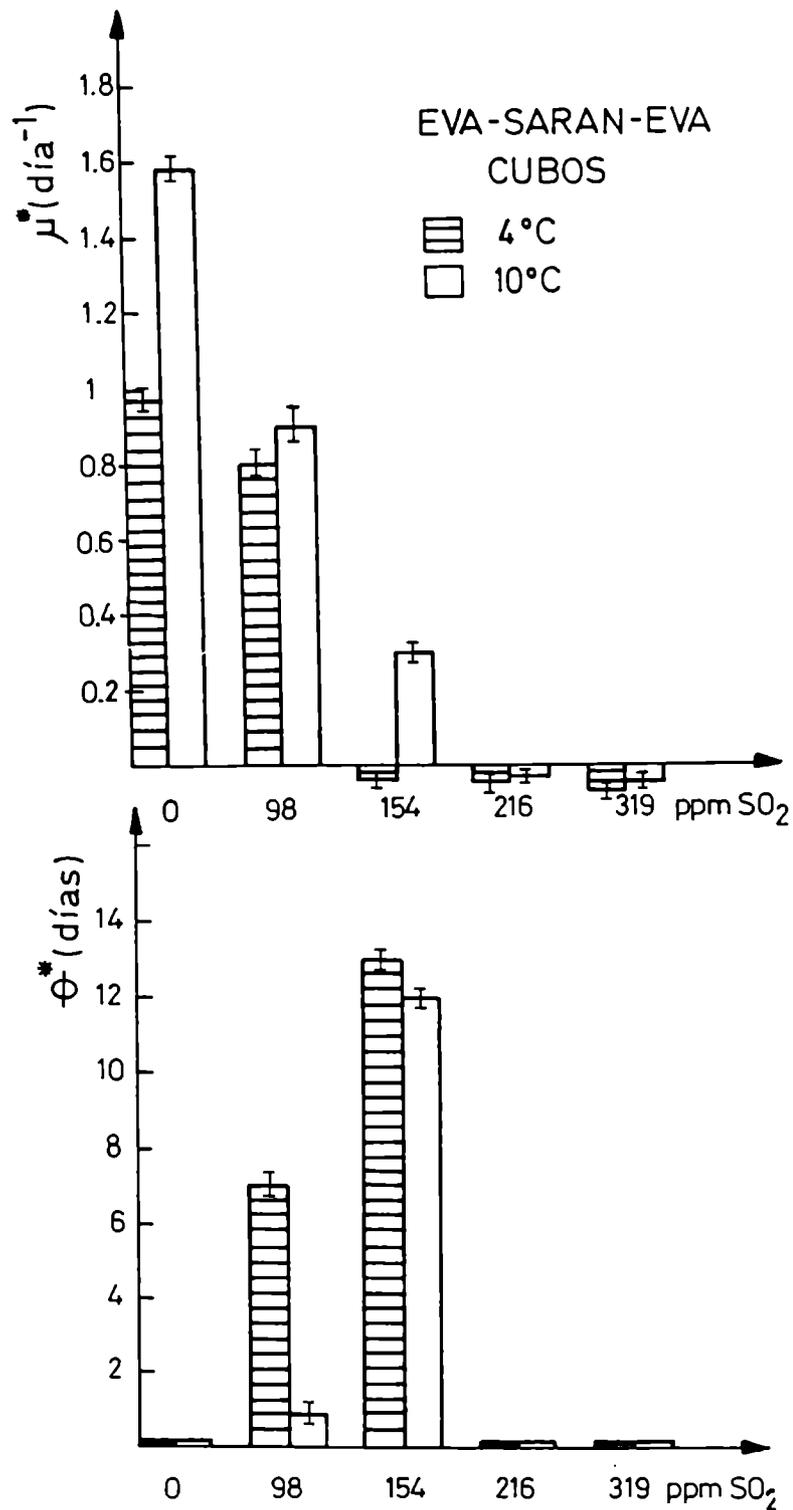


Fig. 22: Efecto del SO₂ y de la temperatura de almacenamiento sobre la pendiente de la curva de crecimiento microbiano μ^* y sobre el tiempo de latencia (θ^*) de microorganismos totales presentes en papas cubo envasadas en EVA-SARAN-EVA.

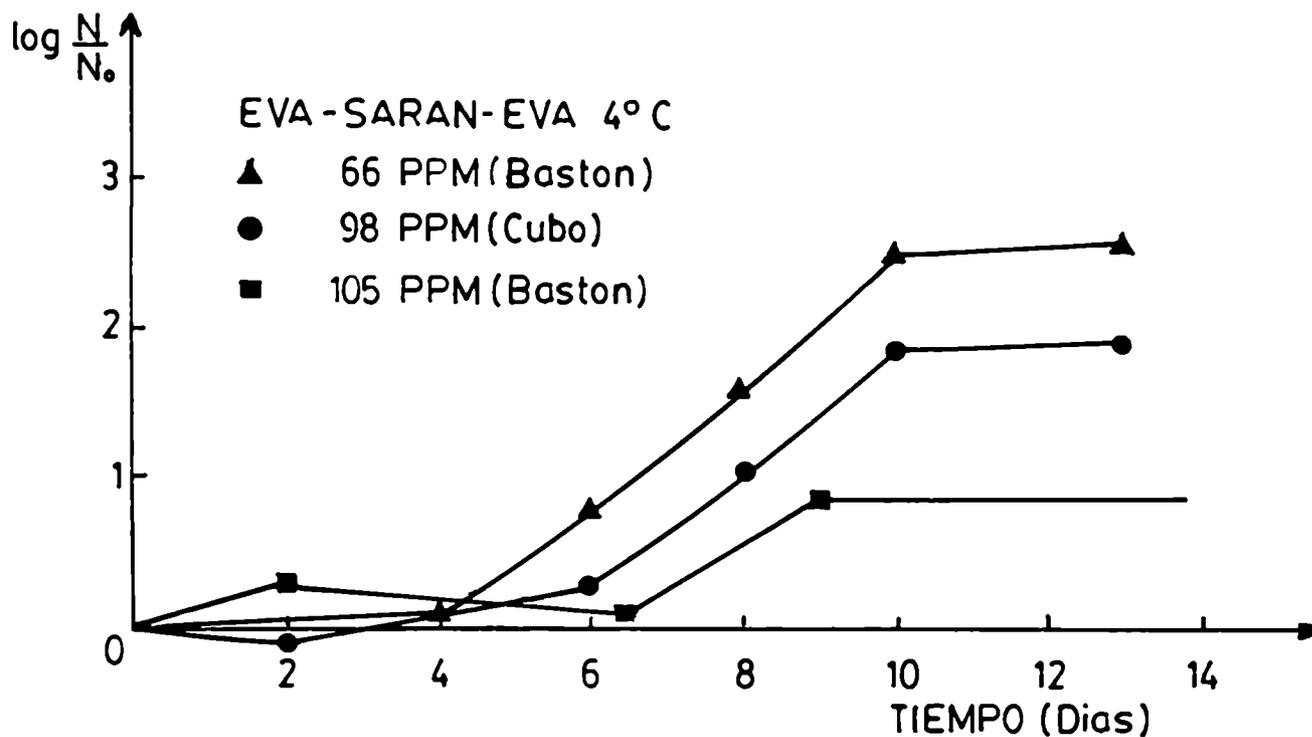


Fig. 23: Efectos del SO_2 residual sobre el desarrollo de microorganismos totales presentes en papas pre-peladas envasadas al vacio en peliculas de EVA-SARAN-EVA, almacenadas a 4°C.

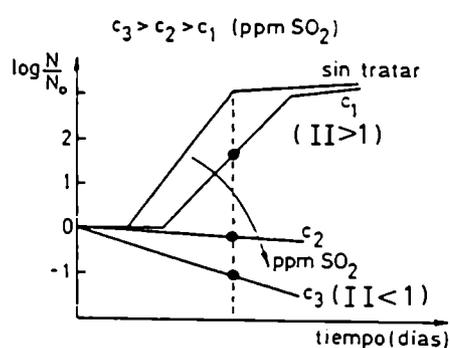


Fig. 24: Efecto generico de la concentración de antioxidante sobre el desarrollo microbiano.

El índice de inhibición es 1 cuando los microorganismos permanecen en fase de latencia; es menor que 1 cuando existe crecimiento microbiano y es mayor que 1 cuando se produce inhibición microbiana.

Los resultados obtenidos para cubos y bastones pueden observarse en la Fig. 25, donde el uso de polietileno aún con 219 ppm de SO₂ presenta I.I. menor a 1 indicando crecimiento bacteriano a las tres temperaturas, mientras que con películas de baja permeabilidad al oxígeno, valores entre 100 y 140 ppm SO₂ permiten mantener los recuentos en fase de latencia independientemente de la temperatura (II = 1); a valores mayores de 140 ppm SO₂ existe inhibición microbiana siendo poco notorio el efecto de la temperatura.

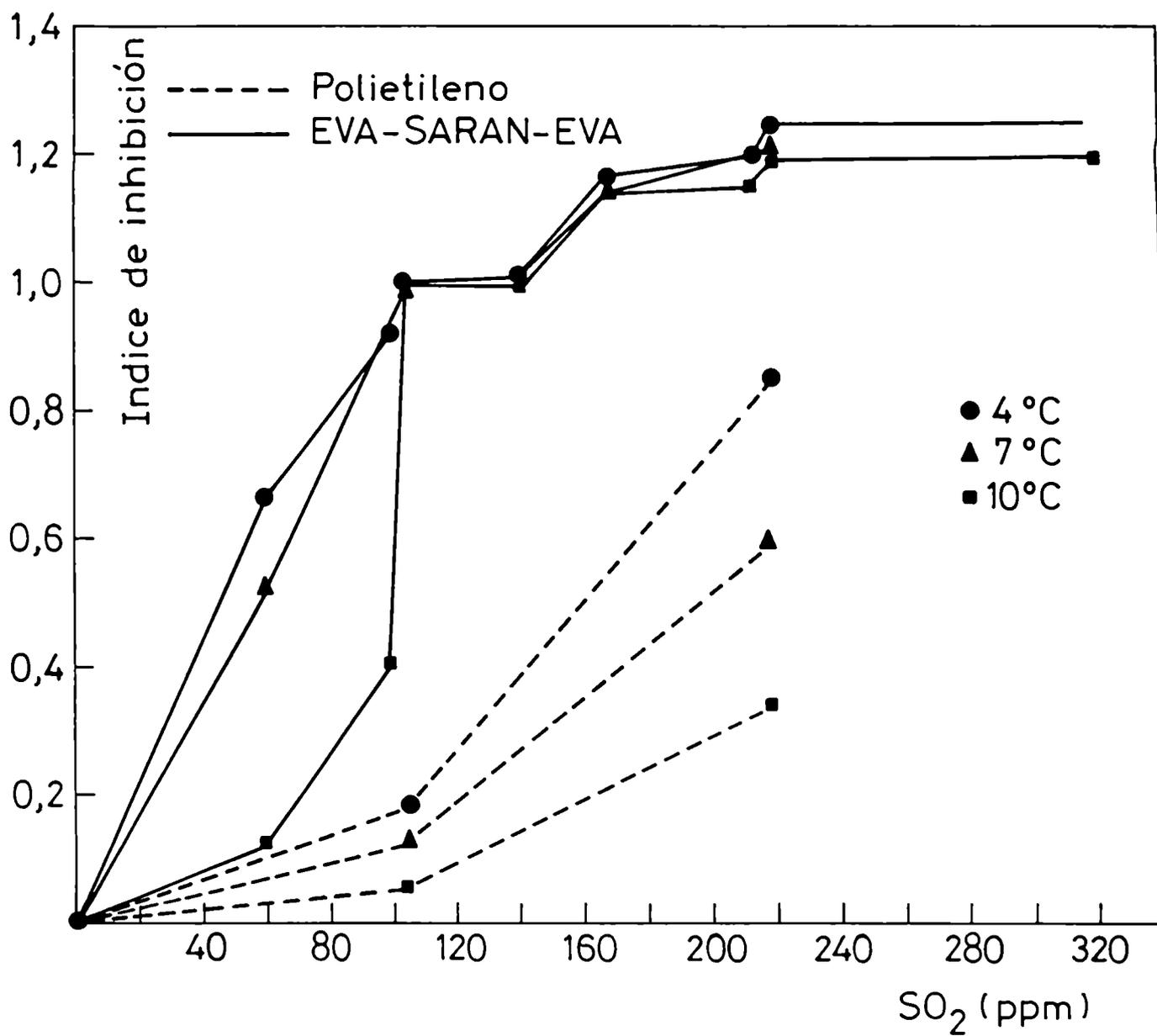


Fig. 25: Índice de Inhibición de microorganismos totales presentes en papas pre-peladas tratadas con SO₂ envasadas en polietileno y EVA-SARAN-EVA almacenadas a 4, 7 y 10°C.

4.6 Ruptura de la cadena de frío

Uno de los factores condicionantes en la vida útil del producto es la temperatura de almacenamiento, y como ya se ha discutido presenta un efecto fundamental sobre el deterioro asociado al desarrollo microbiano cuando ésta se modifica entre 4 y 10°C.

A efectos de analizar las consecuencias de una ruptura en la cadena de frío se evaluó el desarrollo de microorganismos totales presentes en papas almacenadas a 25°C.

Las curvas de crecimiento microbiano para microorganismos totales presentes en papas pre-peladas cortadas en forma de bastón tratada con diferentes concentraciones de SO₂, envasadas en polietileno y EVA-SARAN-EVA y almacenadas a 25°C pueden observarse en la Fig 26 a y b.

Las muestras envasadas en polietileno alcanzaron recuentos 10⁶ UFC/cm² luego de 24 y 36 hs. para muestras conteniendo 105 y 219 ppm SO₂ respectivamente, indicando que ante una posible ruptura de la cadena de frío el deterioro microbiano vuelve inaceptable en producto en pocas horas.

Las muestras conteniendo 105 ppm SO₂ y envasadas en EVA-SARAN-EVA alcanzan recuentos 10⁶ UFC/cm² a los 2 días de producirse la ruptura de la cadena de frío. Las muestras conteniendo 219 ppm de SO₂ se mantienen en fase de latencia, sin embargo son desechadas debido a la cantidad de exudado que producen y las consecuentes modificaciones en la textura.

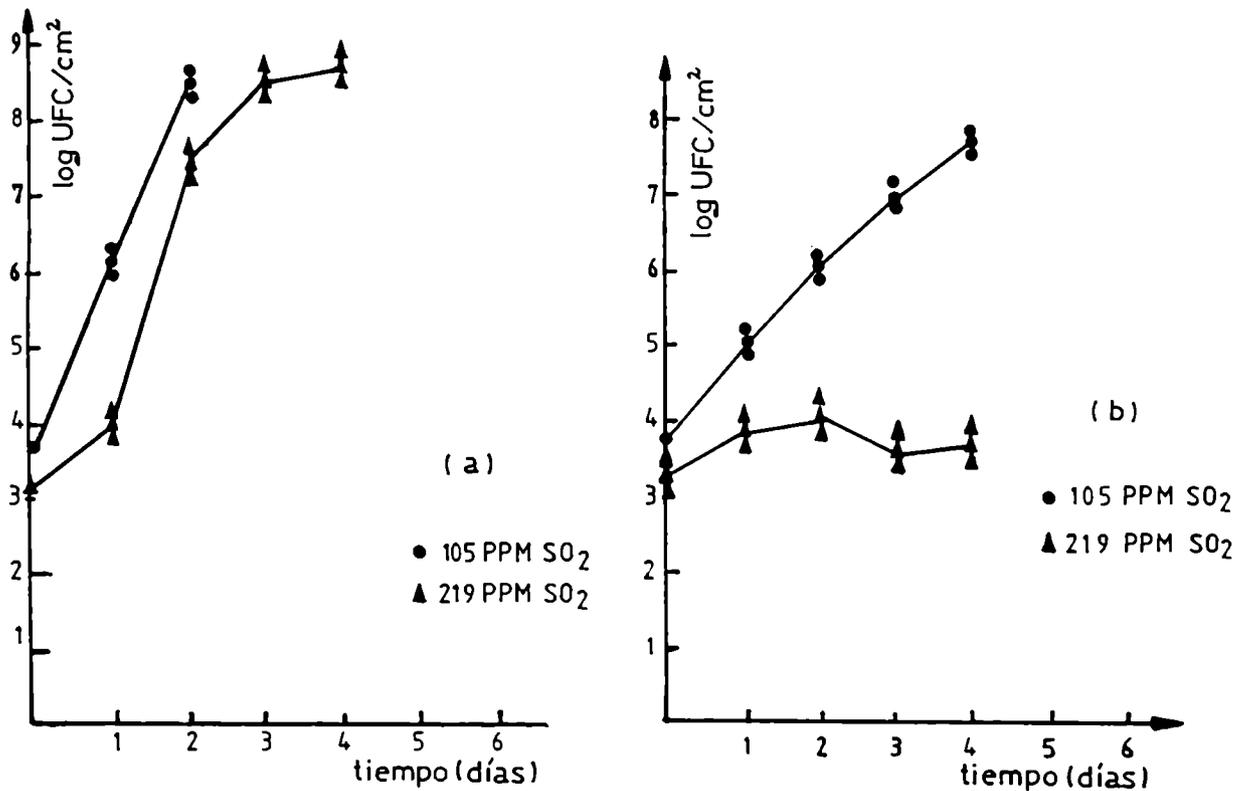


Fig. 26: Desarrollo de microorganismos totales presentes en papas pre-peladas bastones tratadas con SO₂ almacenadas a 25°C y envasadas en a) polietileno b) EVA-SARAN-EVA.

4.7 Efecto de la película de envase, temperatura de almacenamiento y concentración de SO₂ sobre el crecimiento de *Pseudomonas* sp, Enterobacteriaceae, microorganismos psicrófilos y microorganismos que crecen en anaerobiosis

El crecimiento microbiano de una flora mixta durante la fase de crecimiento exponencial puede ser representada por la siguiente ecuación:

$$N_1 = N_0 i^{e^{\mu_1(t-\theta_1)}} \quad \text{para } t \leq t_{a1}$$

donde N_1 : número total de microorganismos i (UFC/cm²)

N_{01} : número inicial del microorganismo i (UFC/cm²)

μ_1 : constante de velocidad específica de crecimiento del microorganismo i (días⁻¹)

θ_1 : fase de latencia del microorganismo i (días)

t_{e1} : tiempo necesario para alcanzar la fase estacionaria (días)

De acuerdo con la Tabla XII Pseudomonas sp, Enterobacteriaceae, microorganismos psicrófilos, microorganismos que crecen en anaerobiosis se seleccionaron como los predominantes en las diferentes condiciones de almacenamiento.

Los valores de μ_1 y θ_1 para los microorganismos fueron comparados para analizar los efectos de la concentración de bisulfito de sodio y de la temperatura.

4.7.1 Pseudomonas sp.

Los valores promedios de los recuentos microbianos correspondientes a Pseudomonas sp presentes en papas pre-peladas tratadas con SO₂ y los correspondientes controles envasados en películas de diferente permeabilidad al oxígeno a 4,7 y 10°C se presentan en la Fig. 27 a, b y c.

Los valores de las velocidades de crecimiento microbiano μ y los tiempos de latencia (θ) correspondientes a estos microorganismos en las diferentes condiciones (película, concentración de SO₂ y temperatura de almacenamiento) se presentan en la Fig. 28).

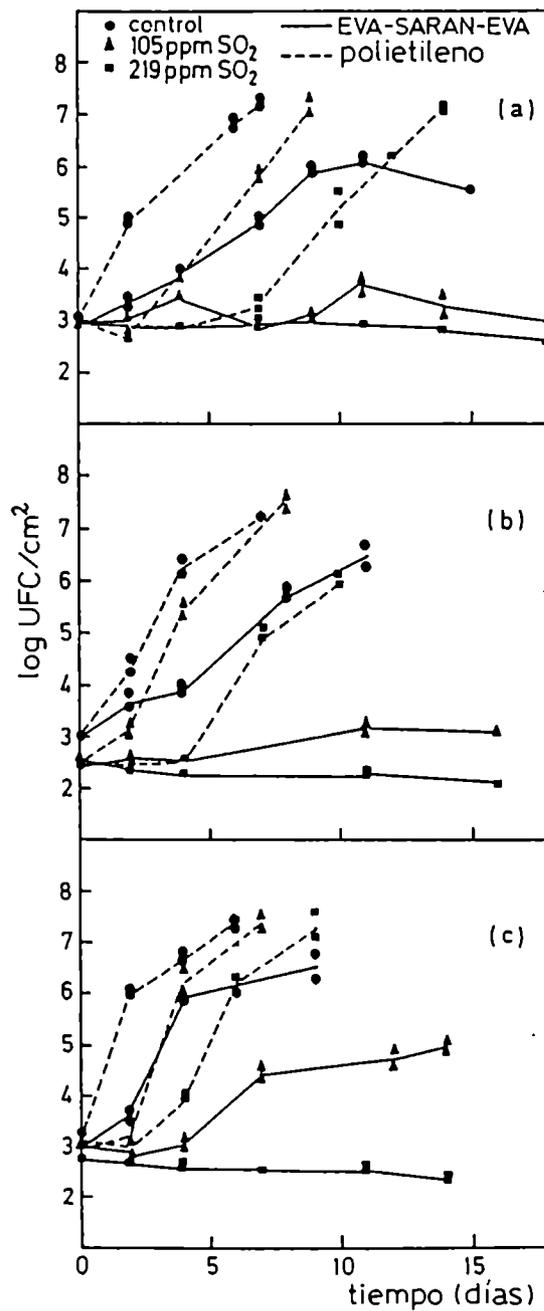
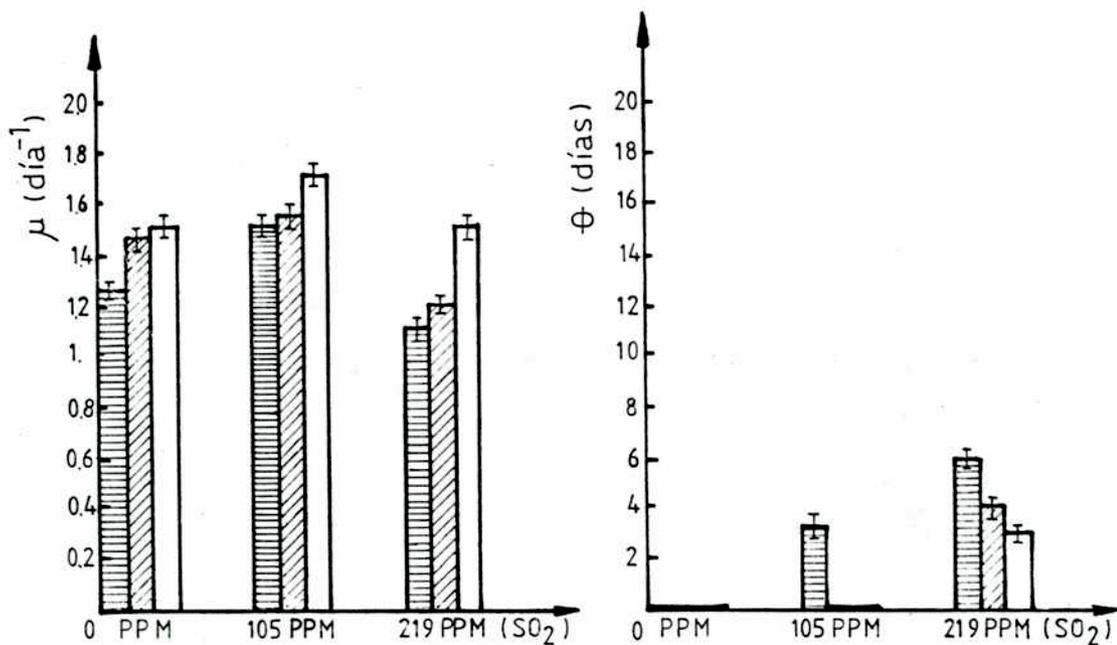


Fig. 27: Recuento de *Pseudomonas* sp en papas pre-peladas tratadas en SO₂ envasadas en polietileno y EVA-SARAN-EVA almacenadas a) 4°C; b) 7°C y c) 10°C.

PSEUDOMONAS sp
POLIETILENO

4° C.
 7° C.
 10° C.



EVA SARÁN EVA

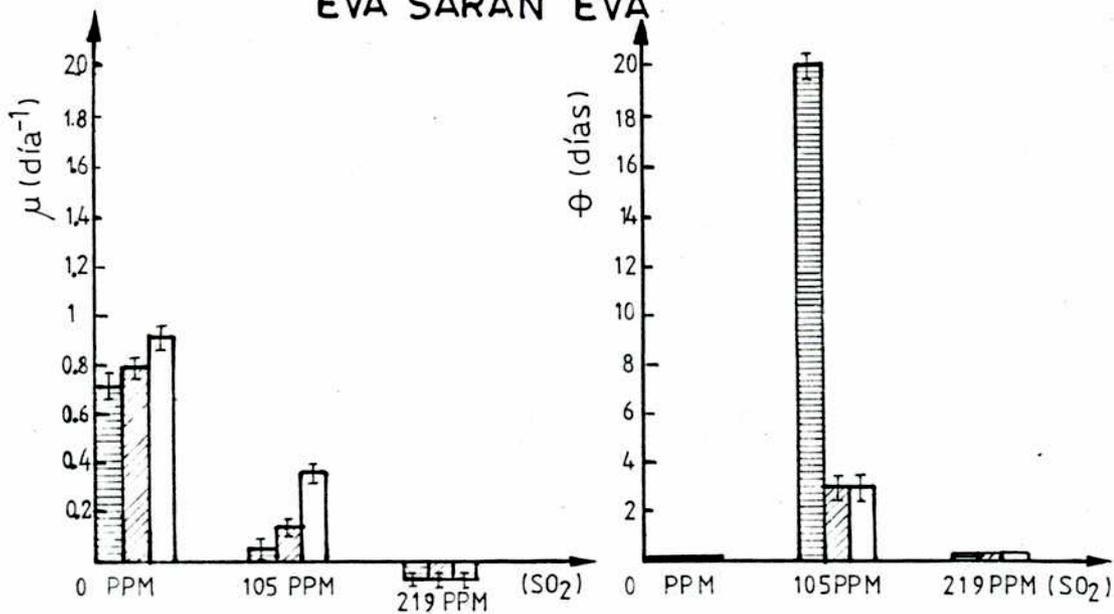


Fig. 28: Efecto del SO₂ y de la temperatura de almacenamiento sobre la constante específica de velocidad de crecimiento microbiano μ y sobre el tiempo de latencia θ para Pseudomonas sp presentes en papas envasadas en polietileno y EVA-SARAN-EVA.

Como puede observarse, en películas de polietileno, las muestras con 105 ppm SO₂ presentan altas μ ; los valores de θ variaron entre 0 y 3 días dependiendo de la temperatura de almacenamiento. Con residuos de 219 ppm se observa el efecto inhibitor del preservador dado por una disminución de μ y por un aumento en el valor de θ que se extendió de 2 a 5 días dependiendo de la temperatura de almacenamiento; en estas condiciones se alcanzan recuentos 10⁸ UFC/cm² a los 10, 9 y 7 días de almacenamiento a 4, 7 y 10°C respectivamente.

Las muestras sin tratar envasadas en EVA-SARAN-EVA mostraron μ mucho menores que las μ correspondientes al envase de polietileno indicando el efecto inhibitorio de la película de envase, dado que estos microorganismos necesitan oxígeno para su desarrollo. Con residuos de 105 ppm de SO₂ los valores de μ fueron 32, 5.6 y 2.3 veces menores que los correspondientes controles a 4, 7 y 10°C respectivamente, no alcanzándose recuentos microbianos 10⁸ UFC/cm² durante el almacenamiento en el rango de temperaturas ensayadas.

Con residuos mayores (219 ppm SO₂) se observa efecto letal representado por valores de μ negativos cercanos a cero a las tres temperaturas ensayadas.

4.7.2 Enterobacteriaceae

Los valores promedio de los recuentos microbianos correspondientes a Enterobacteriaceae presentes en papas pre-peladas con y sin tratamiento con NaSO₃H envasados en películas de diferentes permeabilidad al oxígeno a 4, 7 y 10°C se presentan en la Fig. 29 a, b y c.

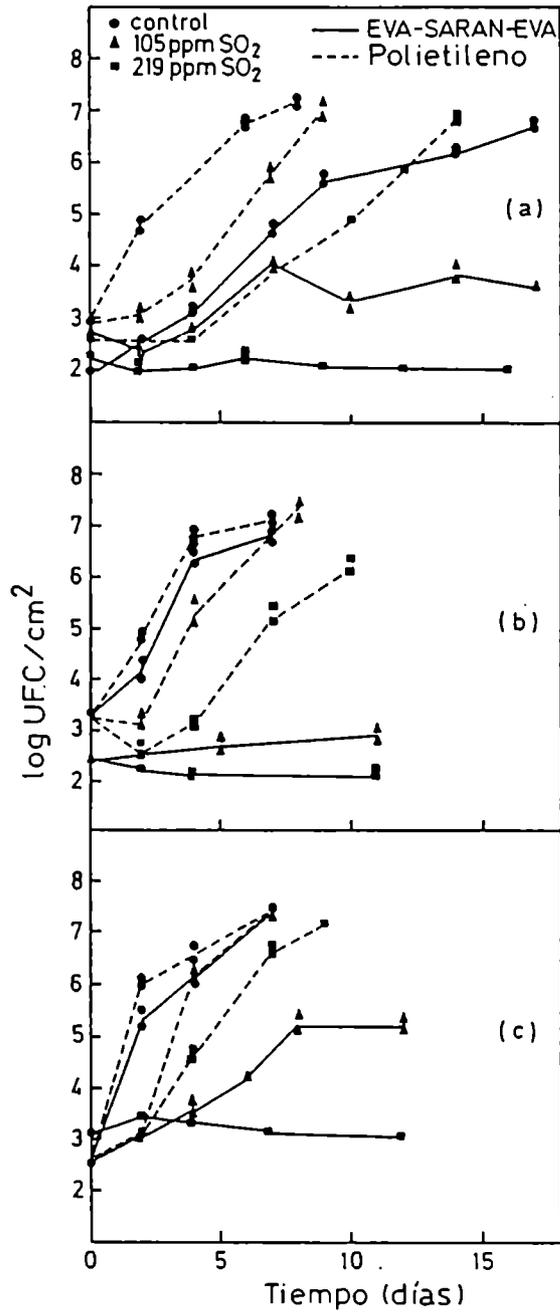


Fig. 29: Recuento de Enterobacteriaceae en papas tratadas con SO₂ envasadas en polietileno y EVA-SARAN-EVA almacenadas a) 4°C; b) 7°C y c) 10°C.

Los valores de las velocidades de crecimiento microbiano (μ) y los tiempos de latencia (θ) correspondientes a estos microorganismos en las diferentes condiciones de almacenamiento se observan en la Fig. 30.

Muestras conteniendo 105 ppm SO_2 envasados en polietileno presentan mayores μ que los correspondientes controles; las θ variaron entre 0 y 2 días alcanzándose recuentos de 10^8 UFC/cm² a los 8, 5 y 4 días a 4, 7 y 10°C respectivamente.

Con residuos de 219 ppm SO_2 los tiempos de latencia variaron 0 y 4 días alcanzándose recuentos 10^8 UFC/cm² a los 11, 9 y 7 días de almacenamiento a 4, 7 y 10°C observándose una ligera disminución de los μ .

En vacío, con película de baja permeabilidad gaseosa, las muestras sin tratar almacenadas a 4 y 7°C presentaron valores de μ menores que las correspondientes al envase aeróbico, pero a 10°C las μ fueron mayores que las de las envasadas en polietileno.

Con 105 ppm SO_2 se observa el efecto inhibitorio del preservador en las μ que fueron 7.5; 7.6 y 3.8 veces menores que los correspondientes controles a 4,7 y 10°C no alcanzándose recuentos de 10^8 UFC/cm² durante el almacenamiento en el rango de temperaturas ensayadas. Con 219 ppm SO_2 un efecto letal fue observado dado por valores negativos de las μ a las tres temperaturas.

ENTEROBACTERIACEAE POLIETILENO

4° C.
 7° C.
 10° C.

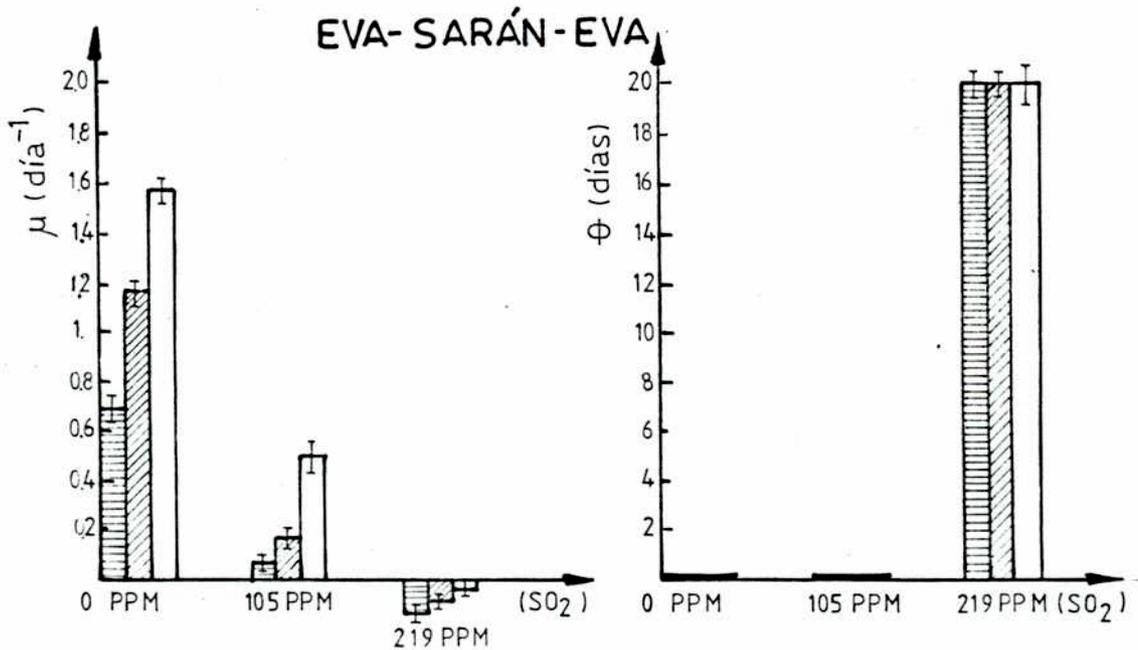
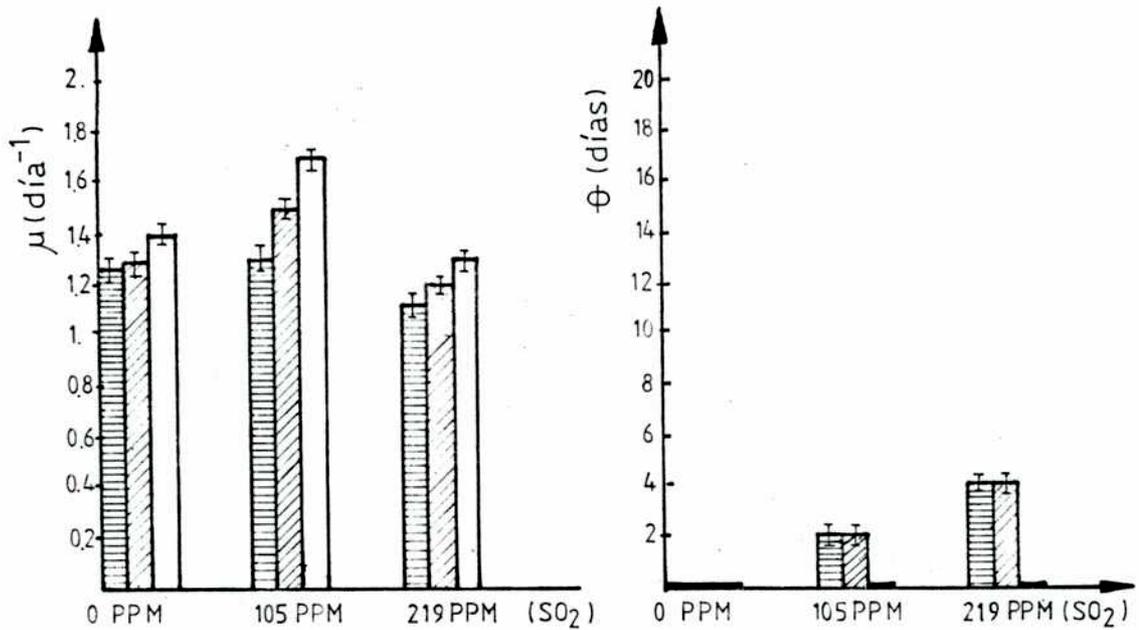


Fig. 30: Efecto del SO₂ y de la temperatura de almacenamiento sobre la constante específica de velocidad de crecimiento μ y sobre el tiempo de latencia (θ) para Enterobacteriaceae presentes en papas envasadas en polietileno y EVA-SARAN-EVA.

4.7.3 Microorganismos psicrófilos

Los valores promedios de los recuentos microbianos correspondientes a los microorganismos psicrófilos presentes en papas pre-peladas con y sin tratamiento con NaSO_3H envasadas en películas de diferentes permeabilidad al oxígeno a 4, 7 y 10°C se presentan en la Fig. 31 a, b y c.

Los valores de las velocidades de crecimiento (μ) y los tiempos de latencia (θ) para los microorganismos psicrófilos en las diferentes condiciones de almacenamiento se presentan en la Fig. 32.

Para las muestra envasadas en polietileno pudo observarse que la suma de los recuentos correspondientes a Pseudomonas sp y Enterobacteriaceae (Fig. 27 y 29) son coincidentes con los recuentos correspondientes a microorganismos psicrófilos (Fig. 31) al final del almacenamiento, indicando que estos microorganismos constituyen la flora total final. Es probable que durante el almacenamiento, el resto de los microorganismos que componen la flora inicial se vean inhibidos debido a una competencia en la cual Pseudomonas sp y Enterobacteriaceae psicrófilos se encuentran favorecidos en esas condiciones de almacenamiento. Las bacterias Gram positivas que inicialmente representaban un 68 % de la flora total, disminuyen durante el almacenamiento, constituyendo al final del mismo un 9 % de la flora total en el caso de las muestras sin tratar y un 2 % en el caso de las muestras tratadas con 105 ppm SO_2 .

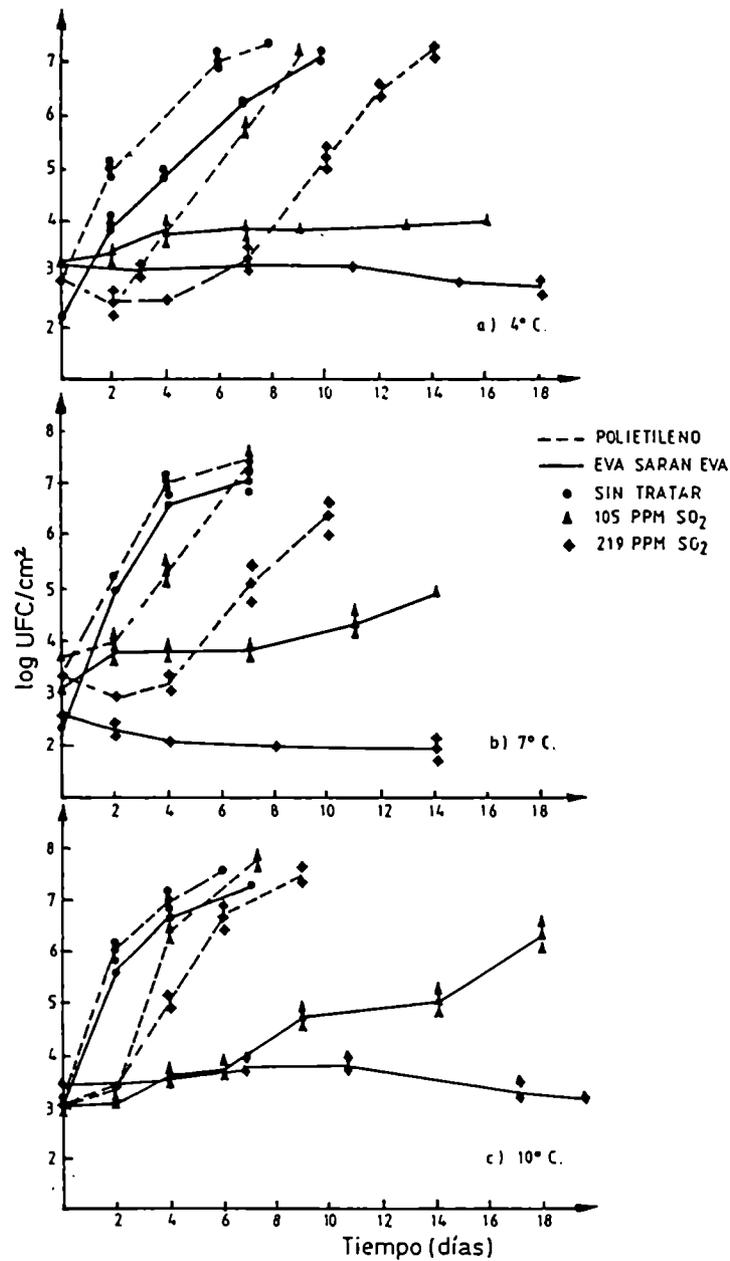


Fig. 31: Recuento de microorganismos psicrófilos en papas pre-peladas tratadas con SO₂ envasadas en polietileno y EVA-SARAN-EVA. a) 4°C; b) 7°C y c) 10°C.

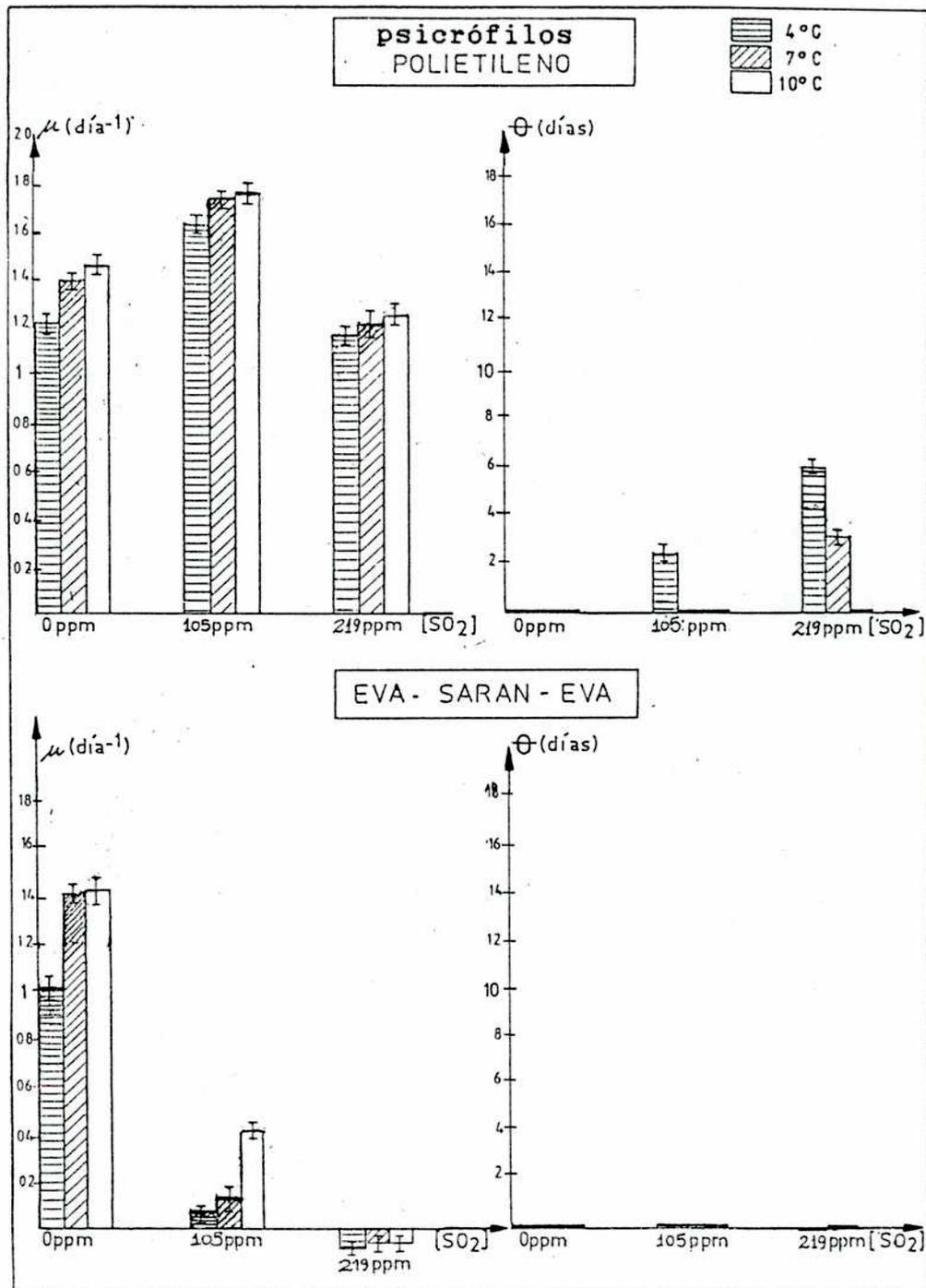


Fig. 32: Efecto del SO₂ y de la temperatura de almacenamiento sobre la constante específica de velocidad de crecimiento μ y sobre el tiempo de latencia θ para microorganismos psicrófilos presentes en papas pre-peladas envasadas en polietileno y EVA-SARAN-EVA.

Los microorganismos psicrófilos presentes en las muestras envasadas en polietileno conteniendo 105 ppm SO₂ mostraron mayores valores de μ que los correspondientes controles, mientras que con 219 ppm SO₂ se observa el efecto inhibitorio del preservador que se manifiesta en una ligera disminución de μ y aumento de θ (Fig. 32) alcanzándose recuentos de 10⁸ UFC/cm² a los 11, 9 y 6 días de almacenamiento a 4, 7 y 10°C respectivamente (Fig. 31).

Para las muestras envasadas al vacío, el valor inicial de microorganismos psicrófilos resultó menor que los correspondientes a la flora total, sin embargo estos se van constituyendo en el mayor porcentaje de la flora total durante el almacenamiento. Nuevamente puede observarse el efecto conjunto del preservador (105 ppm SO₂) y de la película de envase en la inhibición de estos microorganismos que se manifiesta en una marcada disminución de la μ . Con 219 ppm SO₂ se observa efecto letal dado por los valores de μ negativos registrados.

4.7.4 Microorganismos que crecen en anaerobiosis

Los valores promedio de los recuentos de microorganismos que crecen en anaerobiosis presentes en papas pre-peladas con o sin tratamiento antioxidante, y envasadas en películas de baja permeabilidad al oxígeno a 4, 7 y 10°C se presentan en la Fig. 33.

Los valores de las velocidades de crecimiento de microorganismos que crecen en anaerobiosis (μ) y los tiempos de latencia (θ) en las condiciones ensayadas se presentan en la Fig. 34.

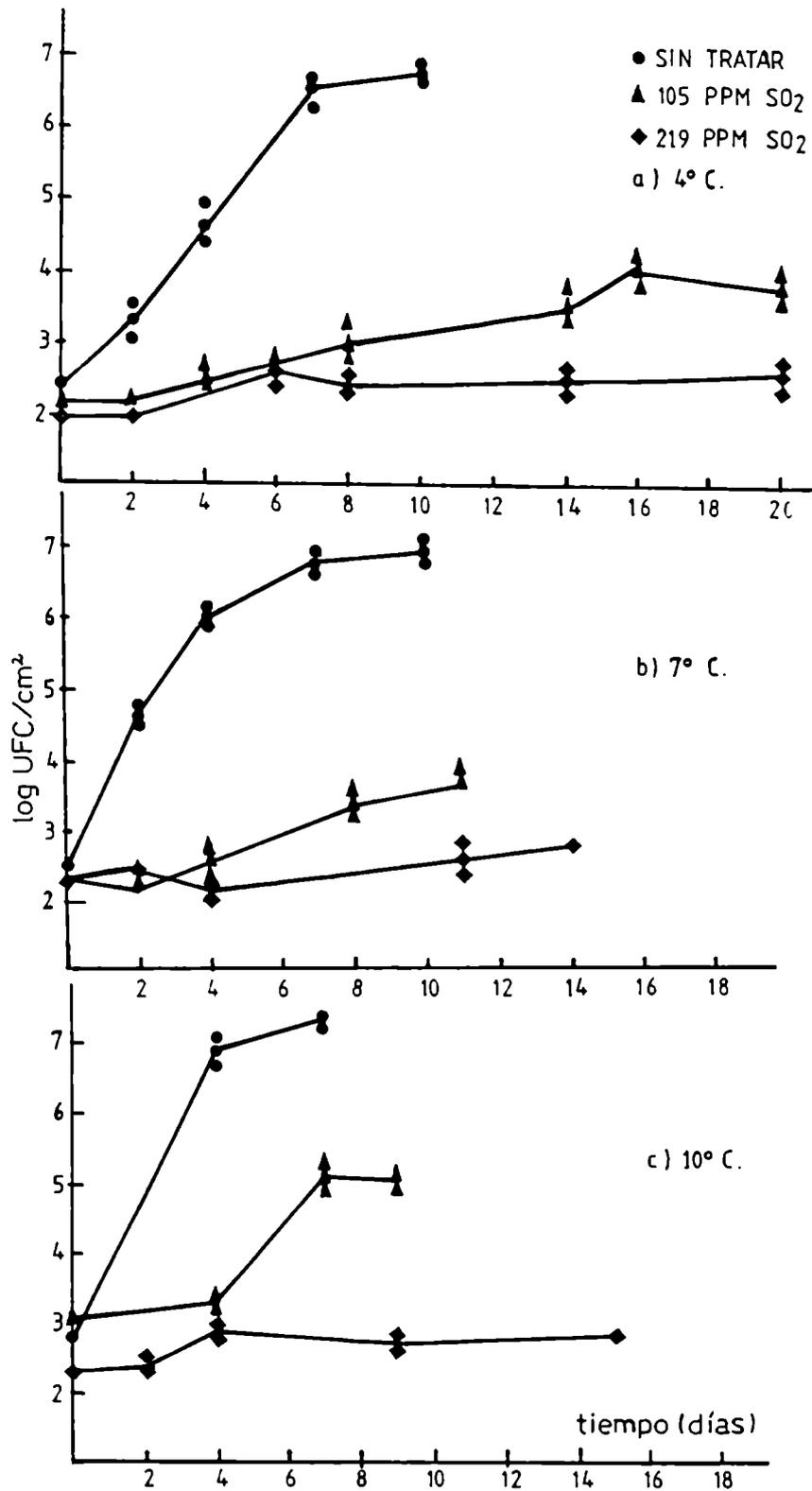


Fig. 33: Recuento de microorganismos que crecen en anaerobiosis en papas pre peladas tratadas con SO₂ envasadas en EVA-SARAN-EVA a) 4°C; b) 7°C y c) 10°C.

Microorganismos que crecen en ANAEROBIOSIS

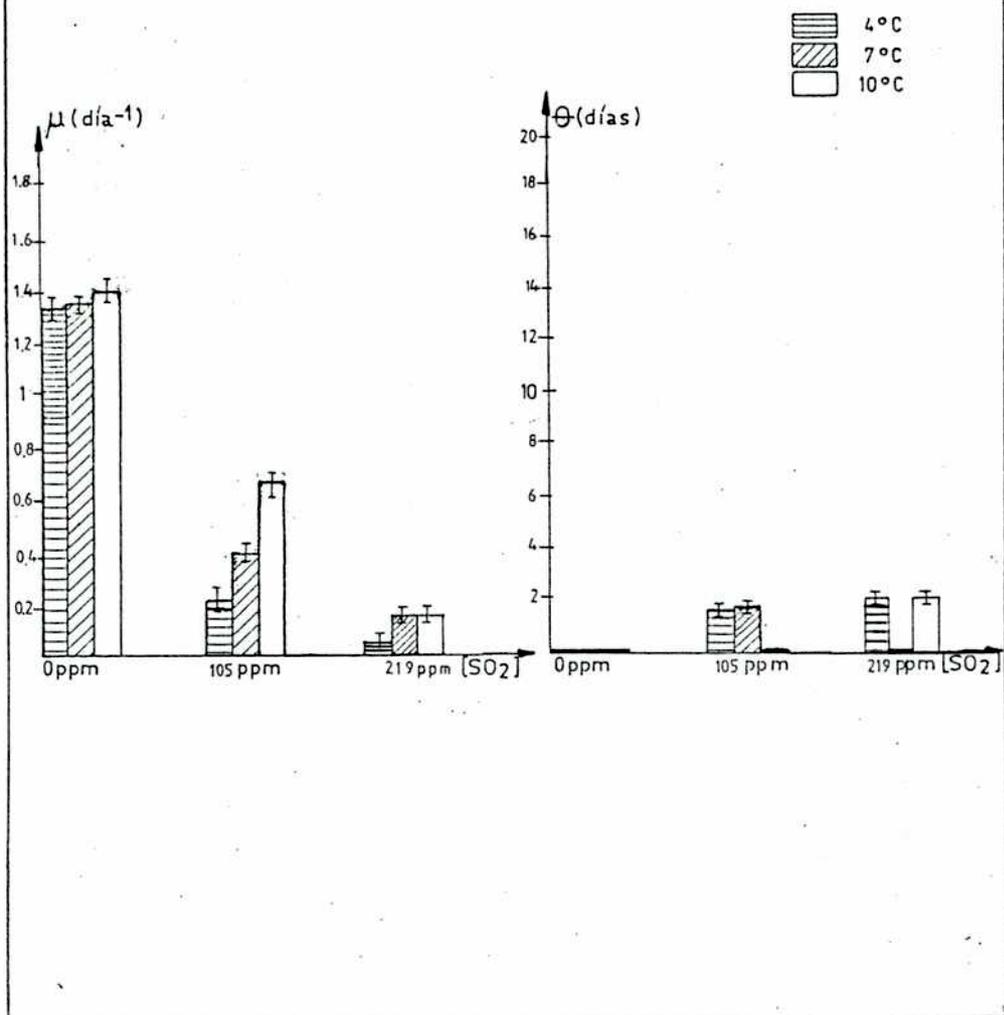


Fig. 34: Efecto de SO₂ y de la temperatura de almacenamiento sobre la constante específica de velocidad de crecimiento μ y tiempo de latencia θ para los microorganismos que crecen en anaerobiosis presentes en papas pre-peladas envasadas en EVA-SARAN-EVA.

Como puede observarse, las muestras sin tratar mostraron un aumento de tres a cuatro ciclos logarítmicos en los recuentos de los microorganismos que crecen en anaerobiosis microbianos durante el almacenamiento, asimismo el efecto del SO₂ conjuntamente con la película de envase en la inhibición de estos microorganismos se manifiesta por una extensión de la fase de latencia y en la disminución de las μ (Fig. 34).

En las muestra tratadas así como en las sin tratar, la composición porcentual de estos microorganismos varió desde 2 a 3 % inicialmente hasta el 90 a 100 % al final del almacenamiento (Tabla XII).

4.8 Discusión de resultados

De los resultados expuestos, se puede concluir que las muestras envasadas en polietileno la flora microbiana se modifica durante el almacenamiento, enriqueciéndose en Pseudomonas y Enterobacteriaceae psicrófilos inhibiendo los otros microorganismos presentes. Al final del almacenamiento estos microorganismos constituyen la flora causante del deterioro del producto, con predominio de Pseudomonas sp cuya especie predominante resultó ser Ps. fluorescens.

Con respecto al envasado en películas de baja permeabilidad al oxígeno se observa que la flora microbiana se va enriqueciendo en microorganismos psicrófilos anaerobios facultativos. Al final del almacenamiento la flora predominante resultó ser Gran negativa predominando Enterobacteriaceae sobre Pseudomonas sp que resultan

inhibidas por los requerimientos de oxígeno. Las bacterias Gram positivas se hallan inhibidas en las muestras sulfitadas mostrando así su sensibilidad al agente preservador.

4.9 Tiempo de vida útil

Teniendo en cuenta los análisis microbiológicos realizados y considerando además otros parámetros de calidad del producto, el tiempo de vida útil se definió como el tiempo para el cual el producto presenta recuentos microbianos de 10^6 UFC/cm² (t_{10^6}), siendo el porcentaje de exudado menor al 10 % y las modificaciones de color $\Delta E \leq 4$.

Cuando los niveles de contaminación bacteriana alcanzan 10^6 UFC/cm² las papas comienzan a deteriorarse con signos de podredumbre haciendo inaceptable el producto a los consumidores (Garrick, 1969).

La Tabla XIII muestra los resultados obtenidos para la especificación de períodos de vida útil. En polietileno la mejor condición resulta para muestras conteniendo 219 ppm SO₂ inicial obteniéndose 12 días de vida útil a 4°C. En películas de EVA-SARAN-EVA los niveles de SO₂ iniciales pueden ser disminuidos a 105 ppm extendiendo la vida útil a 20 días a 4°C y entre 15 y 18 días cuando la temperatura cambia de 10 y 7°C respectivamente. Residuos mayores de 219 ppm SO₂ no son recomendables debido a que si bien la población microbiana no supera valores de 10^6 UFC/cm², la cantidad de exudado producido fue alta y condiciona la vida útil hasta 9 días a partir del cual se vuelve inaceptable el producto a los consumidores a los tres temperaturas ensayadas.

Tabla XIII: Tiempo de vida útil (días) para papas pre-peladas sulfitadas envasadas en diferentes películas a 4, 7 y 10°C

Residuo de SO ₂ (ppm)	Polietileno			EVA-SARAN-EVA		
	4°C	7°C	10°C	4°C	7°C	10°C
Sin tratar	0	0	0	4	2	2
105	7	5,5	3,5	20	18	15
219	12	9	6	9	9	9

CAPITULO V

**ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS EN EL EMPLEO DE
PRESERVADORES QUIMICOS**

Los agentes sulfitantes (dióxido de azufre, sulfito y bisulfito de sodio y potasio, metabisulfito de sodio y potasio) fueron incluidos en la lista de reactivos GRAS en 1959 y su uso en alimentos data desde hace varios siglos. En la última década se han informado reacciones adversas debido al consumo de sulfito contenido en los alimentos que se manifestaron en una pequeña población de consumidores como son los asmáticos. Por esta razón, en agosto de 1986, Food and Drug Administration de USA eliminó su uso en vegetales y frutas crudas requiriendo que los niveles de sulfito presente en los alimentos sea declarado en el envase cuando éste sea mayor del 10 ppm SO₂.

Surgió entonces la necesidad de utilizar otras alternativas tecnológicas con el objeto de eliminar o disminuir los niveles de SO₂ empleados. Esto resulta difícil dado que el SO₂ presenta las ventajas de ser un efectivo inhibidor del desarrollo microbiano y del pardeamiento enzimático siendo su costo reducido.

Los datos bibliográficos referidos al empleo de otros agentes antioxidantes utilizados en papas pre-peladas son escasos y de tipo cualitativo por lo que resulta importante realizar un análisis profundo del efecto que estos ejercen sobre las características de calidad del producto durante el almacenamiento.

En este capítulo se analizan distintas alternativas para prevenir el pardeamiento enzimático y el deterioro de tipo microbiano en papas pre-peladas mediante el empleo de ácido cítrico, ácido ascórbico y eritorbato de sodio utilizándolos en forma individual o combinada para reemplazar al SO₂. Asimismo se ensayan mezclas de bisulfito de sodio con ácido cítrico a efectos de realizar estudios comparativos. Finalmente, se compara la efecti-

vidad de estos preservadores con el bisulfito de sodio con el fin de proponer las mejores condiciones de tratamiento (concentración de antioxidante, tiempo de inmersión, tipo de película empleada) que permitan obtener productos en buenas cualidades organolépticas así como higiénico-sanitarias.

5.1 Concentración residual en papas de los preservadores químicos ensayados

5.1.1 Ácido cítrico

Las concentraciones residuales de ácido cítrico en papas pre-peladas expresadas en g ácido cítrico/100 g papa, así como la concentración y el pH de las soluciones de inmersión utilizadas, se presentan en la Tabla XIV. Los valores informados corresponden a determinaciones por triplicado.

Tabla XIV: Residuo de ácido cítrico presente en papas pre-peladas. Tiempo de inmersión 60 seg.

Solución de inmersión de ácido cítrico		g ácido cítrico/100g papa
Concentración % P/V	pH	
0,5	2,60	0,258 ± 0,013
1,0	2,44	0,277 ± 0,032
2,0	2,30	0,351 ± 0,071
5,0	1,95	0,547 ± 0,072

La concentración de ácido cítrico en papas es variable, en este estudio el blanco resultó $0,222 \pm 0,077$ g/100 g papa. La cantidad de ácido cítrico presente en papas depende de muchos factores, pudiendo citarse entre ellos la edad del tubérculo. Así, mayor concentración de ácido cítrico se encuentra en tubérculos jóvenes y en la zona apical mostrando una marcada disminución del contenido de ácido cítrico en la zona central siendo aun más marcada en la base del córtex. Thunber (1945) encontró menores valores de ácido cítrico para papas almacenadas, sugiriendo que durante el almacenamiento existe una interconversión del ácido cítrico a ácido málico, además al cortar las papas y exponerlas al aire aumenta el contenido de oxálico así como la interconversión de cítrico a oxálico.

5.1.2 Acido ascórbico

Las concentraciones residuales de ácido ascórbico en papas pre-peladas expresadas en g ácido ascórbico/100 g papa, así como la concentración y el pH de las soluciones de inmersión se presentan en la Tabla XV.

Tabla XV: Residuos de ácido ascórbico en papas pre-peladas.
Tiempo de inmersión: 60 seg.

Solución de inmersión de ácido ascórbico		g ácido ascórbico/100g papa
Concentración % P/V	pH	
0,5	3,00	0,093 ± 0,014
1,0	2,73	0,129 ± 0,032
2,0	2,65	0,213 ± 0,062
5,0	5,50	0,469 ± 0,071

La papa es una buena fuente de vitamina C; en este estudio el contenido de ácido ascórbico del blanco dio por resultado $0,044 \pm 0,018$ g/100g papa. El contenido de ácido ascórbico en papas depende del tipo de suelo y de la variedad de papa. También se ha informado que el contenido de ácido ascórbico disminuye durante los primeros meses de almacenamiento para luego mantenerse constante. Las partes periféricas de las papas presentan mayor contenido de ácido ascórbico que las partes centrales. Asimismo, un mayor contenido de ácido ascórbico se ha encontrado en variedades amarillas de papas. También se han informado pérdidas de ácido ascórbico durante el periodo de almacenamiento indicándose que luego de 90 días de almacenamiento el ácido ascórbico se reduce en 42 %

5.1.3 Eritorbato de sodio

Las concentraciones residuales de eritorbato de sodio en papas pre-peladas expresadas en g de eritorbato de sodio/100g papa, así como la concentración y el pH de las soluciones de inmersión utilizadas, se presentan en la Tabla XVI. El valor de eritorbato de sodio/100 g papa en el blanco fue $0,017 \pm 0,005$.

Tabla XVI: Residuo de eritorbato de sodio presente en papas pre-peladas. Tiempo de inmersión 60 seg.

Solución de inmersión de eritorbato de sodio		g eritorbato de sodio/100g papa
Concentración % P/V	pH	
0,5	6,65	$0,030 \pm 0,033$
1,0	6,60	$0,059 \pm 0,071$
2,0	7,10	$0,096 \pm 0,084$
5,0	7,50	$0,206 \pm 0,054$

5.2 Efecto de la concentración de los preservadores en el baño de inmersión sobre su dosaje en papas pre peladas

La concentración residual en papa de los preservadores analizados (ácido cítrico, ácido ascórbico y eritorbato de sodio) luego de 60 seg. de contacto en las diferentes soluciones de

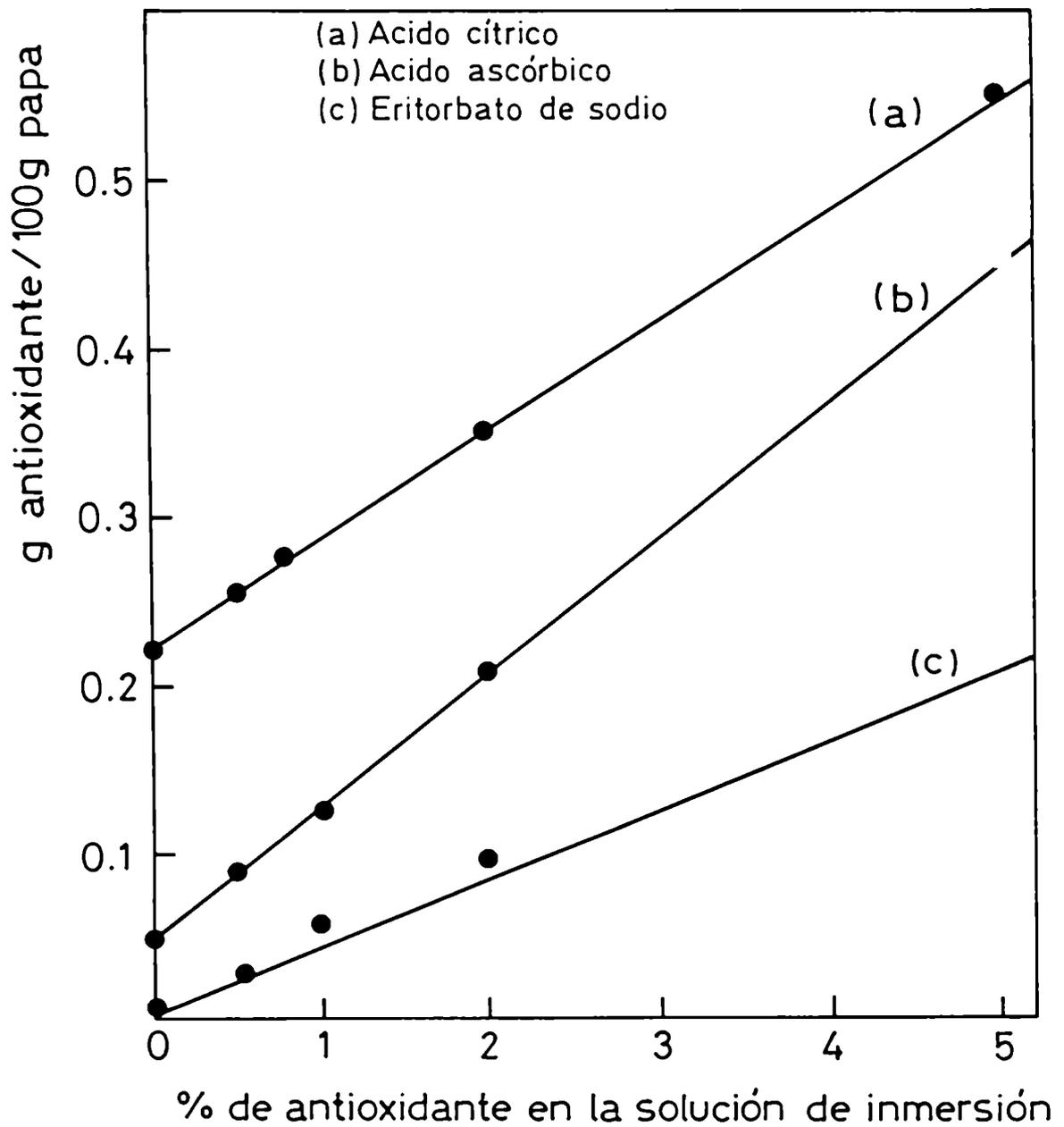


Fig. 35: Efecto de la concentración de antioxidante en la solución de inmersión sobre el residuo presente en papas pre-peladas.

Puede observarse que el valor residual de cada preservador sigue una relación lineal con la concentración en la solución de inmersión según lo predicho por la ecuación (10) ya analizada.

5.3 Influencia de distintos preservadores químicos en la calidad microbiológica y en la coloración superficial de papas pre-peladas envasadas en polietileno

Los atributos de calidad que sufren modificaciones durante el almacenamiento refrigerado de papas pre-peladas envasadas en polietileno se refieren a la coloración superficial y al desarrollo microbiano. Para ello se analizó el efecto de diferentes concentraciones de cada antioxidante sobre dichos parámetros de calidad; además, se ensayaron diferentes combinaciones de los agentes preservadores y también combinaciones de bisulfito de sodio con ácido cítrico.

5.3.1 Acido ascórbico, ácido cítrico y eritorbato de sodio

Durante el almacenamiento a 4°C se analizó la calidad de las papas pre-peladas tratadas con diferentes soluciones de preservadores cuyos valores residuales se informaron en las Tablas XIV, XV y XVI. La cuantificación de la variación de color superficial ΔE y los correspondientes recuentos de los microorganismos totales expresados como log UFC/cm² en papas a los tres días de almacenamiento se presentan en Tabla XVII.

Tabla XVII: Efecto de diferentes preservadores químicos sobre parámetros de calidad de las papas pre-peladas luego de 3 días de almacenamiento a 4 °C

Tratamiento	Concentración del preservador (g/100 g papa)	ΔE	log UFC/cm ²
Sin tratar		10,70	4,91 ± 0,14
	0,258	10,83	3,72 ± 0,08
Acido	0,277	10,33	3,62 ± 0,28
cítrico	0,351	6,77	3,29 ± 0,127
	0,547	5,83	1,02 ± 0,20
Acido	0,129	19,13	4,54 ± 0,01
ascórbico	0,213	6,85	4,10 ± 0,05
	0,469	4,77	3,47 ± 0,09
Eritorbato	0,059	14,38	4,26 ± 0,21
de	0,096	10,25	4,10 ± 0,15
sodio	0,206	3,75	3,47 ± 0,19

Dicha Tabla muestra que las papas luego de tres días de almacenamiento se ven deterioradas en el color ya que presentan valores de $\Delta E > 4$ siendo éste el límite de detección. Sin embargo, muestras conteniendo eritorbato de sodio con una concentración de 0,206 g/100 de papa mostraron buen mantenimiento del color, ($\Delta E < 4$) y recuentos microbianos bajos; esto motivó a estudiar las modificaciones en estos parámetros de calidad por

tiempos más prolongados, cuyos resultados se presentan en la Tabla XVIII.

Tabla XVIII: Efecto del tiempo de almacenamiento a 4°C sobre los parámetros de calidad de papas conteniendo 0,206 g de eritorbato de sodio/100 g de papa envasadas en polietileno.

Tiempo (días)	ΔE	log UFC/cm ²
0	0	4,43
2	3,45	4,83
4	4,45	5,04
6	10,09	6,40

Puede observarse que luego de 4 días de almacenamiento el deterioro principal fue debido al pardeamiento que se presenta en las muestras aunque los recuentos microbianos se hallaban dentro de límites aceptables.

Esto lleva a concluir que el empleo de los antioxidantes ensayados en papas pre-peladas envasadas en películas permeables al oxígeno resulta inadecuado debido al pardeamiento que presentan las muestras luego de 3 o 4 días de almacenamiento; por otra parte, el deterioro microbiano no resultó ser el factor limitante de la vida útil de las muestras ya que los recuentos resultaron inferiores a 10⁶ UFC/cm².

5.3.2 Utilización de preservadores químicos en forma combinada

Los resultados anteriores han indicado que el pardeamiento enzimático no pudo ser impedido mediante el empleo en forma individual de los diferentes preservadores analizados en muestras envasadas en polietileno. Por esta razón se ensayaron combinaciones de estos así como con bisulfito de sodio según recomendaciones encontradas en bibliografía (Tabla IV).

En ningún caso, los niveles de preservadores utilizados superaron el 5 % en el baño de inmersión debido a que esta concentración con tiempos de inmersión de 60 seg. conducen a residuos en el producto que resultan sensorialmente detectables luego del proceso de cocción.

Las papas tratadas con las diferentes soluciones combinadas presentaron luego de tres días de almacenamiento valores de ΔE y recuentos microbianos que se informan en la Tabla XVIII.

Puede observarse que las muestras con mejor mantenimiento del color ($\Delta E < 4$) resultaron ser las tratadas con solución ácido cítrico/bisulfito de sodio (0.5 %/0.5 %).

Igual comportamiento ($\Delta E < 4$) presentaron las muestras tratadas con soluciones combinadas de ácido ascórbico y ácido cítrico (2 %/2 %), sin embargo, fueron rechazadas por presentar sabores desagradables luego del proceso de fritado. Asimismo, las muestras tratadas con solución combinada de eritorbato de sodio y ácido cítrico (5%/2 %) presentaron buen mantenimiento del color y recuentos microbianos bajos a los tres días de almacenamiento pero a los cinco días, fueron rechazadas por el deterioro en el color siendo el valor de $\Delta E = 5,75$.

Tabla XVIII: Efecto de diferentes combinaciones de preservadores químicos en la calidad de las papas pre-peladas envasadas en polietileno a los tres días de almacenamiento a 4°C

Tratamiento	ΔE	log UFC/cm ²
NaSO ₃ H + Acido cítrico (0.5 %/0.5 %)	1.89	3.55 ± 0.30
Eritorbato de Na + Ac. cítrico (1 %/1%)	10.86	4.15 ± 0.25
Eritorbato de Na + Ac. cítrico (2%/2%)	10.91	4.2 ± 0.12
Eritorbato de Na + Ac. cítrico (0.5 %/ 5 %)	6.94	1.78 ± 0.44
Eritorbato de Na + Ac. cítrico (5 %/2 %)	3.08	4.39 ± 0.26
Acido ascórbico + Ac. cítrico (2 %/ 2 %)	3.27	4.78 ± 0.28
Ac. Ascórbico + Eritorbato de Na (2%/2%)	5.03	4.065 ± 0.31
Ac. ascórbico + Ac. cítrico + sorbato de potasio (1%/1%/0.2%)	4.93	3.47 ± 0.38

En el resto de las muestras, si bien los recuentos microbianos se mantuvieron bajos, los valores de ΔE fueron altos indicando el fin del almacenamiento.

5.3.3 Acción combinada de ácido cítrico y bisulfito de sodio sobre los parámetros de calidad del producto durante el almacenamiento

Dado que las muestras tratadas con ácido cítrico y bisulfito de sodio (0.5%/0.5%) resultaron ser las de mejor calidad a los tres días de almacenamiento, se completó el estudio determinándose la variación en la coloración superficial así como los recuentos microbianos totales por periodos más prolongados.

La Tabla XIX informan los parámetros triestímulo L a y b (equipo Hunter-Lab) en papas pre-peladas tratadas durante 60 seg con solución de bisulfito de sodio 0.5 % y con solución combinada de bisulfito de sodio/ácido cítrico (0.5 %/0.5%) durante el almacenamiento a 4°C de las papas envasadas en polietileno.

Los datos de la Tabla XIX indican un buen mantenimiento del color durante el almacenamiento para ambos tratamientos si se tiene en cuenta que los valores iniciales medios eran $L_0 = 75.53$; $a_0 = -4.71$ y $b_0 = 27.13$; sin embargo, el deterioro fue de tipo microbiano para las muestras tratadas con SO_3HNa 0.5 % ya que a los 8 días presentaron signos de podredumbre bacteriana a diferencia de las tratadas con la solución combinada. Asimismo se determinaron los recuentos de microorganismos totales presentes en papas sometidas a estos dos tratamientos durante el almacenamiento (Fig. 36). Puede observarse que el agregado de ácido cítrico produce un efecto inhibitorio dado por el aumento en la fase de latencia que varió de 0 a 2 días alcanzándose recuentos de 10^6 UFC/cm² a los 5.5 y 7 días.

Tabla XIX: Efecto del agregado de ácido cítrico a la solución de tratamiento antioxidante sobre la variación de color superficial durante el almacenamiento de papas pre-peladas

Tiempo (días)	Tratamiento					
	SO ₃ HNa 0.5 %			SO ₃ HNa/ácido cítrico (0.5 %/ 0.5 %)		
	L	a	b	L	a	b
2	73,11	-5.22	29.05	73.55	-4.93	27.11
4	72.02	-5.02	29.02	74.63	-5.35	27.11
6	72.26	-4.79	27.73	73.95	-5.16	24.97
8	*	*	*	72.75	-5.09	26.77

* Podredumbre

El agregado de cítrico no demostró efecto inhibitorio se manifiesta en los valores de μ^* dado que para ambos casos resultaron de 1.21 día^{-1} .

Como se analizó en el Capítulo 3, el efecto del agregado de ácido cítrico a la solución de inmersión de bisulfito de sodio desplaza el equilibrio hacia la especie SO₂ que difunde más rápidamente en el tejido de la papa. Así se obtienen mayores valores de SO₂ residual inicial a igual tiempo de inmersión en muestras tratadas con combinaciones de bisulfito de sodio y ácido cítrico que al tratarlas con bisulfito de sodio solamente. En la Tabla VII (Capítulo 3) se informa un valor inicial de 78 ppm SO₂ resi-

dual en papas pre-peladas sumergidas 60 seg. en una solución de NaSO_3H 0.5 % y de 140 ppm SO_2 en papas sumergidas por igual tiempo en una solución de bisulfito de sodio de igual concentración 0.5 % en combinación con ácido cítrico al 0,5 %.

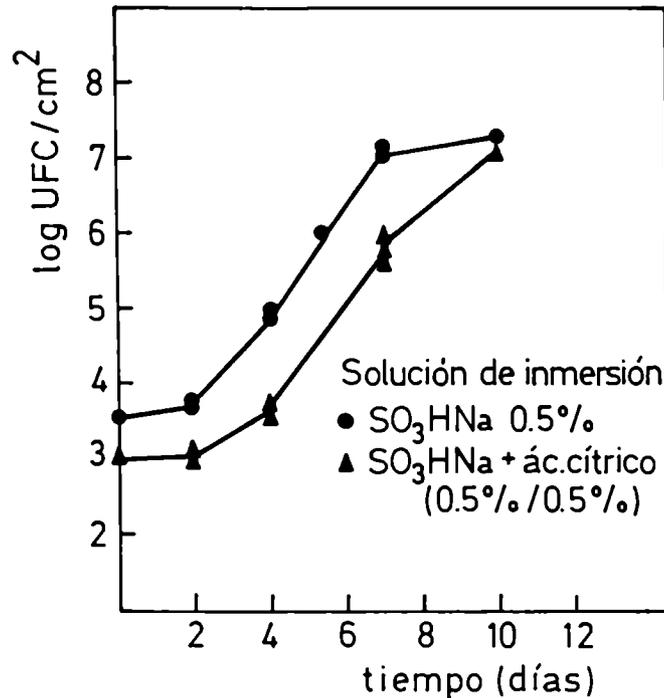


Fig. 36: Efecto del agregado de ácido cítrico a la solución de bisulfito de sodio sobre el desarrollo microbiano en papas envasadas en polietileno

La información obtenida de los recuentos microbianos está sintetizada en la Fig. 37 que surge de la superposición de las Figs. 17 a y 36 donde puede observarse que la inhibición microbiana si bien es independiente de los tiempos y concentración de la solución de inmersión y de la presencia de ácido cítrico, esa dependencia puede expresarse en función del valor de SO_2 residual el cual afecta fundamentalmente al parámetro θ^* .

Esto nos llevaria a concluir que el empleo de solución combinada de bisulfito de sodio/ácido cítrico (0,5 %/0,5 %) no resulta una alternativa para la reducción de los niveles de bisulfito en el producto ya que si bien se observa una mejor calidad del producto, esto se debe a que el residuo de SO₂ es mayor que en el caso en que no se agrega ácido cítrico a la solución.

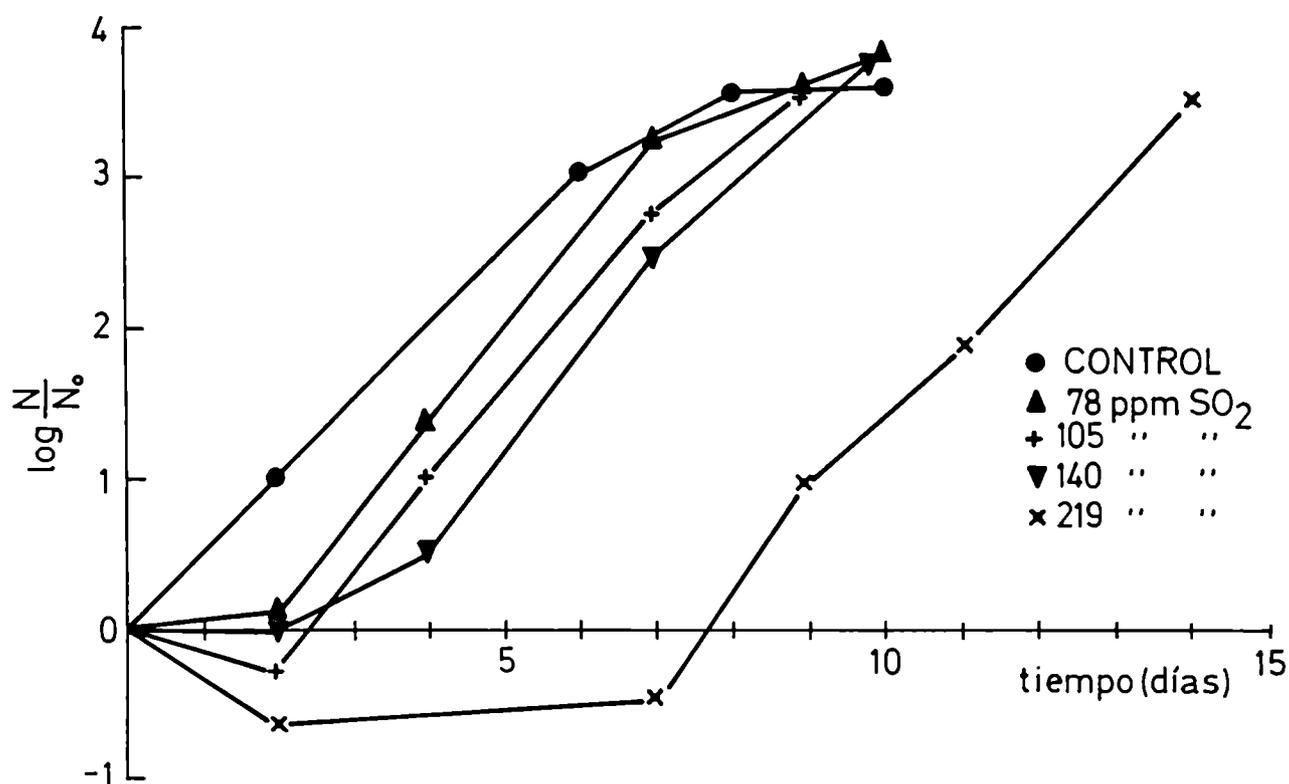


Fig. 37: Influencia del SO₂ residual sobre los recuentos de microorganismos totales en papas envasadas en polietileno y almacenadas a 4°C. ● control; ▲ 78 ppm SO₂ (0,5 % NaSO₃H, 60 seg.); + 105 ppm SO₂ (0,8 % NaSO₃H, 30 seg.); ▼ 140 ppm SO₂ (ác. cítrico/NaSO₃H 0,5%/0,5%, 60 seg.); x 219 ppm SO₂ (1,7 % NaSO₃H, 30 seg.)

5.3.4 Vida útil de las papas pre-peladas envasadas en polietileno

La conclusión final del estudio realizado en papas pre-peladas refrigeradas, envasadas en películas permeables al oxígeno tratadas con diferentes preservadores incluyendo bisulfito de sodio puede ser expresada mediante los periodos de vida útil (definido en la sección 4.9) a partir del cuál el producto es rechazado.

Los periodos de vida útil correspondientes a las muestras que fueron sometidas a los diferentes tratamientos antioxidantes (expresados en términos de concentración de la solución de inmersión y tiempo de contacto) se informan en la Tabla XX.

De la Tabla surge que la mejor condición de tratamiento con posterior envasado en polietileno la constituye el bisulfito de sodio 1.7 % durante 30 seg., correspondiente a 219 ppm SO₂ inicial (Fig. 6) dado que presenta una vida útil de 12 días limitada por alteración de tipo microbiano manteniendo los otros parámetros de calidad en forma aceptable.

Además debe considerarse que a ese tiempo de almacenamiento, el valor de SO₂ residual según lo expuesto en el Capítulo 3 se reduce a 40 ppm SO₂ debido a la permeabilidad de la película de envase (Fig. 8) obteniéndose niveles de SO₂ dentro de los permitidos internacionalmente. Otra opción la constituye la combinación de bisulfito de sodio con ácido cítrico (0.5 %/0.5 %) con un residuo inicial de 140 ppm SO₂ que permite obtener una vida útil de 7,5 días.

Tabla XX: Periodos de vida útil para papas tratadas con diferentes soluciones antioxidantes envasadas en polietileno y almacenadas a 4°C.

Tratamiento	Concentración % P/V	Tiempo de inmersión (seg)	Vida útil (días)	Tipo de alteración que limita la vida útil
Control			< 1	pardeamiento
SO ₃ HNa	0.5	60	5,5	Recuento microbiano > 10 ⁸ UFC/cm ²
	0.8	30	5,5	Recuento microbiano > 10 ⁸ UFC/cm ²
	1.9	30	12	Recuento microbiano > 10 ⁸ UFC/cm ²
Acido cítrico	0.5	60	3	Pardeamiento
	5.0	60		*
Ac. ascórbico	0.5	60	3	Pardeamiento
	5.0	60		*
Eritorbato de sodio	0.5	60	3	Pardeamiento
	5.0	60	4-5	Pardeamiento

SO ₃ HNa/citrico	0.5/0.5	60	7.5	Recuento microbiano > 10 ⁶ UFC/cm ²
Eritorbato de sodio/ácido cítrico	1/1 2/2 0.5/5 5/2	60 60 60 60	< 3 < 3 5	pardeamiento pardeamiento * pardeamiento
Acido ascorbico	2/2	60		*
Acido ascorbico/ Ac. cítrico/Sorbato de potasio	1/1/0.2	60	3	pardeamiento

* Sabor inicial rechazable y pardeamiento a los tres días

Esto nos lleva a decir, que el empleo de películas permeables al oxígeno debe realizarse conjuntamente con un tratamiento de bisulfito de sodio no pudiendo ser reemplazado por ninguna de las otras alternativas ensayadas si se desea obtener un producto en buenas condiciones por un período entre 7 - 12 días a temperatura de 4°C.

5.4 Efecto de distintos preservadores químicos en la calidad microbiológica de papas pre-peladas envasadas en películas de baja permeabilidad gaseosa.

El empleo de películas de baja permeabilidad gaseosa no produce modificaciones en el desarrollo de color en el producto ya que ΔE es menor que 4 según lo indicado en la Tabla XI siendo el factor de calidad más importante en este tipo de películas el referido al desarrollo microbiano. Esto fue analizado durante el almacenamiento a 4°C en papas tratadas con ácido cítrico, ácido ascórbico y eritorbato de sodio en forma aislada o por combinación de estos o con bisulfito de sodio.

5.4.1 Acido citrico

Los recuentos de microorganismos totales presentes en papas pre-peladas tratadas con diferentes concentraciones de ácido cítrico, envasadas al vacío en películas de baja permeabilidad al oxígeno y almacenadas a 4°C, se presentan en la Fig. 38.

En este tipo de películas, valores de 10^6 UFC/cm² se alcanzan a los 9 y 13 días de almacenamiento en papas conteniendo 0.258 y 0.277 g ácido cítrico/100 g de papa. La condición más inhibitoria se produce al sumergir las papas en una solución al 5% (0.547 g ácido cítrico/100 g papa) existiendo efecto bactericida, sin embargo, las papas presentaron después de su cocción alteraciones en el sabor que fueron fácilmente detectadas.

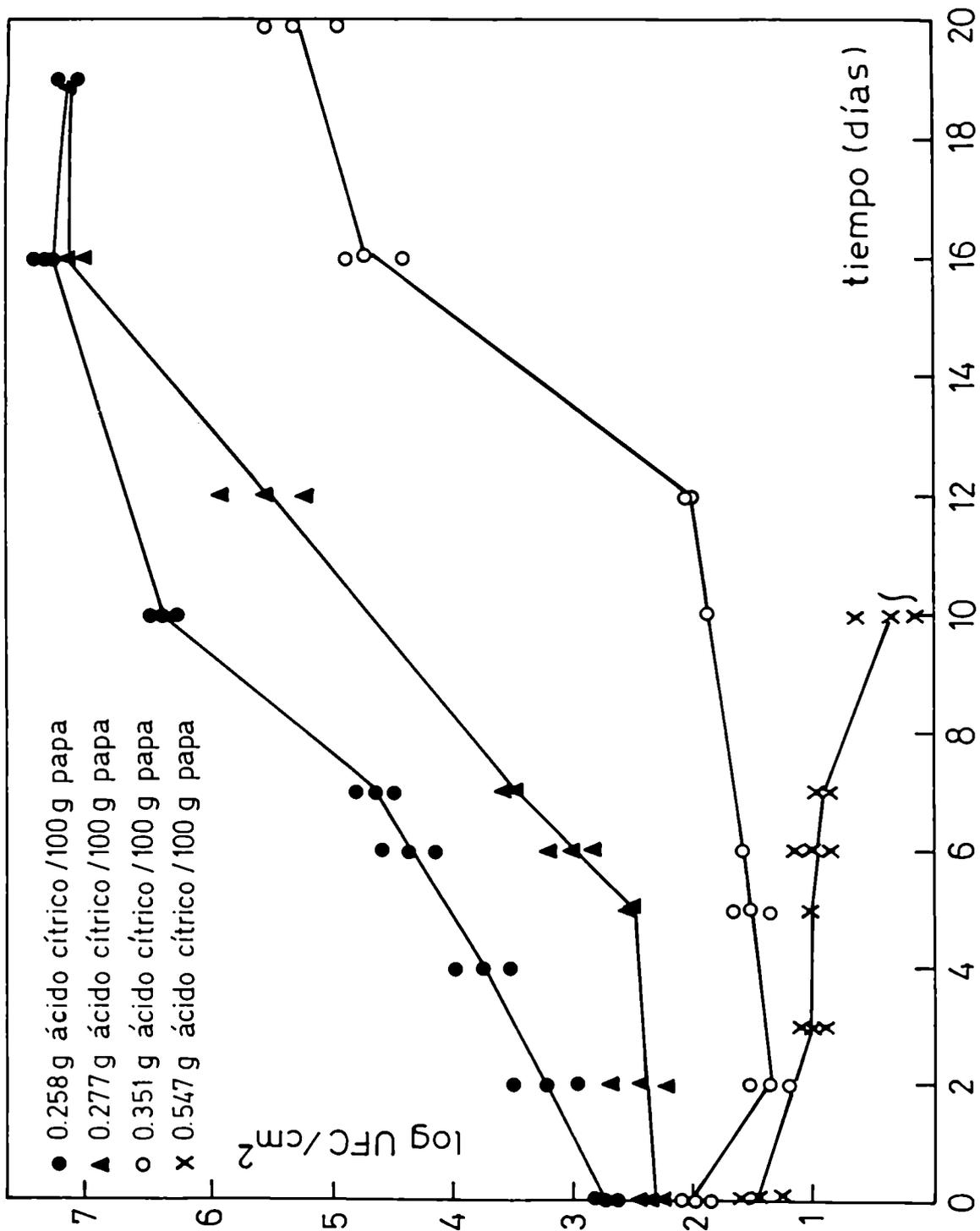


Fig. 38: Efecto de diferentes concentraciones de ácido cítrico sobre el desarrollo de microorganismos totales presentes en papas pre-peladas envasadas en EVA-SARAN-EVA y almacenadas a 4°C

Para cada tratamiento, el valor de la pendiente del crecimiento microbiano μ^* y del tiempo de latencia (θ^*) para los microorganismos totales desarrollados se presentan en la Fig. 39. Puede observarse que el aumento en la concentración de ácido cítrico produce un efecto inhibitorio en el desarrollo microbiano dado por una extensión en la fase de latencia (llegando a 12 días para residuos de 0.351 g/100 de papa conjuntamente con una disminución en la pendiente del desarrollo microbiano μ^* .

Con residuos de 0.547 g cítrico/100 g papa se obtienen valores de μ^* negativos lo que indica efecto bactericida.

Las muestras conteniendo 0.351 g ácido cítrico/100 g de papa corresponden a la condición más favorable ya que los microorganismos tardan 15 días en llegar la fase estacionaria siendo los recuentos de 10^5 UFC/cm² manteniéndose los otros parámetros de calidad del producto en límites aceptables en buenas condiciones organolépticas sin riesgo higiénico sanitario.

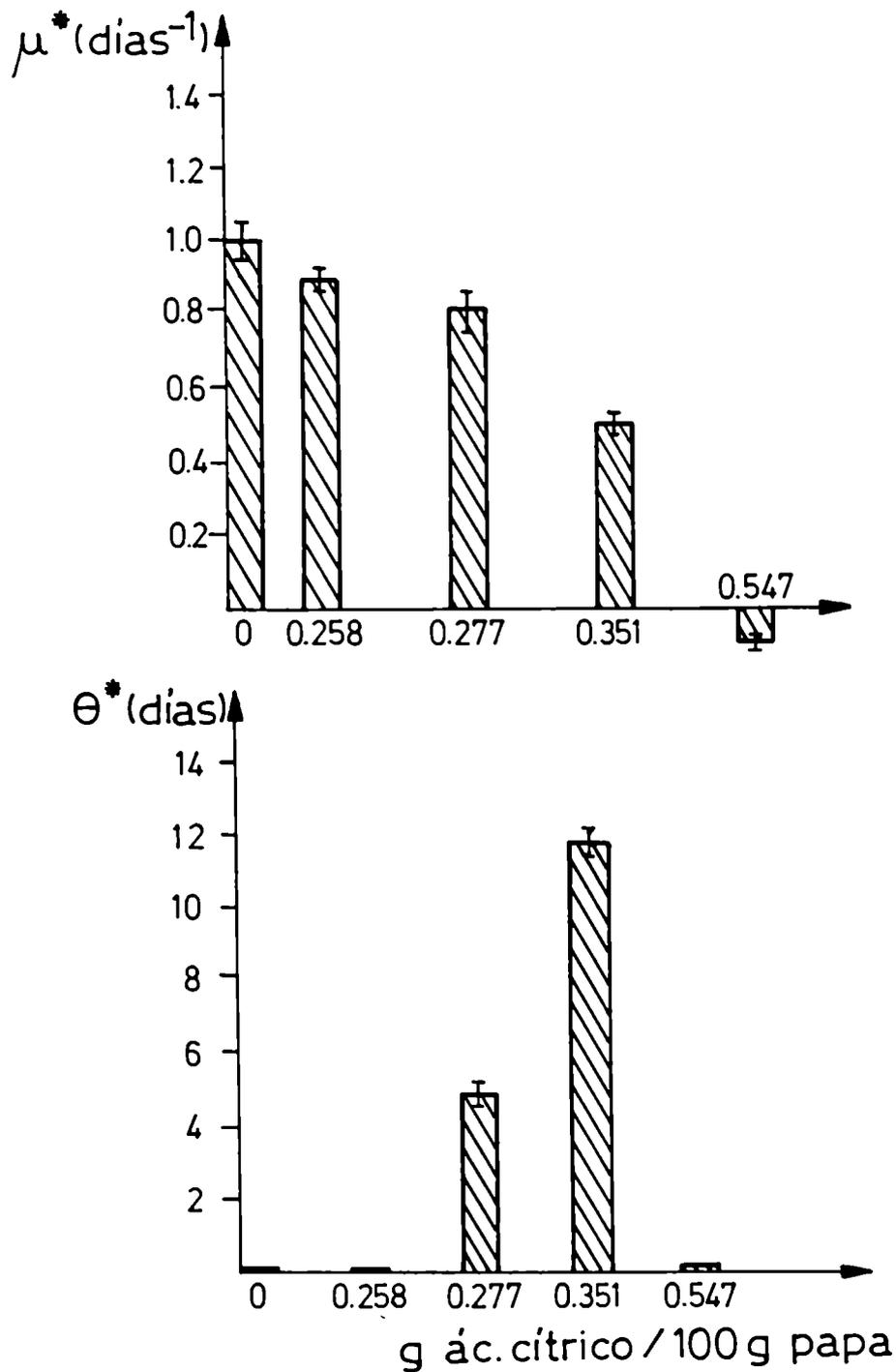


Fig. 39: Efecto del ácido cítrico sobre la pendiente del desarrollo microbiano μ^* y sobre el tiempo de latencia θ^* de los microorganismos totales presentes en papas pre-peladas envasadas en EVA-SARAN-EVA y almacenadas a 4°C

5.4.2 Acido ascórbico

Los recuentos de microorganismos totales presentes en papas pre-peladas tratadas con diferentes concentraciones de ácido ascórbico, envasadas al vacío en películas de baja permeabilidad gaseosa y almacenados a 4°C se presentan en la Fig. 40. Puede observarse que recuentos microbianos de 10^8 UFC/cm² se alcanzan luego de 8 días de almacenamiento para papas conteniendo 0.129 g de ácido ascórbico/100 g papa; las muestras conteniendo mayores concentraciones de ácido ascórbico, no alcanzaron esos recuentos durante el almacenamiento.

El efecto inhibitorio de mayores residuos de ácido ascórbico (0.213 y 0.469 g ascórbico 100 g papas) se manifiesta en el tiempo necesario para alcanzar la fase estacionaria que varía entre 18-20 días alcanzándose recuentos máximos inferiores a 10^4 UFC/cm².

La Fig. 41 muestra el valor de μ^* y θ^* para estas condiciones donde se observan que muestras conteniendo 0.129 g ascórbico/100 g papa presentan un comportamiento similar al control dado por los valores de μ^* ; sin embargo el efecto inhibitorio del preservador se manifiesta en la extensión de la fase de latencia.

Con valores residuales entre 0.213 y 0.469 g/100 g de papa el efecto inhibitorio se traduce en una reducción de los valores de μ^* (que resultaron ser la mitad del valor de μ^* del control) y en la extensión de la fase de latencia (θ^* : 11 días). Sin embargo, residuos de 0.469 g/100 g de papa son perceptibles al sabor luego del proceso de cocción.

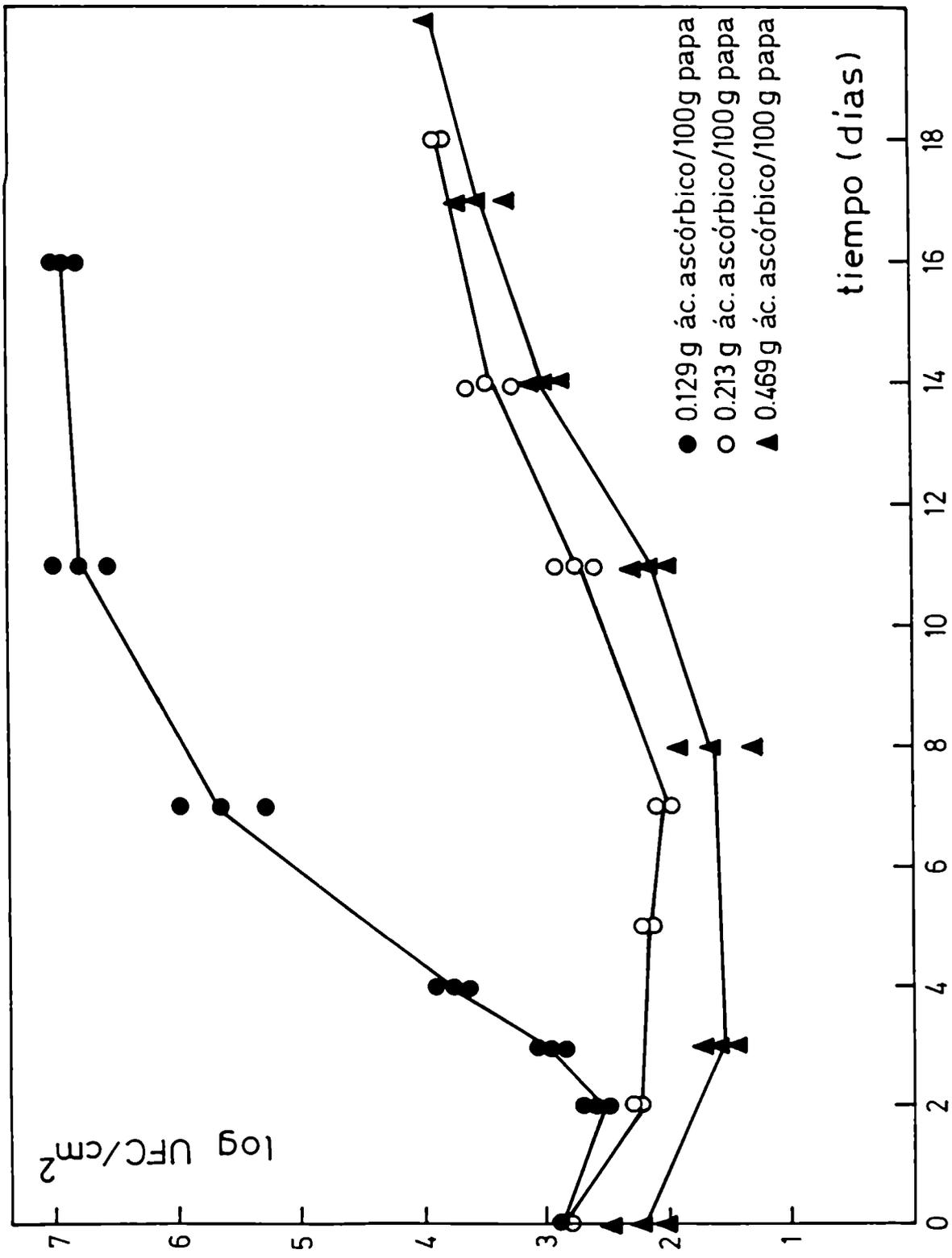


Fig. 40: Efecto de diferentes concentraciones de ácido ascórbico en el desarrollo de microorganismos totales presentes en papas pre-peladas envasadas en EVA-SARAN-EVA y almacenadas a 4°C

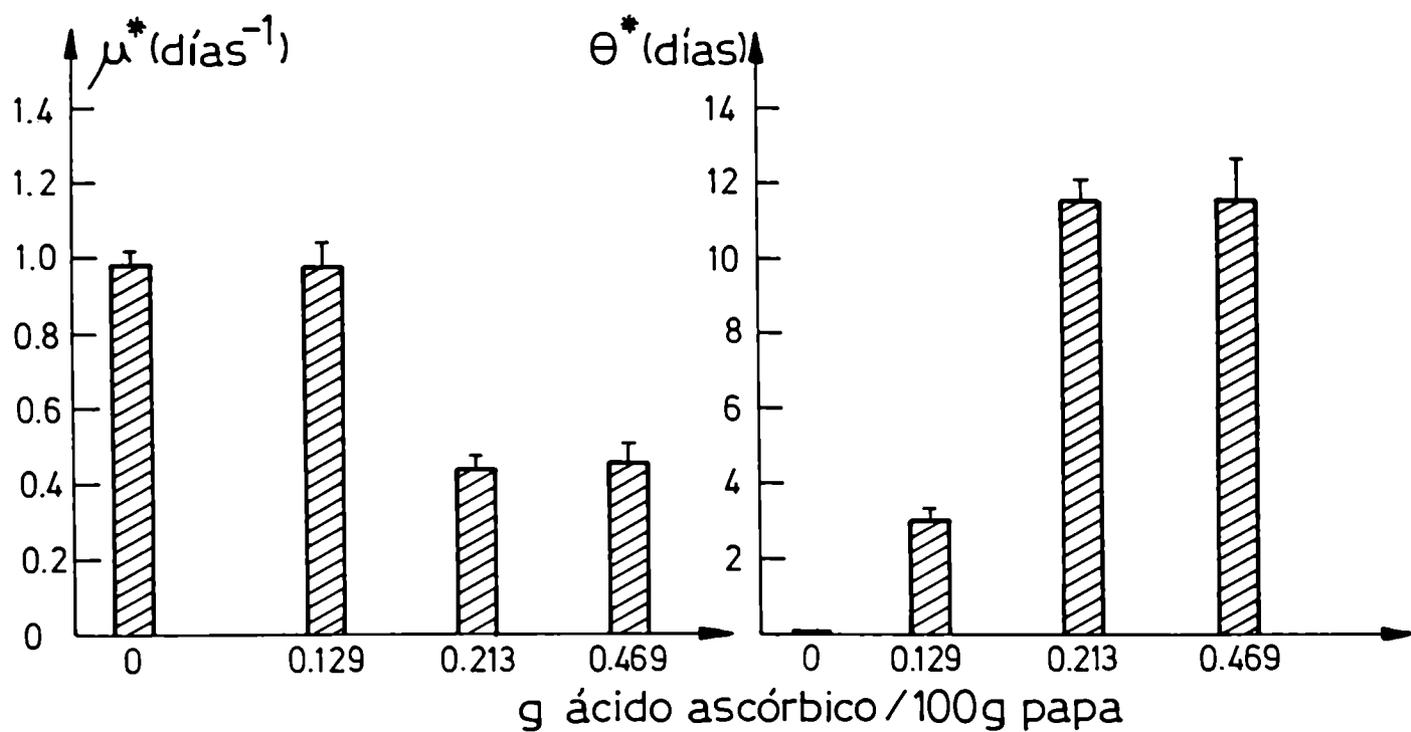


Fig. 41: Influencia del ácido ascórbico sobre los parámetros μ^* y θ^* de los microorganismos totales presentes en papas pre-peladas envasadas al vacío en películas de baja permeabilidad gaseosa y almacenadas a 4°C.

La condición más favorable al empleo de ascórbico se obtiene con 2 % en el baño de inmersión (0.213 g/100g papa) presentando recuentos microbianos totales de 10^4 UFC/cm² sin producir alteraciones apreciables en las características organolépticas luego de 20 días de almacenamiento. Estos resultados coinciden con O'Beirne y col (1987) que encontraron una reducción sustancial en los recuentos totales luego de 14 días de almacenamiento a 5°C de papas pre-peladas tratadas con ácido ascórbico y envasados en películas de baja permeabilidad gaseosa.

Comparando los preservadores analizados (ácido cítrico y ácido ascórbico) se observa que el ácido cítrico ejerce mayor inhibición microbiana a igual concentración de la solución de inmersión 5 % (Fig. 38 y 40).

5.4.3 Eritorbato de sodio

Los recuentos de microorganismos totales presentes en papas pre-peladas tratadas con diferentes concentraciones de eritorbato de sodio, envasadas al vacío en películas de baja permeabilidad al oxígeno y almacenadas a 4°C se presentan en la Fig. 42.

Puede observarse que el eritorbato de sodio no ejerce un fuerte efecto inhibitor de tipo microbiano alcanzándose recuentos de 10^6 UFC/cm² entre los 8.5 y 9.5 días de almacenamiento en el rango de concentraciones ensayadas. El análisis estadístico de las cinéticas de desarrollo microbiano no indica que existan diferencias significativas.

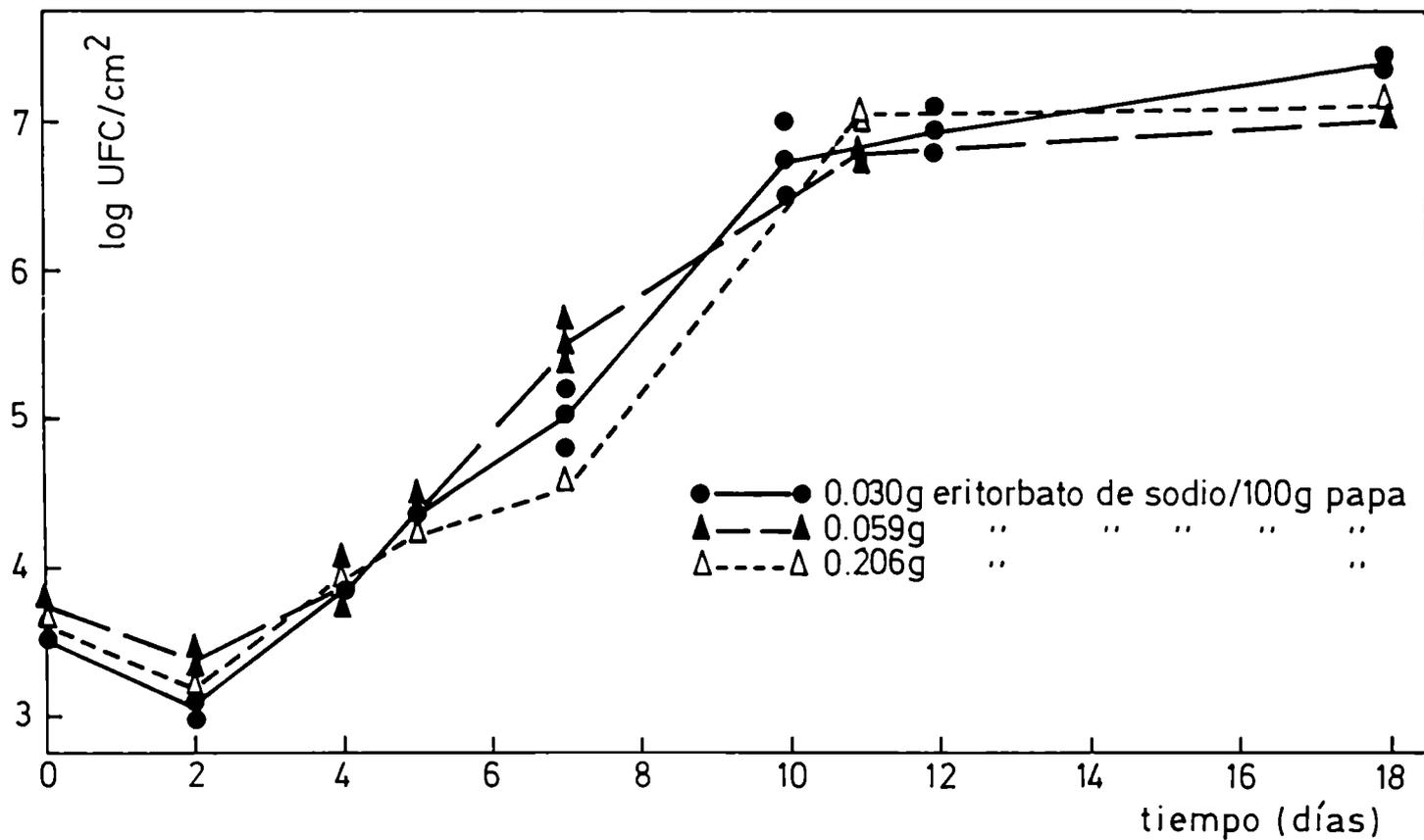


Fig. 42: Efecto de diferentes concentraciones de eritorbato de sodio en el desarrollo de microorganismos totales presentes en papas pre-peladas envasadas en EVA-SARAN-EVA y almacenadas a 4°C.

Asimismo, los valores de μ^* obtenidos para las diferentes concentraciones resultan practicamente independientes de la concentración de preservador empleado (Fig. 43) ejerciendose un leve efecto en el parámetro θ^* . Como puede observarse en la Tabla XVI el pH de las soluciones de eritorbato de sodio (0.5 - 5 %) fue cercano a la neutralidad permitiendo el desarrollo microbiano; por otra parte, el efecto reductor que presenta el eritorbato a través de la captura del oxígeno no presenta influencia en la pendiente del crecimiento microbiano. Esto indica que el empleo de películas de baja permeabilidad gaseosa conjuntamente con eritorbato de sodio no ejerce efecto inhibitor en el desarrollo microbiano.

5.4.4 Efecto de la combinación de los preservadores sobre la calidad microbiológica de papas pre-peladas

Del estudio realizado sobre la calidad microbiológica en papas tratadas con diferentes preservadores surge la posibilidad de aumentar o potenciar los efectos inhibidores en el desarrollo microbiano mediante el empleo de los distintas combinaciones de los preservadores ya analizados anteriormente en forma individual.

Así se ensayaron posibles mezclas en las cuales se sumergieron por 60 seg. las papas pre-peladas. Las mezclas realizadas fueron:

- Mezclas con bisulfito de sodio: ácido cítrico/ bisulfito de sodio (0.5 %/0.5 %)

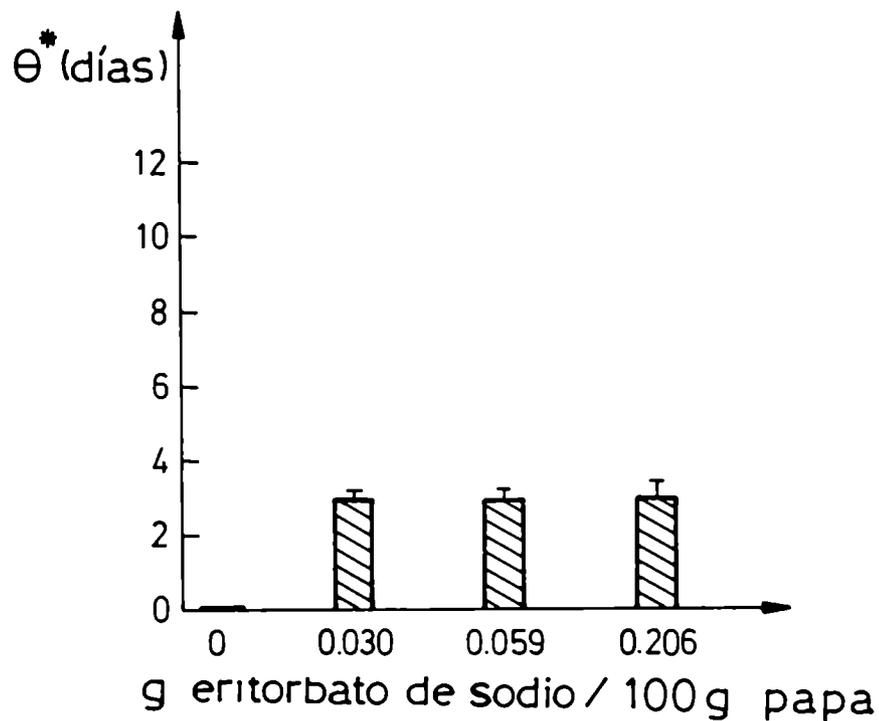
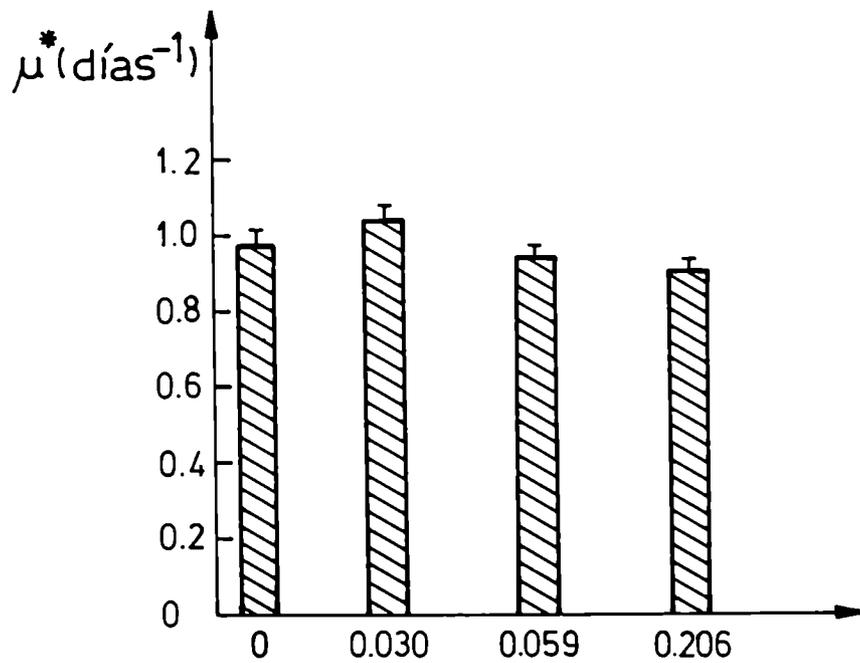


Fig. 43: Efecto del valor residual de eritorbato de sodio sobre los parámetros μ^* y θ^* de los microorganismos totales presentes en papas pre-peladas envasadas EVA-SARAN-EVA y almacenadas a 4°C.

Mezclas de eritorbato de sodio con ácido cítrico: (0.5 %/5 %),
(1 %/1 %) y (2%/2%)

- Mezclas triples ácido cítrico/ácido ascórbico/ sorbato de potasio (1%/1%/0.2%)

5.4.4.1 Combinación de ácido cítrico/ bisulfito de sodio (0.5%/0.5%)

Los recuentos de microorganismos totales presentes en papas tratadas durante 60 seg. con solución combinada de ácido cítrico y bisulfito de sodio (0.5%/0.5%) envasadas al vacío en películas de baja permeabilidad al oxígeno y almacenadas a 4°C se presentan en la Fig. 44. La Fig. incluye los recuentos microbianos correspondientes a la aplicación de los preservadores en forma individual.

Puede observarse que los recuentos microbianos obtenidos para las papas tratadas con solución combinada (ácido cítrico/bisulfito de sodio) resultaron ser menores que los correspondientes a las muestras tratadas con ácido cítrico 0.5 % y bisulfito de sodio 0.5 % en forma separada. Recuentos de 10^8 UFC/cm² fueron obtenidos a los 9 y 20 días para las muestras tratadas con las soluciones individuales, sin embargo, las muestras tratadas con la solución combinada los valores no superaron niveles de 10^5 UFC/cm² durante el almacenamiento que se prolongó por 20 días.

Los parámetros cinéticos μ^* y θ^* obtenidos de las curvas correspondiente se presentan en la Tabla XXI

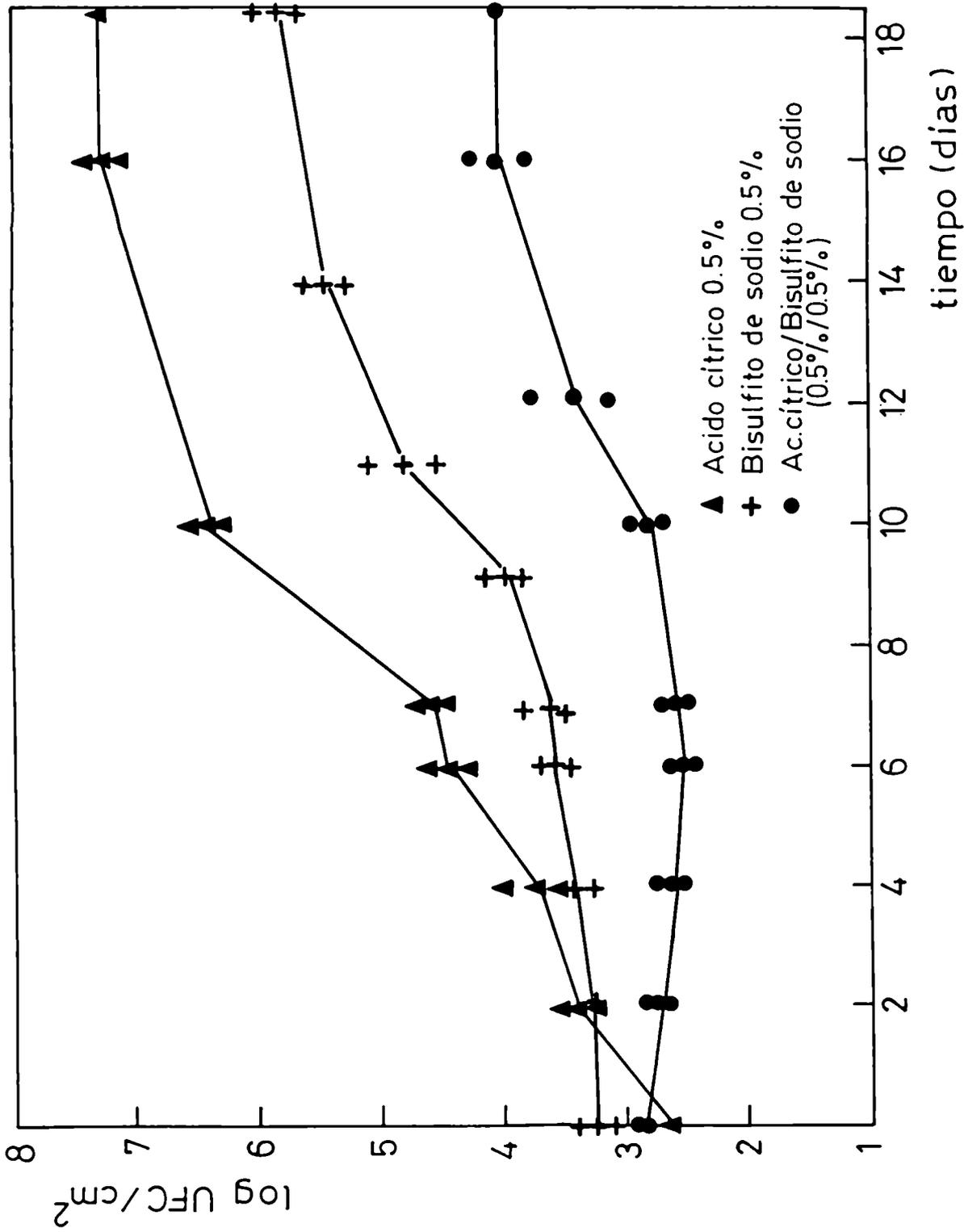


Fig. 44: Efecto del agregado de ácido cítrico a la solución de bisulfito de sodio sobre el desarrollo microbiano en papas pre-peladas envasadas en película de baja permeabilidad gaseosa y almacenadas a 4°C.

Tabla XXI: Efecto de la combinación de los preservadores (cítrico/bisulfito de sodio) sobre los parámetros cinéticos (μ^* y θ^*)

Tratamiento	μ^* (día ⁻¹)	θ^* (días)
ácido cítrico 0.5 %	0.78 ± 0.07	0
bisulfito de sodio 0.5 %	0.43 ± 0.07	7 ± 0.5
ácido cítrico/bisulfito de sodio (0.5%/0.5%)	0.37 ± 0.07	10 ± 0.5

De la Fig. 44 podría inferirse que la solución combinada de bisulfito de sodio con ácido cítrico presenta efectos sinérgicos en la inhibición microbiana. En el Apéndice IV se señala el método empleado para la determinación del sinérgismo desde el punto de vista estadístico. A través del mismo se ha demostrado la no existencia de sinérgismo, resultando que el efecto inhibitorio de la solución combinada no difiere significativamente del efecto suma de cada preservador por separado, Apéndice IV a).

La información obtenida referente a los recuentos de microorganismos totales presentes en papas pre-peladas envasadas en EVA-SARAN-EVA almacenados a 4°C las cuales fueron tratadas con bisulfito de sodio en diferentes concentraciones y tiempos de inmersión así como en presencia o ausencia de ácido cítrico se presenta en la Fig. 45. La Fig. surge de la superposición de las Figs. 19 y 44 observándose que el efecto inhibitorio es debido al SO₂ residual.

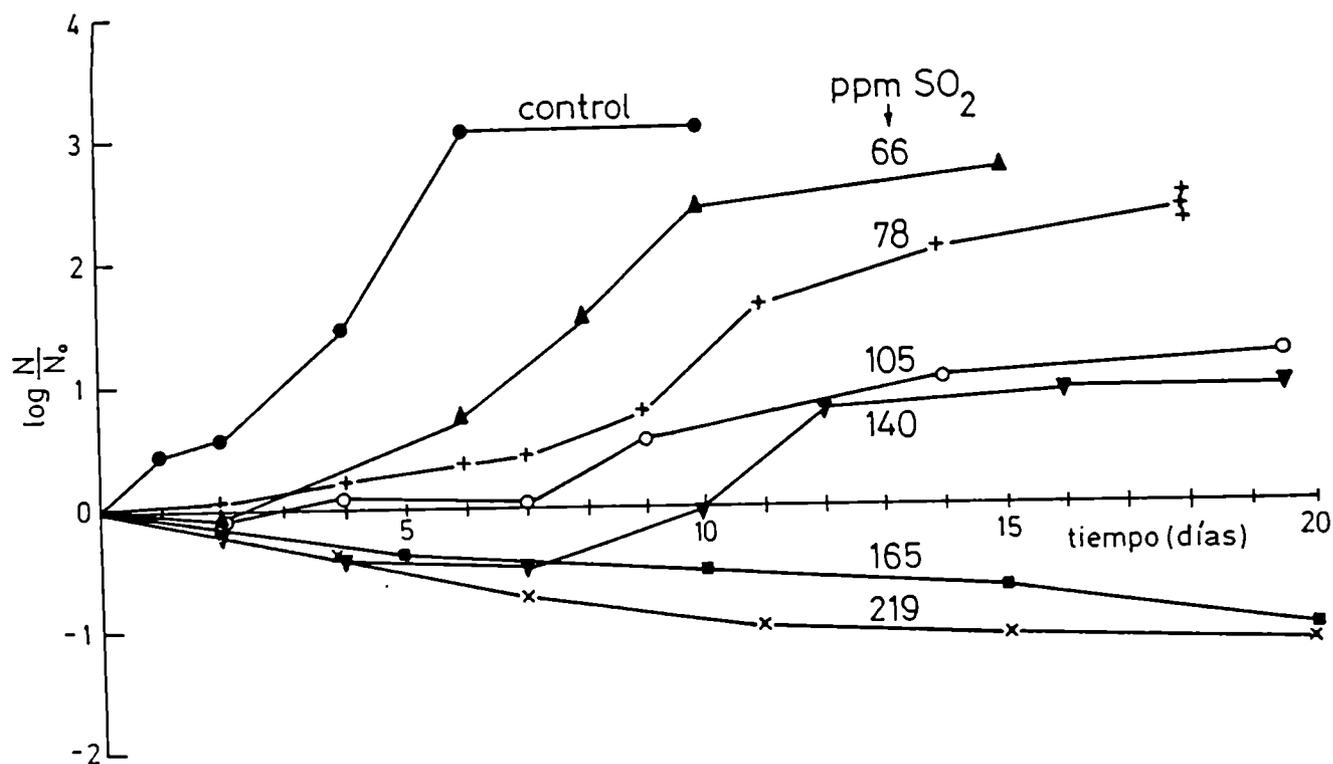


Fig. 45: Efecto del SO_2 sobre los microorganismos totales en papas pre-peladas envasadas en películas de baja permeabilidad gaseosa y almacenadas a 4°C . ● Control; ▲ 66 ppm SO_2 (0.5% NaSO_3H ; 30 seg); ⊕ 78 ppm SO_2 (0.5 % NaSO_3H ; 60 seg); ○ 105 ppm SO_2 (0.8 % NaSO_3H ; 30 seg); ▼ 140 ppm SO_2 (ác. cítrico/ NaSO_3H 0.5%/0.5%), 60 seg; ■ 165 ppm SO_2 (1.2 % NaSO_3H ; 30 seg); × 219 ppm SO_2 (1.7 % NaSO_3H ; 30 seg).

Así con residuos entre 66 y 78 ppm SO₂; los microorganismos incrementan los recuentos microbianos de 2 - 2,5 ciclos, con residuos entre 105 - 140 ppm SO₂ los recuentos microbianos aumentan un ciclo logarítmico y con residuos 165 - 219 ppm SO₂ el efecto es bactericida.

5.4.4.2 Mezclas de ácido cítrico con eritorbato de sodio

Se utilizaron soluciones combinadas de diferente concentración de los preservadores analizados individualmente

a) Eritorbato de sodio/ácido cítrico (1%/1%)

Los recuentos de microorganismos totales presentes en papas envasadas al vacío en EVA-SARAN-EVA y almacenadas a 4°C las cuales fueron tratadas durante 60 segundos con solución combinada de eritorbato de sodio/ácido cítrico (1%/1%) así como los recuentos microbianos correspondientes a la aplicación de cada preservador en forma individual se presentan en la Fig. 46. Recuentos de 10⁶ UFC/cm² fueron obtenidos a los 9 días de almacenamiento para las papas tratadas con eritorbato de sodio 1% y a los 13 y 13,5 días para las papas tratadas con solución combinada y con ácido cítrico 1% respectivamente. Puede observarse que las curvas de crecimiento microbiano correspondientes a los tratamientos con ácido cítrico 1% y con la solución combinada no difieren significativamente ($p < 0.05$) indicando que el eritorbato de sodio al 1% no incrementa la inhibición que ejerce el ácido cítrico.

Los parámetros cinéticos, μ^* y θ^* correspondientes a los distintos tratamientos se presentan en la Tabla XXII.

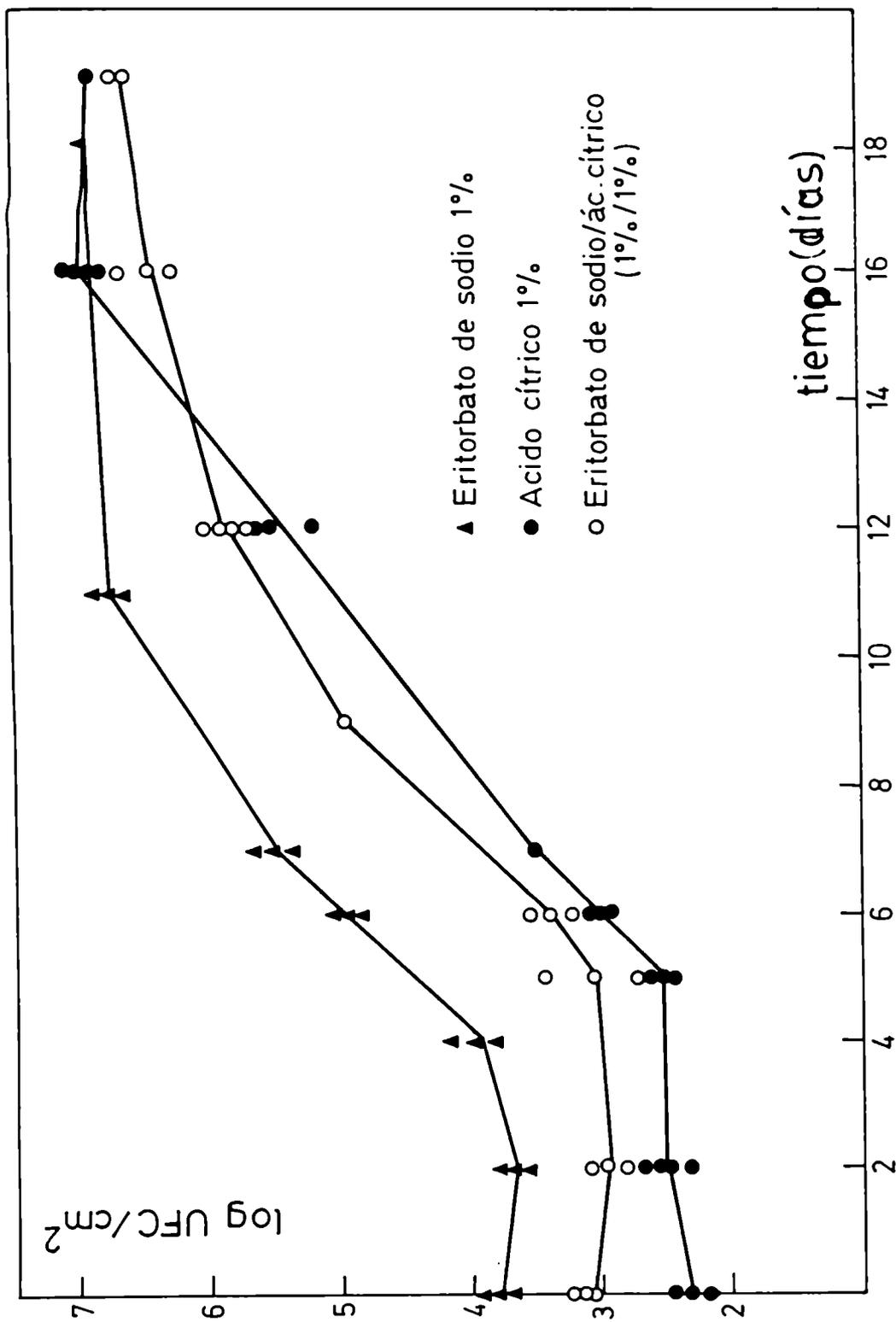


Fig. 46: Recuento de microorganismos totales presentes en papas pre-peladas tratadas durante 60 seg con solución de eritorbato de sodio 1 %, ácido cítrico 1 % y con solución combinada de eritorbato de sodio/ácido cítrico (1%/1%) envasadas en EVA-SARAN-EVA y almacenadas a 4°C

Tabla XXII: Efecto de la combinación de preservadores químicos (Eritorbato de sodio/ácido cítrico 1%/1%) sobre los parámetros cinéticos μ^* y θ^*

Tratamiento	μ^* (día ⁻¹)	θ^* (días)
Eritorbato de sodio 1%	0.92 ± 0.06	3 ± 0.5
Acido cítrico 1%	0.81 ± 0.06	5 ± 0.4
Eritorbato de sodio/ácido cítrico (1%/1%)	0.74 ± 0.08	5 ± 0.3

De acuerdo al análisis estadístico, puede observarse que las μ^* y θ^* obtenidos empleando la solución combinada no presentaron diferencias significativas respecto de las obtenidas con ácido cítrico 1%.

Esto nos indicaría que la combinación de estos preservadores no resulta ventajosa en la inhibición microbiana respecto a la obtenida utilizando ácido cítrico solamente.

b) Eritorbato de sodio/ácido cítrico (2%/2%)

Los recuentos de microorganismos totales presentes en papas envasadas al vacío en EVA-SARAN-EVA almacenadas a 4°C las cuales fueron tratadas durante 60 segundos con solución combinada de eritorbato de sodio/ácido cítrico (2%/2%) así como los recuentos microbianos correspondientes a cada tratamiento por separado se presentaron en la Fig. 47.

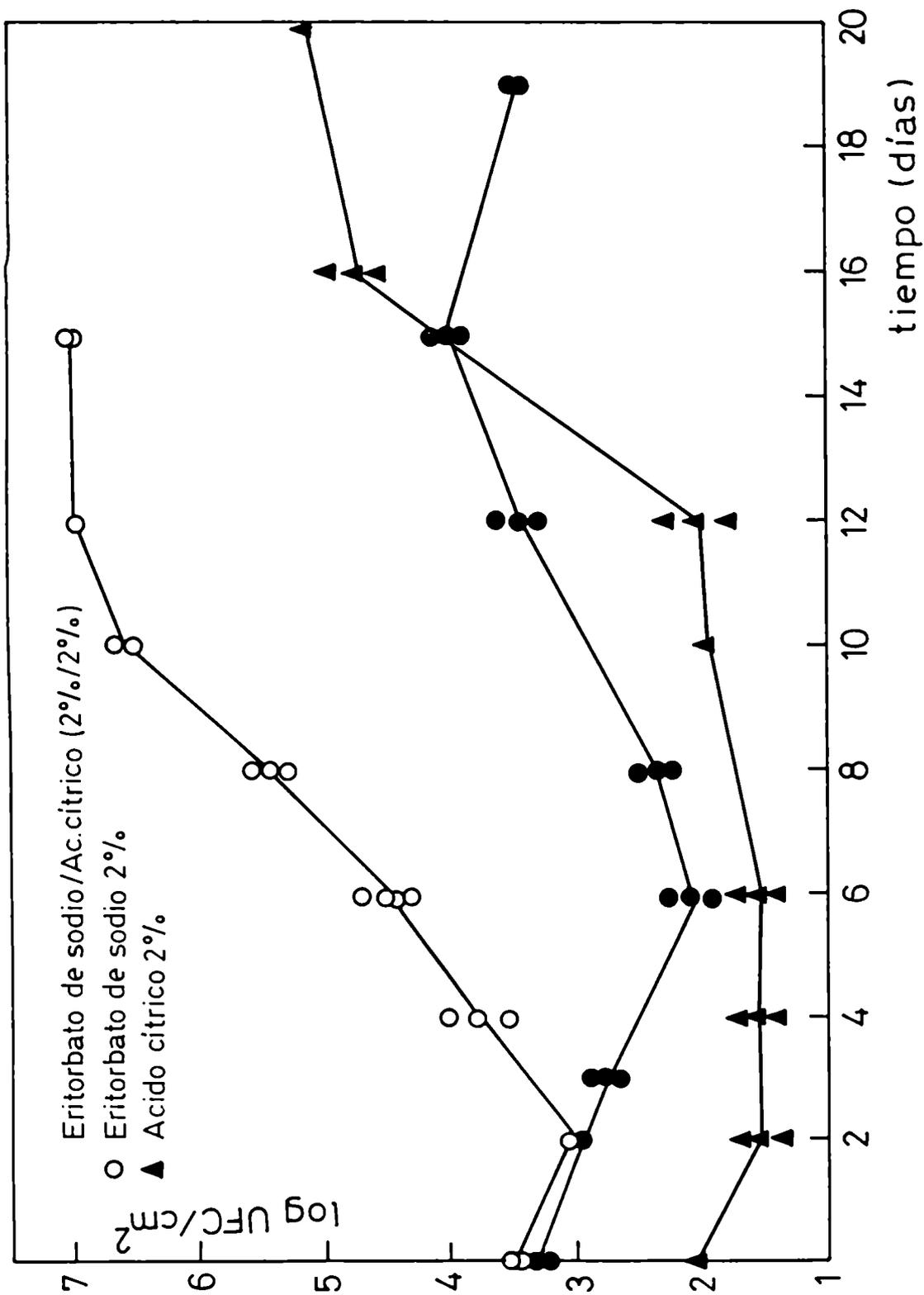


Fig. 47: Recuento de microorganismos totales presentes en papas pre-peladas envasadas al vacío en EVA-SARAN-EVA y almacenadas a 4°C las cuales fueron tratadas durante 60 seg con solución de eritorbato de sodio 2 %, ácido cítrico 2 % y solución combinada de ácido cítrico/eritorbato de sodio 2 %/2 %

Puede observarse que las curvas de crecimiento microbiano en papas tratadas con la solución combinada no presenta diferencias significativas ($p < 0.05$) a las obtenidas en papas tratadas con ácido cítrico 2% en forma individual indicando que la combinación de los preservadores no incrementa la inhibición microbiana respecto de la producida empleando las soluciones individuales.

Las papas tratadas con la solución combinada (eritorbato/cítrico 2%/2%) así como con la solución de ácido cítrico 2% alcanzaron recuentos de 10^4 UFC/cm² a los 15 días de almacenamiento, mientras que para las papas tratadas con eritorbato de sodio 2% esos recuentos se obtuvieron en sólo 4.5 días.

Los valores de μ^* y θ^* correspondientes a los distintos tratamientos se presentan en la Tabla XXIII.

Tabla XXIII: Efecto de la combinación de preservadores químicos (eritorbato de sodio/ ácido cítrico 2%/2%) sobre los parámetros cinéticos μ^* y θ^*

Tratamiento	μ^* (día ⁻¹)	θ^* (días)
Eritorbato de sodio 2%	0.92 ± 0.07	3,2 ± 0.5
Acido cítrico 2%	0.52 ± 0.08	12 ± 0.4
Eritorbato de sodio/ácido cítrico (2%/2%)	0.51 ± 0.07	12 ± 0.3

De la Tabla surge que la acción inhibitoria de la solución de ácido cítrico 2% resulta similar a la de la solución combinada

(eritorbato de sodio/ac. cítrico). Cabe destacar que los otros parámetros de calidad (textura, producción de exudado) se mantuvieron dentro de valores normales durante el almacenamiento.

c) Eritorbato de sodio/ácido cítrico (0.5%/5%)

Los recuentos de microorganismos totales presentes en papas tratadas durante 60 segundos con solución combinada de eritorbato de sodio/ácido cítrico (0.5%/5%) así como los recuentos microbianos correspondientes a la aplicación de cada tratamiento por separado, y envasadas al vacío en películas de baja permeabilidad gaseosa y almacenadas a 4°C se presentan en la Fig. 48.

Puede observarse la fuerte inhibición microbiana producida por el tratamiento con la solución de ácido cítrico 5% que resulta bactericida, así como en el empleo solución combinada.

La Tabla XXIV informa los valores de μ^* y θ^* obtenidos para los diferentes tratamientos.

Tabla XXIV: Efecto de la combinación de preservadores químicos Eritorbato de sodio/ácido cítrico (0.5%/5%) sobre los parámetros μ^* y θ^*

Tratamiento	μ^* (día ⁻¹)	θ^* (días)
Eritorbato de sodio 0.5%	0.92 ± 0.07	3,5 ± 0.5
Acido cítrico 5%	-0.164 ± 0.04	0
Eritorbato de sodio/ácido cítrico (0.5%/5%)	-0.365 ± 0.1	0

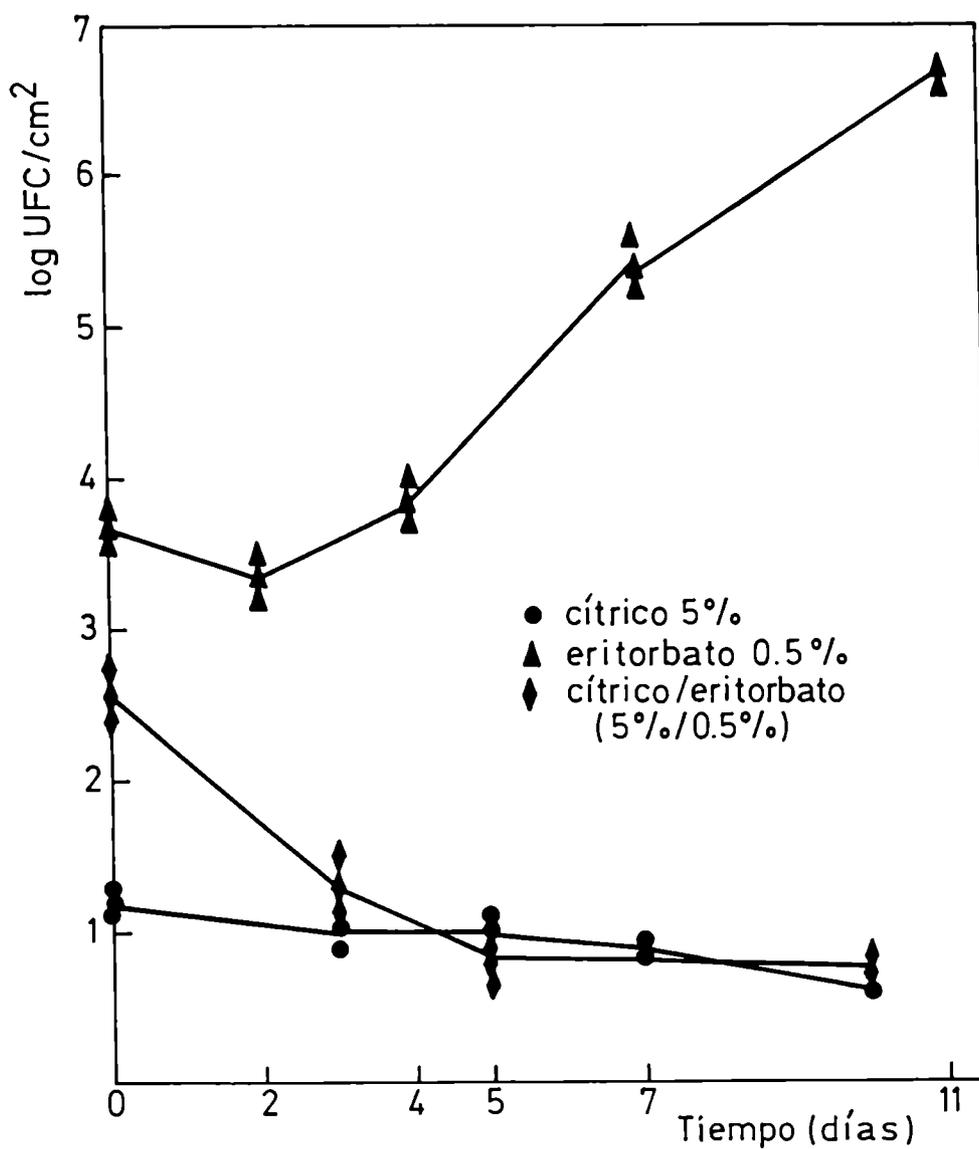


Fig. 48: Recuento de microorganismos totales presentes en papas pre-peladas envasadas al vacío en EVA-SARAN-EVA y almacenadas a 4°C las cuales fueron tratadas durante 60 seg con solución de eritorbato de sodio 0.5 %, ácido cítrico 5 % y con la solución combinada de eritorbato de sodio/ácido cítrico 0.5 %/5 %

El análisis anterior conduciría a pensar que el empleo de solución combinada de eritorbato de sodio/ac. cítrico (0.5%/5%) disminuye los niveles microbianos en forma apreciable siendo una opción interesante al reemplazo del bisulfito de sodio ya que además no se observan alteraciones en la textura ni excesiva acumulación de exudado en el envase, sin embargo, las muestras presentaron sabores que fueron fácilmente detectados por un panel luego del proceso de cocción.

En las tres combinaciones de eritorbato de sodio/ácido cítrico ensayadas los recuentos microbianos resultaron intermedios a los obtenidos mediante el empleo de las soluciones en forma separada pudiendo esto deberse a que el agregado de eritorbato de sodio produce un aumento en el pH de la solución de inmersión. Así, el pH de las soluciones de ácido cítrico al 5 %, 2 % y 1 % fue de 1.92, 2.30, 2.44 respectivamente (Tabla XIV) mientras que el agregado de eritorbato de sodio modificó el pH de las soluciones combinadas a valores entre 3.5 - 4 ejerciendo menor efecto inhibitor. Esto indica que la combinación de preservadores no mejora las características del producto siendo preferible el empleo de la solución de ácido cítrico inividualmente.

5.4.4.3 Mezclas triples: ácido cítrico/ácido ascórbico/sorbato de potasio (1%/1%/0.2%)

Los recuentos de microorganismos totales presentes en papas tratadas durante 60 segundos con solución combinada de ácido cítrico/ácido ascórbico/sorbato de potasio (1%/1%/0.2%) envasadas al vacío en películas de baja permeabilidad al oxígeno y almacenadas a 4°C, se presentan en la Fig. 49. Asimismo se mues-

tran los recuentos microbianos correspondiente al tratamiento de cada uno de los preservadores en forma individual.

Puede observarse que los recuentos microbianos obtenidos en papas tratadas con solución combinada resultaron menores que los obtenidos en papas tratadas con los preservadores individuales. Así, recuentos microbianos 10^8 UFC/cm² se obtuvieron a los 8, 9 y 13 días para las papas tratadas con ácido ascórbico 1%, sorbato de potasio 0.2 % y ácido cítrico 1% respectivamente. Sin embargo con la solución combinada de estos tres preservadores, no se alcanzaron recuentos superiores a 10^4 UFC/cm² durante el almacenamiento. Puede observarse además que las curvas de crecimiento microbiano correspondientes al tratamiento realizado con ácido ascórbico 1% y con sorbato de potasio 0.2 % no difieren significativamente ($p < 0.05$).

Los parámetros cinéticos μ^* y θ^* correspondiente a los distintos tratamientos, se presentan en la Tabla XXV.

Tabla XXV: Efecto de la combinación de preservadores químicos sobre los parámetros cinéticos del desarrollo microbiano μ^* y θ^*

Tratamiento	μ^* (día ⁻¹)	θ^* (días)
Acido cítrico 1 %	0.92 ± 0.06	3 ± 0.5
Acido asoórbico 1%	0.99 ± 0.1	2 ± 0.5
Sorbato de potasio 0.2 %	0.73 ± 0.05	2 ± 0.5
Cítrico/ascórbico/sorbato de potasio (1%/1%/0,2%)	0.60 ± 0.05	7 ± 0.4

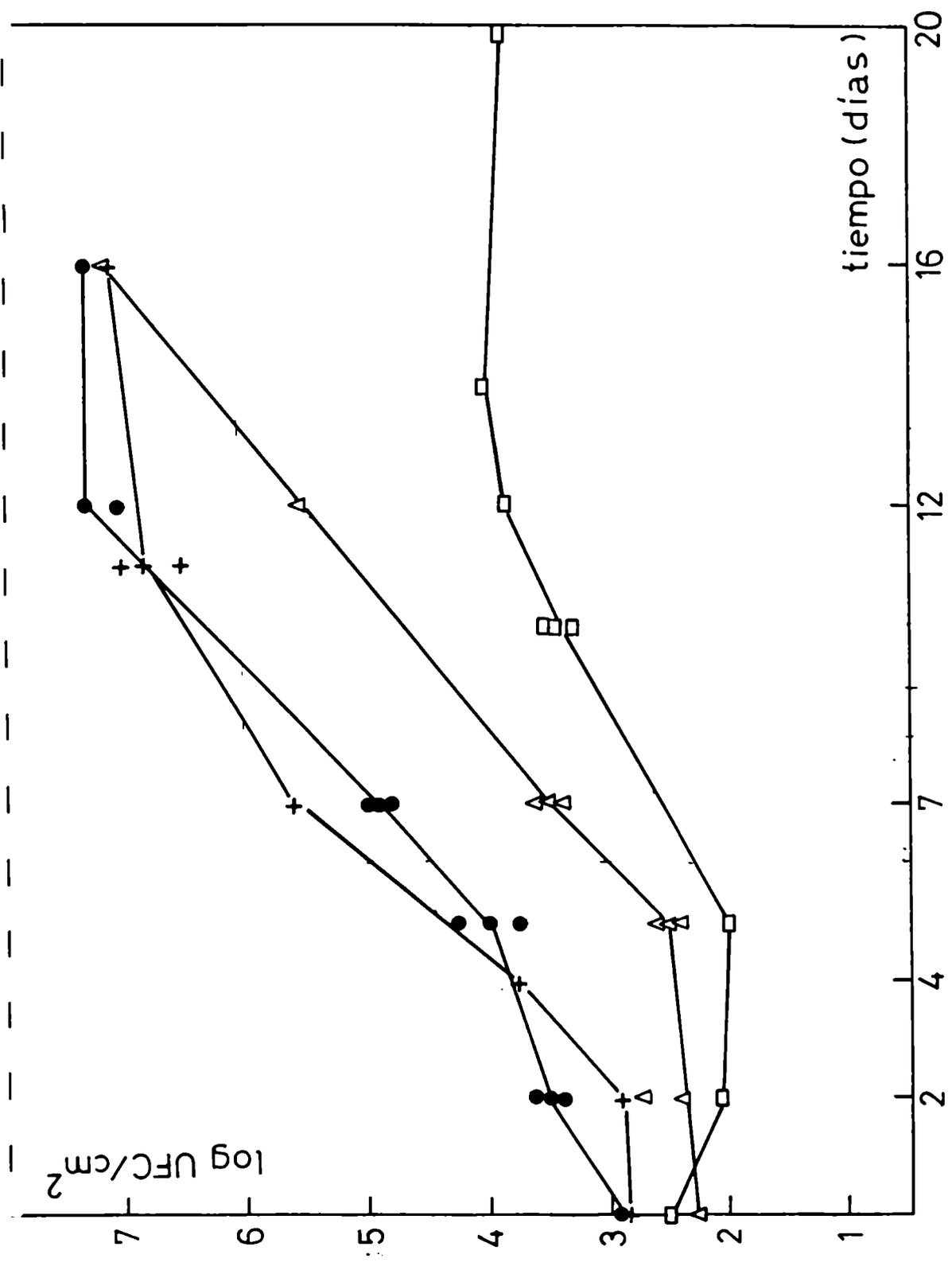


Fig. 49: Recuentos de microorganismos totales presentes en papas pre-peladas envasadas en EVA-SARAN-EVA almacenadas a 4°C tratadas durante 60 seg con ▲ ác. cítrico 1 %, † ác. ascórbico 1 %, ● sorbato de potasio 0.2 % y □ solución combinada ac. cítrico/ac. ascórbico/sorbato de potasio 1%/1%/0.2%.

De lo anterior se deduce que empleo de la combinación de preservadores produce un efecto inhibitorio que se manifiesta en una reducción en los recuentos microbianos finales ($<10^4$ UFC/cm²) así como en la disminución de las μ^* y en un aumento de θ^* respecto de los obtenidos en el empleo de cada una de las soluciones de preservadores en forma separada. Sin embargo, el análisis estadístico no indicó presencia de efectos sinérgicos en la inhibición microbiana de los tres preservadores cuando actúan en forma conjunta (Apéndice IV b).

3.5 Tiempo de vida útil en papas pre-peladas envasadas en películas de baja permeabilidad gaseosa

De igual manera que con las muestras de papas envasadas en polietileno, el estudio realizado en películas de baja permeabilidad al oxígeno se puede sintetizar a través del concepto de vida útil definido según la sección 4.9.

La Tabla XXVI presenta los periodos de vida útil para papas tratadas con bisulfito de sodio y las otras alternativas estudiadas así como las posibles combinaciones de éstos en muestras envasadas en EVA-SARAN-EVA y almacenadas a 4°C.

Tabla XXVI: Periodos de vida útil para papas pre-peladas tratadas con diferentes soluciones preservadoras y envasadas al vacío en películas de baja permeabilidad gaseosa a 4°C

Tratamiento	Concentración % P/V	Tiempo de inmersión (seg)	Vida útil (días)	Tipo de alteración que limita la vida útil
Control			4	Microbiana
SO ₃ HNa	0.5	30	8	Microbiana
	0.5	60	18	Microbiana
	0.8	30	20	*
	1.7	30	9	Producción de exudado
Acido cítrico	0.5	60	9-10	Microbiana
	1.0	60	12-13	Microbiana
	2.0	60	20	*
	5.0	60		**
Ac. ascórbico	1.0	60	7-8	Microbiana
	2.0	60	20	*
	5.0	60		**

Eritorbato de sodio	0.5	60	8.5	Microbiana
	1.0	60	8.5	Microbiana
	5.0	60	9	Microbiana
SO ₃ HNa/citrico	0.5/0.5	60	20	*
Eritorbato de sodio/ácido cítrico	1/1	60	12.5	Microbiana
	2/2	60	20	Microbiana
	0.5/5	60		**
Acido ascorbico/Ac. cítrico/Sorbato de potasio	1/1/0.2	60	20	*

* No se manifiesta alteración

** Sabor inicial desagradable

En la Tabla XXVI puede observarse que el tratamiento con bisulfito de sodio en concentraciones entre 0.5% y 0.8 % con tiempos de inmersión de 60 segundos produce períodos de vida útil de 18 a 20 días; similares tiempos se obtienen mediante el tratamiento del producto con la solución combinada de bisulfito de sodio/ácido cítrico (0.5%/0.5%), sin embargo, esta última presenta mayores residuos de SO₂ no resultando obviamente una alternativa que permita disminuir los niveles de SO₂ en el producto.

La posibilidad de reemplazar al bisulfito de sodio y obtener

periodos de vida útil de 20 días puede concretarse con el empleo de las siguientes soluciones: ácido cítrico 2%, ácido ascórbico 2%, solución combinada de eritorbato de sodio/ácido cítrico (2%/2%) y soluciones triples de ácido ascórbico/ácido cítrico/sorbato de potasio (1%/1%/0.2%).

De lo anteriormente expuesto se deduce que el empleo de películas de baja permeabilidad gaseosa permite reemplazar al bisulfito de sodio por otros preservadores, pero la elección de uno u otra alternativa requiere de un análisis de costos los cuales se presentan en el Apéndice V que conjuntamente con los análisis microbiológicos permiten extraer las conclusiones finales del estudio.

5.6 Selección de alternativas en base a vida útil y costo del producto

El análisis final que permite optar por las diferentes alternativas según los tiempos de conservación que se deseen están condensados en la Fig. 50 que tiene en cuenta el análisis de costo: total en U\$S por tonelada de producto para los diferentes tratamientos y las distintas películas (Apéndice V) conjuntamente con los períodos de vida útil que presentan las muestras envasadas en polietileno y EVA-SARAN-EVA (Tabla XX y XXVI).

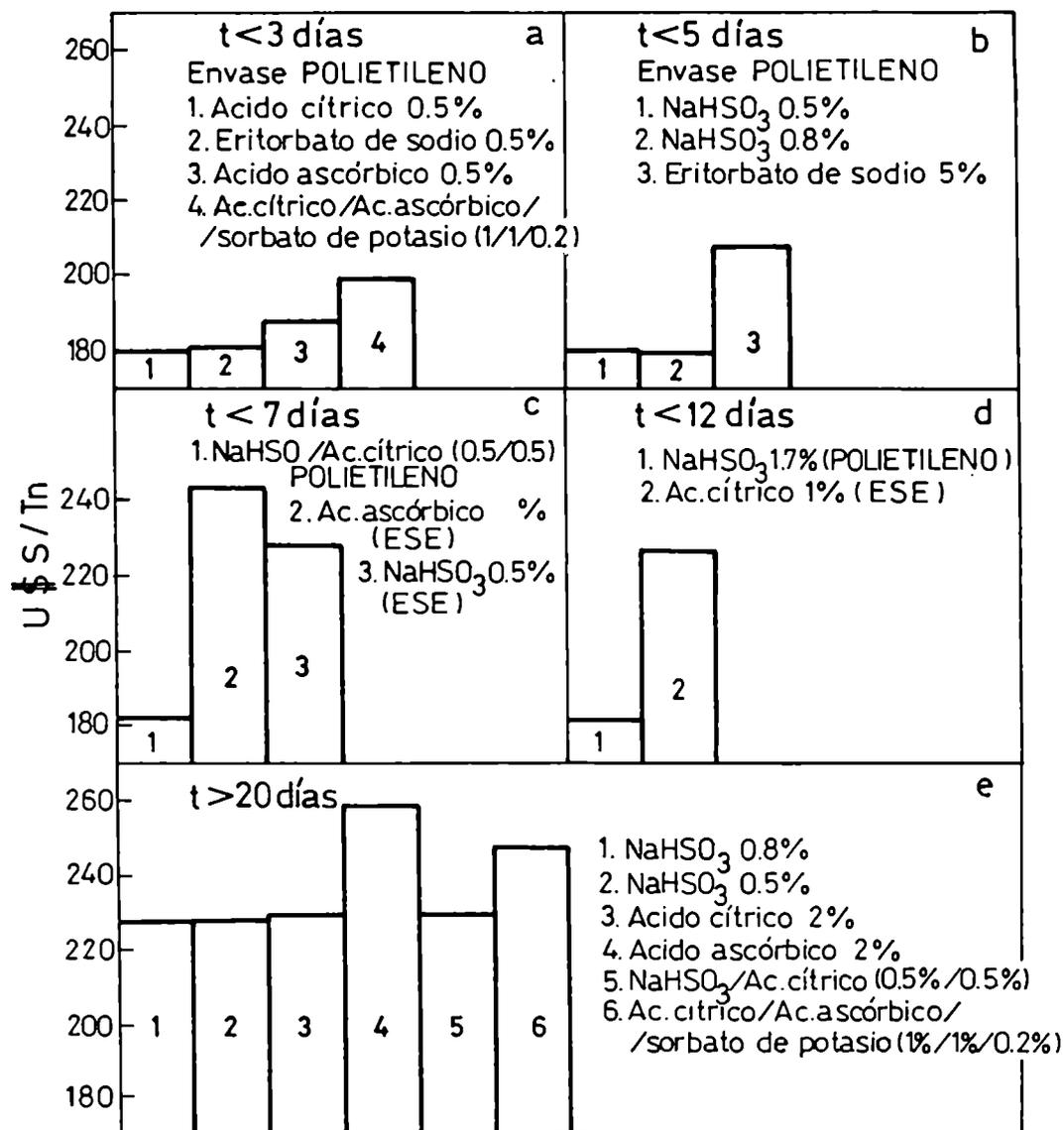


Fig. 50: Costo del producto según la vida útil deseada

Así, si se desea conservar las papas por períodos cortos de hasta 12 días, (Fig. 50 a, b, c y d) la opción es el polietileno ya que la película coextrudada encarece el producto siendo el bisulfito el mejor preservador; este resulta prácticamente irremplazable por otro preservador dado que su aplicación genera los menores costos. Para tiempos de conservación largos de 18 a 20 días debe utilizarse exclusivamente películas de baja permeabilidad al oxígeno. En este caso el bisulfito puede ser reemplazado por el ácido cítrico al 2 % sin producir mayores variaciones en el costo del producto. El resto de las alternativas analizadas presentaron costos superiores al 8 % del producido por el bisulfito de sodio.

CAPITULO 6

CONCLUSIONES

1) El empleo de películas de baja permeabilidad al oxígeno mejora las características de las papas pre-peladas sulfitadas duplicando la vida útil en comparación con las envasadas en polietileno. Además permite reducir la concentración de preservador utilizado sin producir alteraciones en la coloración superficial, en la producción de exudado y en la textura.

2) Las determinaciones de variación de color superficial en papas pre-peladas mostraron que en polietileno el agregado de bisulfito de sodio es fundamental, mientras que si el envasado es al vacío en películas de baja permeabilidad gaseosa, el color se mantiene sin alteraciones durante el almacenamiento.

3) El agregado de ácido cítrico a la solución de inmersión de bisulfito de sodio desplaza el equilibrio hacia la especie SO_2 que difunde más rápidamente en el tejido de la papa obteniéndose residuos mayores de SO_2 con iguales tiempos de inmersión.

4) Los residuos de SO_2 presentes en papas pre-peladas envasadas en polietileno mostraron una marcada disminución durante el almacenamiento, mientras que si se envasa en películas de baja permeabilidad gaseosa y al vacío, el valor de SO_2 residual permanece prácticamente constante. Esta situación se correlaciona con la efectividad del preservador en una y otra película.

5) La mejor condición de tratamiento en muestras de papas sulfitadas envasadas en polietileno se logra con 219 ppm SO_2 iniciales

permitiendo obtener 12 días de vida útil a 4°C. En muestras envasadas al vacío en películas de baja permeabilidad gaseosa, los niveles de SO₂ pueden ser disminuidos a 109 ppm extendiéndose la vida útil a 20 días a 4°C y a 15 y 18 días a 10 y 7°C respectivamente. En papas conteniendo residuos de 219 ppm SO₂, si bien se observó un efecto letal en el desarrollo microbiano, la vida útil fue de sólo 9 días debido a la cantidad de exudado producido en el envase, teniendo en cuenta que la vida útil contempla no sólo recuentos microbianos (que no deben superar 10⁶ UFC/cm²) sino también parámetros tecnológicos.

6) El desarrollo de microorganismos totales en papas cortadas en forma de cubo y bastón, tratadas con diferentes concentraciones de SO₂, envasadas en películas de distinta permeabilidad gaseosa y almacenadas a diferentes temperaturas pudo ser sintetizada mediante el Índice de Inhibición microbiano. Éste resulta menor que uno para el envasado en polietileno lo que indica crecimiento microbiano a las tres temperaturas. Con películas de baja permeabilidad gaseosa, valores de 100 - 140 ppm SO₂ permiten mantener los recuentos microbianos en fase de latencia independientemente de la temperatura presentando Índice de Inhibición igual a uno.

7) La composición inicial de la flora microbiana presente en papas pre-peladas sulfitadas resultó ser predominantemente Gram positiva. Al final del almacenamiento la flora microbiana se modificó de acuerdo al tipo de película empleada y a la presencia o ausencia de preservador.

8) En el almacenamiento aeróbico de papas pre-peladas sulfitadas, la especie predominante resultó ser Pseudomonas sp presentando la mayor velocidad de crecimiento con respecto a los otros géneros la cual se incrementa con el aumento de temperatura. El deterioro del producto se observa cuando los recuentos de estos microorganismos superaron 10^8 UFC/cm² debido a que actúan sobre las pectinas de las papas produciendo podredumbre blanda bacteriana.

9) En el almacenamiento anaerobio de las papas pre-peladas sulfitadas los microorganismos desarrollan más lentamente prolongándose los períodos de almacenamiento. En estas condiciones, las Enterobacteriaceae constituyen la flora predominante que resulta ser anaerobia facultativa psicrófila

10) El crecimiento microbiano en papas pre-peladas envasadas se interpretó a través del cálculo de los parámetros de velocidad de crecimiento y fase de latencia de cada uno de los integrantes de la flora observándose las variaciones con la temperatura, concentración de SO₂ y tipo de película empleada.

11) El estudio de alternativas diferentes al empleo de SO₂ mostró que si se utiliza polietileno como película de envase, el SO₂ no puede ser reemplazado por otros preservadores debido a que estos conducen a menores tiempos de vida útil, siendo rechazable el producto por las modificaciones verificadas en la coloración superficial. Sin embargo, en películas de baja permeabilidad gaseosa el SO₂ puede ser reemplazado por ácido cítrico 2 %, ácido ascórbico 2 % o por una mezcla de ácido cítrico/ácido ascórbico

co/sorbato de potasio (1%/1%/0.2%) con tiempos de inmersión de 80 seg. produciendo periodos de vida útil de 20 días.

12) Si se desea conservar el producto por periodos cortos (12 días) la opción más económica es utilizar el polietileno siendo el bisulfito el mejor preservador, prácticamente irremplazable por su efectividad y menor costo. Para periodos de conservación largos (18-20 días) debe utilizarse exclusivamente películas de baja permeabilidad gaseosa; en este caso el bisulfito de sodio puede reemplazarse por ácido cítrico 2 % sin producir grandes variaciones en el costo del producto dado que las otras alternativas estudiadas superan los costos respecto al del bisulfito en un 8 %.

REFERENCIAS

- Amla, B.L. and Francis, F. G. 1961. Effects of pH of dipping solutions on the quality of prepeeled potatoes. Am. Pot. J. 38, 121.
- Anderson, E.E. and Zapsalis, C. 1957. Technique ups quality, shelf life of pre-peeled potatoes. Food Engineering. 29 (2), 114.
Anderson, E.E., 1959. Shelf life of raw French - fry potato strips in consumer bags. Am. Potato J. 36 (11), 404.
- Andrés, C. 1983. NRA asks members to discontinue sodium bisulfite use. Food Processing 44 (9), p 52.
- AOAC 1980. Official Methods of Analysis. 13 th ed. 20 109, 20 111. Asociation of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- AOAC 1984. Official Methods of Analysis. 14 th ed. 22, 008 22, 058. Asociation of Official Analytical Chemists. Washington DC.
- AOAC 1984. Official Methods of Analysis. 14 th ed., p 391. Assn. of Offic. Anal. Chem. Arlington, Va.
- Baumgart, J. 1987. Presence and growth of Clostridium botulinum in vacuun. Packed raw and cooked potatoes. Chem. Mikrobiol. Technol Lebensm. 11, 74.
- Bonting, S.L. and Jansen, B.C.P. 1956. The effect of a prolonged intake of phosphoric acid and citric acid in rats. Voeding 17:137.
- Borenstein, B. 1987. The role of ascorbic acid in food. Food Technol. Noviembre 98.
- Burton, W.E. 1968. Opus cit por Verna, S.G y col. 1975. Dry matter of potato varieties grown at different location JIPA 2 (1), 15.

- Bush, R. 1986. Sulfites in Foods. Press Conference Report. Food Technology. 40, 8 49.
- Carslaw, H.S. and Joeger, J.C. 1959. Conduction of heat in solids. Oxford University Press.
- Ceponis, H.J. and Friedman, B.A. 1957. Temperature and shelf life studies with pre-peeled potatoes. Am. Potato J. 34-333.
- Clark, D.S. and Taka'cs, Y. 1980. Gases as preservatives In Microbiol Ecology of Food, Vol. I Ch. 10. Factor affecting life and death of microorganisms. The International Commission of Microbiological Specifications for Foods (ICMSF), p. 181, Academic Press Inc., New York.
- Cluzan, R.; Causert, J. and Hugot, D. 1965. Le metabisulfite de potassium. Etude de toxicite à long terme sur le rat. Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys. 5, 267.
- Cochran, W.G. and Cox, G.M. 1957. Experimental design John Willey & Sons 2nd Ed.
- Code of Federal Regulations 1979. Code of Federal Regulations Title 21, Office of the Federal Register, U.S. Government Printing Office, Washington, DC.
- Cother, E.J.; Blakeny, A.B. and Lamb, S. 1980. Laboratory scale preparation of sodium polypectate for use in selective media for pectolytic Erwinia spp. Plant Disease, Vol. 64 N°12 1086.
- Cuppels, D. and Kelman, A. 1974. Evaluation of selective media for isolation of soft-rot bacteria from soil and plant tissue. Phytopathology, 64, 468.
- Desborough, S.L. 1974. Improving potato protein I. Evaluation of the selection techniques. Amer. Pot. J. 51, 185.

- Dowson, W.J. 1943. Spore forming bacteria in potatoes. Nature, London, 152, 331.
- Dziezak, J. 1986. Preservative: Antioxidants. Food Technol. 40 9, 94.
- Elkund, T. 1980. Inhibition of growth and uptake processes in bacteria by some chemical food preservatives. J. Appl. Bacteriol 48: 423.
- Elkund, T. 1983. The antimicrobial effect of dissociated and undissociated sorbic acid at different pH level. J. Appl. Bacteriol. 54: 383.
- FDA 1986. Chemical preservatives. Food and Drug Admin. Code of Fed. Regulations, Title 21, Part 182, part. 101.
- FDA, 1986 a. Food labeling; Declaration of sulfiting agents. 21 CFR. Part 101. Food and Drug Administration, Federal Register 51 (131): 25012.
- FDA 1986 b. Sulfiting agents. Revocation of GRAS status for use on fruits and vegetables intended to be served or sold raw to consumers. 21 CFR Part 182. Food and Drug Administration, Federal Register 51 (131): 25021.
- Feimberg, B.; Olson, R.L. and Mullins, W.R. 1975. Pre-peeled potatoes. In: Potato Processing (edited by W. Talburt and D. Smith) Pp. 601-606. Westport. Connecticut: AVI Publishing Company.
- Fitzpatrick, T.J.; Porter, W. and Honghland, G.C.V. 1969. Am. Pot. J. 46.

- Food and Agriculture Organization 1966. Specifications for the identity and purity of food additives and their toxicological evaluation: Some emulsifiers and stabilizers and certain other substances. 10th Report of the Joint Food and Agriculture Organization of the United Nations/ World Health Organization Expert Committee on Food Aditives. WHO Technical Report Series N° 313. FAO Nutrition Meetings Report Series N° 43.
- Food and Drug Research Laboratories 1974. Waverly: Teratologic evaluation of compound FDA 71-22. Sodium metabisulfite in rabbits PB 267 194. Springfield: National Technical Information Service, V. 5 Department of Commerce.
- Francis, F.J. and Amla, B.L. 1961. Effect of residual sulphur dioxide on the quality of pre-peeled potatoes. Am. Potato J. 38:89.
- Fornachon, J.C.M. 1963. Inhibition of certain Ractic and bacteria by free and bound sulphur dioxide J. Sci. Fd. Agric. 14 857.
- Fuller, G.W.; El Bisi, H.M. and Francis, F.J. 1965. Microbial spoilage of pre-peeled potatoes. Food Tech. 993, 103.
- Furlong, C.R. 1961. Preservation of peeled potato II. Uptake of sulphite by peeled and chipped potato treated with sodium metabisulphite. J. Sci. Food Agric. 12:49.
- Fahy, P.C. and Persley 1983. Plant Bacterial Diseases a diagnostic guide (Academic Press Australia).
- Garrick, P. 1968. The preservation of raw peeled potatoes. Experimental results and theoretical considerations. Food trade Review. 32.

- Garrick, P. 1969. The preservation of raw peeled potatoes. Experimental results and theoretical considerations. Food trade Review. 40.
- Gruber, C.M. and Halbeisen, W.A. 1948. A study on the comparative toxic effect of citric acid and its sodium salts. J. Pharmacol Exp. Ther. 94:65.
- Hammond, S.M. and Carr, J.C. 1976. The antimicrobial activity of SO₂ with particular reference to fermented and non-fermented fruit juice. In Inhibition and Inactivation of Vegetative Microbes (F.A. Skinner and W.B. Hugo, eds.), Society of Applied Bacteriology Symposia Series, N°5, pp 89-110- Academic Press, New York.
- Hart, F.L. and Fisher, H.J. 1971. Modern Food Analysis. Met 17-13, Ed. Springer Verlag, New York.
- Hayatsu, H. and Miura, A. 1970. The mutagenic action of sodium bisulfite. Biochem Biophys. Acta 39, 156.
- Horn, H.O.; Holland, E.C. and Hazelton, L.W. 1957. Safety of adipic acid as compared with citric and tartaric acid. J. Agric. Food Chem. 5: 759.
- Horwitz, W. 1980. Official methods of analysis of the association of analytical chemists. 13 th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC. pp 170, 339-340.
- Hugot, D; Causeret, J. and Leclerc, J. 1965. Effects de l'ingestion de sulfites sur l'excretion du calcium chey le rat. Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys. 5, 53.
- Hugh, R y Leifson, E. 1953. The taxonomic significance of fermentative versus oxidative metabolism of carbohydrates by various gram-negative bacteria. J. Bacteriol. 66:24.

- Jackson, A.W. & Henry, B.S. 1946. Occurrence of *Bacillus polymyxa* (Praz) Mig. in Alberta soils with special reference to its pathogenicity in potato tubers. Canadian Journal of Research Section C. 24, 39-46.
- Jay, J.M. 1973. Microbiologia Moderna de los Alimentos (Ed. Acribia).
- Kanaak, H.; Muller, O. and Grunert, S. 1983. Untersuchungen sur sulfitierun von schalkkartoffeln 1 Mitteilung: Technologische und chemisch-mikrobiologische probleme der sulfitierning und vorschlage zur verbesserung der produktionsbedingungen. Lebensmittelindustrie. 30 (H-6) 273.
- Kasai,, M and Shinada, A. 1985. Prediction of optimin cooking time of potato, based on softening rate. Nippon Shokuhim Kogyo Gakkaishi 32, 360.
- Keijbets, M.J.H. 1985. Vaccum and gas packing an alternative for sulphite in pre-peeled potatoes. In 8th Triennial Conference of the European Association for Potato Research.
- Kertesz, D. and Zito, R. 1962. Phenolase In: "Oxygenases", ed. O. Hayoishi, p 307. Academic Press, New York.
- King, A.D.; Ponting, J.D.; Sanshuck, D.W.; Jackson, R. and Mihara, K. 1981. Factors affecting death of yeast by sulfur dioxide. Journal of Food Protection 44, 92.
- Kirkpatrick, M.C.; Heinze, P.H.; Craft, C.C.; Mountgoy, B.M. and Falatko, C.E. 1956. Technical Bulletin N° 1142, V.S. Dept. of Agriculture.
- Kovacs, N. 1956. Identification of *Pseudomonas pyocyanea* by the oxidase reaction. Nature (London) 178-103.

- Label, F. 1983. Sulfite alternatives. Food Processing. Nov. p 54.
- Langdon, T. 1987. Preventing of browning in fresh prepared potatoes without the use of sulfiting agent. Food Tech. 41 (5) 64.
- Lanteaume, M.T.; Ramel, P.; Girard, P. Jaulnes. P.; Gasg, H. and Ranau, J. 1965. Effects physiologiques à long terme de l'anhydride sulfureux on des sulfits utilises pour le traitement des vins rouges. (Observations portant sur quatre gineration de rats. Ann. Falsif. Expert. Chim. 58, 16.
- Leach, J.G. 1930. Potato blackleg: the supervival of the pathogena in the soil, and some factors influencing infection. Phytopathology 20, 734.
- Lelliott, R.A.; Billing, E. and Hayward, A.C. 1966. A determinativa Scheme for the fluorescent plant pathogenic pseudomonas J. Appl. Bact, 29-470.
- Lulai, E.C. and Orr, P.H. 1879. A potato J. 56, 379.
- Porter, W.; Fitzpatrick, T. & Talley, E. 1964. Am. Potato J. 41, 329.
- Lund, B.M. 1968. A bacteriological study of stored, sulphite treated peeled potatoes. J. Appl. Bact. 31;479.
- Lund, B.M. & Micholls, J.C. 1970. Factors influencing the soft-rotting of potatoes by bacteria. Potato Research 13, 210.
- Lund, B.M. 1972. Isolation of pectolytic clostridia from potatoes J. Appl. Bact. 35, 609.
- Mapson, L.W. and Wager, A.G. 1961. Preservation of pre-peeled potato. I use of sulphite and its effect on the thiamine contents. J. Sci. Food Agric. 12, 43.

- Masurovsky, E.B.; Goldblith, S.A. and Voss, J. 1963. Differential medium for selection and enumeration of members of the Pseudomonas. J. Bacteriol. 85: 722.
- Meynell, G.G. and Meynell, E. 1970. Theory and practice in experimental bacteriology 2 nd Ed. Cambridge Press, Cambridge.
- Mohino Sanchez, A. 1984. Aditivos en productos cárnicos. Aspectos generales e industriales. Alimentaria 151: 21. Revista de Tecnología Higiene de los Alimentos (España).
- Monnier Williams, G.M. 1927. Determinative of sulfur dioxide in foods. Repts. Pub. Health and med. Subjects N° 43; Great Britain Ministry of Health, London.
- Mukai, F.; Hawryluk, I. and Shapiro, R. 1970. The mutagenic specificity of sodium bisulfite. Biochem. Biophys. Res. Commun. 39, 983.
- Murant, A.F. and Wood, R 1957. Factors affecting the pathogenicity of certain bacterias to potato tubers I. Annals of Applied Biology 45: 635.
- Neter, J. and Wasserman, W. 1974. Applied linear statistical model. Ed. Oichard D. Irwin Inc. Hmwood I.L.
- Nielsen, L.W., 1964. Accumulation of respiratory CO₂ around potatoes tubers in relation to bacteriol soft rot. Am. Pot. Journal, 45, 174-181.
- O'Beirne, D. and Ballantyne, A. 1987. Some effects of modified atmosphere packaging and vacuum packaging in combination with antioxidants on quality and storage life of chilled potato strips. Int. J. of F. Sci. and Technol. 22, 515-523.

- O'Neill, R. and Logan, C. 1975. A comparison of various selective media for their efficiency in the diagnosis and enumeration of soft rot coliform bacteria. *Journal of Applied Bacteriology* 39, 139.
 - Ordoñez, C.R. y Limongelli, J.C. 1980. Curso de Post grado. Calidad de papa (*Solanum Tuberosum* L.) como materia prima para la industria. Fac. de Agr., UBA.
 - Paton, A.M. 1959. An improved method for preparing pectate gels. *Nature, Lond.* 183, 1812.
 - Ponting, J.D. 1943. Extraction of ascorbic acid from plant material *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* 15. 389-391.
 - Ponting, J.D. and Johnson, G. 1945. Determination of sulfur dioxide in fruits. *Industrial and Engineering Chemistry* 17, 682.
 - Porter, A.F. 1984. The use of citric acid in the seafood industry. *Biotech Products. Div. Miles. Labs, Inc., Elkhart, Ind.*
 - Potter, A. and Mc Comb, E. 1957. Composición de los hidratos de carbono de la papa. Contenido de pectinas. *Am. Potato, J.* 34, 342.
 - Pravisani, C.I. y Calvelo, A. 1986. Minimum cooking time for potato strip frying. *Journal of Food Sci.* 51, 614.
- Rehm, H.J. and Wittmann, H 1961. Beitrag zur kenntnis der antimikrobiellen wirkung der schwefligen saure. II Mitteilung. Die wirkung der disozuerten und undissozuerten. Saure anf verschiedenc mikrooganesen. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 118, 465-478.
- Rice, J. 1983. Ascorbic/citric acid an answer to the sulfite questions *Food Processing Nov.* p. 74.
 - Roberts, A.C. & Mc Weeny, D.J. 1972. The use of sulfur dioxide in the food industry. A review. *Journal of Food Technology.* 7: 221.

- Rodriguez, N. and Zaritzky, N.E. 1986. Modelling of sulfur dioxide uptake in pre-peeled potatoes of different geometrical shapes. *J. Food Sci.* 51: 618.
- Ross, L. R. and Treadway, R.H. 1960. A rapid method for the determination of sulphur dioxide in sulfited pre-peeled potatoes. *Am. Potato J.* 37, 102.
 - Ross, L.R. and Treadway, R.H. 1961. Factors affecting the sulfur dioxide uptake in sulfited pre-peeled potatoes. *Am. Potato Journal* 38, 9.
 - Sayavedra Soto, L.A. and Montgomery, M.W. 1986. Inhibition of polyphenoloxidase by sulfite. *J. Food Sci.* 51 6. 1531.
 - Schanderl, H. 1956. Du Schweflige Laure des Wernes in higienischer Sicht. *Z. Lebensm Unters. Forsh.* 103. 378.
 - Schippers, P.A. 1976. *Am. Potato J.*, 53, 152.
 - Schiwinner, S.; Bevenue, A.; Weston, W.J. & Potter, A.L. 1954. *J. Agr. Food Chem.* 2 1284.
 - Scholey, J.; Marshall, C. and Witbread, R. 1968. A pathological problem associated with the pre-packaging of potatoes tubers. *Plant Pathology* 17, 135.
 - Schroeter, L.C. 1966. Sulfur dioxide. Applications in foods beverages and pharmaceuticals. Oxford. London Edinburgh. New York. Toronto. Paris. Frankfurt. Pergamon Press.
 - Schwarzberg, H.G. and Chao, R.Y. 1982. Solute diffusivities in leaching processes. *Food Techn.* 36 (2): 73.
 - Seideman, S.C.; Vanderzant, C.; Smith, G.C.; Hanna, M.O. and Carpenter, Z. L. 1976. Modified gas atmospheres and changes in beef during storage. *J. Food Sci.* 44:1036.

- Sherwood, T.K.; Pigford, R.L. and Wilke, C.R. 1975. Mass Transfer. International Student ed. Mc Graw. Hill Kogakusha. Ltd. Tokyo. Japan.
- Shtenberg, A.J.; Ignat'ev, A.D. 1970. Toxicological evaluation of some combinations of food preservatives. Food Cosmetic Toxicol. 8, 369.
- Statutory Instruments. Food and Drugs. Composition and labelling SI. N° 1532. The preservatives in Food Regulations U.K. 1962.
- Sofos, J.N.; Busta, F.F. and Allen, E.C. 1979. Botulinum control by nitrite and sorbate in cured meats. A review. J. Food Prot. 42: 739.
- Sofos, J.N. and Busta, F.F. 1981. Antimicrobiol activity of sorbate. J. Food Prot. 44:614.
- Sowokinos, J.R. 1973. The central rol of sacarose in the potatoes metabolism. Am. Pot. J., 50 (7), 234.
- Suzuki, H; Toyoda, M; Ito, Y.U.; Iwaida, M.; Mongi, H.; Fuke, T. Nogashima C.; Adachi, T.; Fujita, K.; Ikuzawa, M.; Kawasaki, T. and Izumi, T. 1977. Comparison of serveral methods for the determination of sulfites in food. J. Food Hyg. Soc. (Japan) 18:290.
- Talburt, W.F. and Ora Smith, 1975. in Potato proccessing, cap. 10-19, 3° Edición, The AVI Publishing Company.
- Taravskaya, O.L. 1966. Opus cit CA, 64 2412.
- Thornley, M.J. 1960. The differentiation of Pseudomonas from other gram negative bacteria on the basic of arginine metabolism. J. Appl. Bacteriol. 23:37.
- Thunberg, 1945. The citrate content of potatoes. Kgl. Fysiograf. Sallskap. Lund, Forch. 15, 58.

- Yakotami, H.; Usui, T.; Nakaguchi, T.; Kanabayashi, T.; Tanda, M. and Aranaki Y. 1971. Acute and subacute toxicological studies of citric acid in mice and rats. J. Takeda Res. Lab. 30:35.

APENDICES

APENDICE I

Significación de la diferencia entre duplicados de recuentos microbianos

A efectos de poder promediar los resultados provenientes de los recuentos en placa realizados por duplicado se utilizó el método de chi cuadrado (χ^2).

Para ello se calcula el parámetro χ^2

$$\chi^2 = \frac{\sum (O - E)^2}{E}$$

donde O es el valor observado

E es el valor esperado (promedio de los recuentos)

Si χ^2 experimental $<$ χ^2 tablas ($p < 0.05$) las diferencias no son significativas y los recuentos resultan promediabiles.

APENDICE III

Cálculo de las desviaciones standard σ_{μ^*} , σ_{μ_1} y σ_{θ^*} y σ_{θ_1}

Las desviaciones standard σ_{μ^*} y σ_{θ^*} así como σ_{μ_1} y σ_{θ_1} se determinaron con la regresión lineal de los valores experimental expresados como

$$\ln N_1 = \ln N_0 + \mu_1 (t - \theta_1)$$

El desvío standard en la pendiente σ_{μ} fue calculado a partir de

$$S^2_{\mu} = \frac{\sum (y_1 \text{ esperado} - y_1 \text{ predicho})^2}{n-2}$$

$$S_{\mu} = \sqrt{\frac{\sum (y_1 \text{ esperado} - y_1 \text{ predicho})^2}{n-2}} \text{ desvío standard a lo largo de la regresión}$$

siendo n = número de datos experimentales

$$\sigma_{\mu} = \frac{S_{\mu}}{\sqrt{\sum (t - \bar{t})^2}}$$

El tiempo de latencia fue calculado como el periodo de tiempo para el cual los recuentos de microorganismos no difieren significativamente de los valores iniciales.

La estimación de σ_{θ_1} fue determinada por la intersección del intervalo de confianza del 95 % alrededor de la línea de regresión con la línea recta horizontal de la fase de latencia.

APENDICE II

Análisis de la existencia de diferencias significativas entre dos regresiones lineales (Neter y Wasserman, 1974)

Dadas las regresiones lineales correspondientes a los tratamientos 1 y 2 con n_1 y n_2 datos experimentales respectivamente

1) Se calcula la suma de cuadrados de cada regresión

$$SCT_1 = \sum_{i=1}^{n_1} (y_{pred. 1} - y_{exp. 1})^2 ; \quad \nu_1 = n_1 - 2$$

$$SCT_2 = \sum_{i=1}^{n_2} (y_{pred. 1} - y_{exp. 1})^2 ; \quad \nu_2 = n_2 - 2$$

2) Se determina la regresión lineal de los tratamientos 1 y 2 combinados calculándose la suma de cuadrados correspondiente

$$SCT_{1+2} = \sum_{i=1}^{n_1+n_2} (y_{pred. 1} - y_{exp. 1})^2$$

3) Cálculo del estadístico F

$$F_{exp} = \frac{SCT_{1+2} - (SCT_1 + SCT_2)}{2} \quad \frac{(SCT_1 + SCT_2)}{n_1 + n_2 - 4}$$

4) El F_{exp} . debe compararse con F teórico al nivel de signifi-

cación adecuado

$\sqrt{\text{numerador} = 2}$; $\sqrt{\text{denominador} = n_1 + n_2 - 4}$)

En el caso que $F_{\text{exp.}} < F_{\text{teórico}}$ se acepta la hipótesis nula es decir las dos regresiones no presentan diferencias significativas.

APENDICE IV

Análisis estadístico de la existencia de efecto sinergista en la inhibición microbiana de dos preservadores

La Fig. IV.1 muestra una cinética de desarrollo microbiano expresados como $\log N/N_0$ en función del tiempo de almacenamiento donde C representa la curva del control, las curvas A y B corresponden al desarrollo microbiano de las muestras tratadas con el preservador A y B respectivamente y la curva AB resulta de la aplicación simultánea de los preservadores A y B.

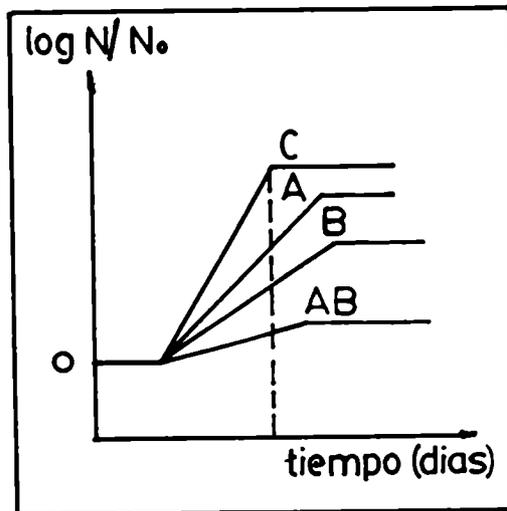


Fig. IV.1: Efecto genérico del agregado de preservadores químicos sobre el desarrollo microbiano.

Para el análisis estadístico se consideran los valores de $\log N/N_0$ evaluados a un tiempo en el cual el control ingresa en fase estacionaria.

El efecto inhibitorio del preservador A corresponde

$$(\log N/N_0)_c - (\log N/N_0)_A = C - A$$

El efecto inhibitorio del preservador B corresponde

$$(\log N/N_0)_C - (\log N/N_0)_B = C - B$$

El efecto inhibitorio de la combinación A y B corresponde

$$(\log N/N_0)_C - (\log N/N_0)_{AB} = C - AB$$

El modelo general propuesto para analizar la existencia de efecto sinergista entre dos factores considera que el efecto suma de A y B correspondiente a $(C-A)+(C-B)=2C-A-B$ debe ser significativamente menor que el efecto de la combinación de los preservadores A y B es decir $(C-AB)$.

Para ello se utilizó un Análisis de Varianza según Fisher Snedecor y una prueba de Tukey de los efectos.

Se ejemplifica a continuación algunos de los cálculos realizados

a) Bisulfito de sodio/ácido cítrico (0.5%/0.5%) tiempo de inmersión 60 seg, envase EVA-SARAN-EVA.

Llamando C al desarrollo microbiano en papas sin tratar.

A: desarrollo microbiano en papas tratadas con ácido cítrico 0,5 % 60 seg.

B: desarrollo microbiano en papas tratadas con bisulfito de sodio 0,5 % 60 seg.

BA: desarrollo microbiano en papas tratadas con ácido cítrico/bisulfito de sodio (0,5%/0,5%) 60 seg.

Se obtuvo el siguiente cuadro de valores correspondiente a triplicados de $\log N/N_0$ evaluados al tiempo en que el control ingresa en fase estacionaria extraído de la Fig. 44.

	C	A	B	BA
	2,55	1,68	0,58	-0,56
	2,42	1,74	0,40	-0,45
	2,48	1,78	0,48	-0,53
	-----	-----	-----	-----
T ₁	7,45	5,20	1,46	-1,54
log N/No	2,48	1,73	0,49	-0,51

Efecto simple del bisulfito de sodio $C - B = 1,994$

Efecto simple del ácido cítrico $C - A = 0,75$

Efecto simple de la solución cítrico/bisulfito $C - BA = 2,89$

Efecto suma de cada efecto simple $2C - B - A = 2,74$

Efecto sinergista de la solución combinada significa que el efecto simple de la solución combinada deber ser mayor que la suma de cada efecto simple A y B.

Puede observarse que $C - AB = 2,99$ es mayor que la suma de cada efecto simple $2C - B - A = 2,74$. Mediante un análisis de Varianzas de Fischer Snedecor se analiza si ambos efectos son significativos.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	S ²	F
Bisulfito de sodio 0,5%	8,880	1	8,880	1042
Ac. cítrico 0,5%	1,573	1	1,573	184
Bisulfito/cítrico (0,5%/0,5%)	0,0251	1	0,0251	2,517
Error	<u>0,034</u>	<u>4</u>	8,52 10 ⁻³	
Total	10,512	7		

$$\text{Var intra} = \frac{\sum \bar{x}^2 - d}{N - \mu} = \frac{29,05 - 28,38}{12 - 4} = 0,083$$

$$\text{Var inter} = \frac{d - T^2/N}{\mu - 1} = \frac{28,33 - 13,17}{3} = 5,05$$

$$F_{12} = \frac{\text{Var inter}}{\text{Var intra}} = \frac{5,054}{0,053} \quad ; \quad F_{3,8} = 4,07 \text{ (P = 0,05)} \\ 7,59 \text{ (P = 0,01)}$$

Hay diferencias significativas

Prueba Tukey

$$S_x \text{ intra} = \frac{\text{Var intra}}{n/M} = \frac{0,0833}{12/4} = 0,166$$

$$q_{3,4} = 4,53 \quad D = S_x \text{ intra} \quad q = 0,166 \cdot 4,53 = 0,751$$

Efectos	X	X - 0,75	X - 1,994	X - 2,74
Efecto BA	2,99	2,24	0,994	9,25
Efecto suma				
B + A	2,74	1,99	0,746	
Efecto B	1,99	1,24		
Efecto A	0,75	--		

Conclusión

El efecto de BA no difiere significativamente del efecto suma de B + A, entonces no hay efecto sinergista en la inhibición microbiana de el bisulfito con el ácido cítrico.

b) Papas tratadas con ácido cítrico/ácido ascórbico/sorbato de potasio (1%/1%/0,2%) durante inmersión 60 seg. y envasadas en EVA-SARAN-EVA

Llamando C al control que corresponde al desarrollo microbiano de papas sin tratar.

A Desarrollo microbiano en papas tratadas con ácido cítrico 1 %, 60 seg.

P Desarrollo microbiano en papas tratadas con ácido ascórbico 1 %, 60 seg.

B Desarrollo microbiano en papas tratadas con sorbato de potasio 0,2 %, 60 seg.

PAB Desarrollo microbiano en papas tratadas con ac. cítrico/ac. ascórbico/sorbato de potasio (1%/1%/0,2%), 60 seg.

Se obtuvo el siguiente cuadro de valores correspondiente a duplicados de $\log N/N_0$ al tiempo en que el control ingresa en fase estacionaria extraídos de la Fig. 49.

	C	A	P	B	PAB
	2,55	0,65	2,00	0,65	-0,25
	2,42	0,75	1,85	0,48	-0,34
	-----	-----	-----	-----	-----
	4,97	1,40	3,85	1,13	-0,59
log N/No	2,48	0,70	1,92	0,56	-0,29

Efecto simple del ácido cítrico C - A = 1,78

Efecto simple del ácido ascórbico C - P = 0,58

Efecto simple del sorbato de potasio C - B = 1,92

Efecto de la solución ac. cítrico/ac. ascórbico/sorbato de potasio
C - PAB = 2,77

Efecto de la suma de cada efecto simple = 4,26

Efecto sinergista de la solución combinada significa que el efecto simple de la solución combinada debe ser mayor que la suma de cada efecto simple A, P y B.

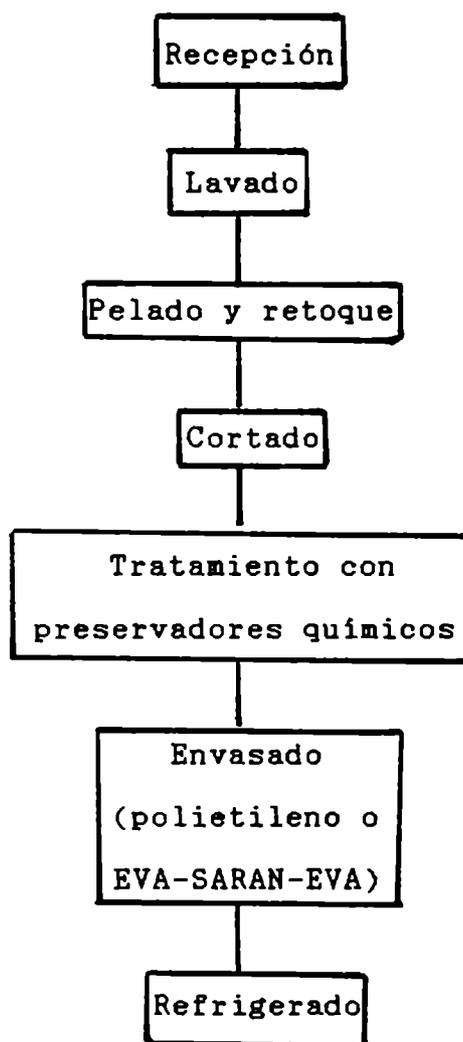
Puede observarse que $(C - PAB) = 2,77$ no es mayor que la suma de cada efecto simple $3C - P - A - B = 4,26$. Esto indica que no existe efecto sinergista en la inhibición microbiana por la contribución de cada solución preservadora.

APENDICE V

Análisis de costos

Proceso de elaboración

El esquema de producción es el siguiente:



Se determinó el costo de fabricación de papas pre-peladas para una planta procesadora con una capacidad diaria de 1,2 Tn.

trabajando 8 hs. diarias.

Se ha considerado una paridad austral-dolar de 1U\$\$=A200.

Estructura de costos

1) Costos Variables

Materia Prima
Mano de obra directa
Productos químicos
Energía
Envases
Gastos generales de producción

Costo de fabricación + Costo de Venta y distribución = Costo total

2) Costos Fijos

Mano de obra indirecta
Seguros
Depreciación
Gastos de mantenimiento

1) Costos Variables

1.1 Materia prima

Se utilizó papa tipo Kennebec existiendo una merma en el pelado del 12 %. Para una producción diaria de 1,2 Tn, se requieren por lo tanto 1,365 Tn considerando la merma. El precio por Kg. de papa fue de U\$\$ 0,125; los gastos diarios de materia prima

resultan 170 U\$\$; es decir 141 U\$\$/Tn.

1.2 Mano de obra directa

Se consideró el sueldo mínimo a junio/89 más cargas sociales. En el esquema de producción altamente mecanizado se requiere un solo operador.

Salario + cargas sociales (44 + 49 %) = 65,56 U\$\$.

En un mes (25 días con producción de 1,2 Tn por día, se producen 30 Tn.

$$\frac{\text{Salario mensual}}{\text{Producción mensual}} = 2,18 \text{ U\$/Tn}$$

1.3 Productos químicos

Se utilizan en el proceso los siguientes productos químicos en forma alternativa. Se ha considerado un baño de inmersión de 100 litros renovables diariamente. (Kanaack y col. 1983).

1.3.1. Bisulfito de sodio. Precio: 3.5 U\$\$/Kg. Se emplean tres concentraciones: 0.5 %; 0.8 % y 1.7 %; es decir para 100 litros se utilizan 0.5, 0.8 y 1.7 kg de bisulfito de sodio por día que conducen a los siguientes costos: 1.46 U\$\$/Tn; 2.33 U\$\$/Tn y 4.95 U\$\$/Tn respectivamente.

1.3.2 Acido cítrico. Precio 3 U\$\$/kg. Se emplean dos concentraciones: 0.5 y 2 % utilizándose 0.5 y 2 kg de ácido cítrico por día lo cual corresponde a 1.25 U\$\$/Tn y 5.0 U\$\$/Tn.

1.3.3 Acido ascórbico. Precio 20 U\$\$/kg. Se emplean dos concentra-

ciones: 0.5 y 2 % utilizándose 0.5 y 2 kg de ácido ascórbico por día que corresponden a 8.33 U\$/Tn y 33 U\$/Tn.

1.3.4 Eritorbato de sodio. Precio 9 U\$/kg. Se emplean dos concentraciones: 0.5 y 5 %, es decir 0.5 y 5 kg de eritorbato de sodio por día que corresponden a 3.7 y 37 U\$/Tn.

1.3.5 Sorbato de potasio. Precio 9.5 U\$/kg. Se emplean al 0.2 %, utilizándose 0.2 kg por día que corresponden a 1.53 U\$/Tn.

1.3.6 Mezclas de ácido cítrico/bisulfito de sodio (0.5 %/0.5 %). Se utilizan 0.5 kg de ácido cítrico y 0.5 kg de bisulfito de sodio por día que corresponden a 2.7 U\$/Tn.

1.3.7 Mezclas de ácido ascórbico/ácido cítrico/sorbato de potasio (1 %/1 %/0.2 %). Se utilizan 1 kg de ácido ascórbico, 1 kg de ácido cítrico y 0.2 kg de sorbato de potasio que corresponden a 20.75 U\$/Tn.

1.4 Energía

Los gastos de energía involucrados en la planta corresponden:

Equipos	consumo kw-hora
Lavadora	1.1
Peladora	0.4
Cortadora	1.4
Envasadora/selladora	0.7
Balanza	<u>0.1</u>
	3.7

En un mes con 8 hs de consumo diario resultan 740 kw.

Cámara frigorífica: 2.2 kw hr. En un mes con 16 hs. de consumo diario resultan 660 kw.

Consumo total: 1400 kw.

El costo horario de energía (junio 1989) para consumo de hasta 80 kw-h resulta de 0.735 U\$\$, hasta 170 kw-h: 1.58 U\$\$ y el excedente de 170 ; 0.029 U\$\$.
..

El costo de energía para un consumo de 1400 kw es 36.65 U\$\$.

Para una producción de 30 Tn mensuales el costo de energía es de:

$$\frac{35.65 \text{ U}\$}{30 \text{ Tn}} = 1.18 \text{ U}\$/\text{Tn}$$

1.5 Envases

Se puede optar por las siguientes alternativas:

1.5.1 Bolsas para envasado al vacío de 40 x 85 cm con capacidad de 5 kg. Costo EVA-SARAN-EVA 0.3 U\$\$ c/u. Para envasar 1.2 Tn diarias se utilizan 240 bolsas resultando 60 U\$\$/Tn diarios.

1.5.2 Bolsas de 40 x 65 cm de polietileno. Costo unitario 0.075 U\$\$ resultando un gasto de 15 U\$\$/Tn diarios.

1.6 Gastos generales de producción

Se incluyen los gastos de agua, lubricantes, combustibles. Se tomó como el 20 % del gasto de mano de obra directa, es decir 0.43 U\$S/Tn.

2) Costos Fijos

2.1 Mano de obra indirecta

Se incluye personal aplicado a tareas de dirección, supervisión, administración y servicios.

	U\$S mensuales
1. Profesional	100
2. Encargado de planta	75
3. Administrativo	<u>60</u>
TOTAL	335

Gastos mensuales por Tn de producción:

$$\frac{335 \text{ U\$S}}{30 \text{ Tn}} = 11.16 \text{ U\$S/Tn}$$

2.2 Depreciación

El sistema de amortización utilizado es el método lineal según se presenta en el siguiente cuadro.

2.3 Seguros

Cubre los riesgos sobre la propiedad (incendio, robo) para el personal y jornales caídos. Se calcula como el 1 % anual sobre la inversión fija. Surgen 2 alternativas debido a que se puede emplear envasadora al vacío (Seguro 1) y envase en polietileno que emplea solo selladora (seguro 2). Ver cuadro.

Seguro 1 U\$S 41.130 1 % = 411.3 U\$S

Seguro 2 U\$S 36.010 1 % = 360 U\$S

Gastos anuales por Tn de producción:

Seguro 1: $411.3 \text{ U\$S} / 360 \text{ Tn} = 1.1425 \text{ U\$S/Tn}$

Seguro 2: $360 \text{ U\$S} / 360 \text{ Tn} = 1 \text{ U\$S/Tn}$

.

2.4 Gastos de mantenimiento

Gastos necesarios para el mantenimiento de equipos y funcionamiento de la planta.

$$M = A (I \times E) + B$$

M: Costo anual de mantenimiento

I: Inversión permanente

E: Tiempo transcurrido

A y B: Coeficientes determinados históricamente en plantas similares. A: 0.005 y B = 1% de la inversión permanente

Mantenimiento al vacío: $0.005 (41113 \times 1) + 4111.3 = 616.69$

Mantenimiento sin vacío: $0.005 (36010 \times 1) + 360.1 = 540.15$

3 Gastos de venta y distribución

Se consideró como el 1 % del precio de venta del producto final el cual se ha fijado como un porcentaje de ganancia del 40 % sobre el costo de fabricación.

Los gastos de fabricación (sin incluir productos químicos) para una producción 1.2 Tn en una planta que trabaja 8 hs. diarias se presenta a continuación expresados en U\$/Tn

	Envasado vacío	Envasado polietileno
Materia prima	141	141
Mano de obra directa	2.18	2.18
Gastos generales de producción	0.43	0.43
Mano de obra indirecta	11.16	11.16
Seguro	1.14	1.0
Depreciación	4.76	4.05
Mantenimiento	1.71	1.50
Envases	60	15
Gastos de fabricación sin prod. químicos	223.56	177.5

La Tabla V.1 informa los valores de costos totales los cuales se obtienen del costo de fabricación que incluye los productos químicos y los costos de venta y distribución correspondientes.

Película	Polietileno		EVA-SPAN-EVA				
	Costos de Fabricación + y distribución =	Costo Total	Costo de Fabricación + y distribución =	Costo Total			
NaSO ₃ H	0.5%	178.9	2.5	181.1	225.0	3.2	228.2
	0.8%	179.8	2.5	182.0	225.9	3.2	229.1
	1.7%	182.0	2.6	184.6	228.5	3.2	231.7
Ac. Cítrico	0.5%	178.7	2.5	181.2	224.8	3.1	227.9
	1.0%				226.6	3.2	229.8
	2.0%	182.5	2.5	185.0	228.5	3.2	231.7
Ac. Ascórbico	0.5%	185.8	2.6	188.4	231.9	3.2	235.1
	1.0%				243.6	3.4	247.0
	2.0%	210.8	3.0	213.8	256.9	2.6	259.5
Eritorbato de sodio	0.5%	181.2	2.5	183.7	227.3	3.2	230.5
	5.0%	214.5	3.0	217.5	260.6	3.7	264.3
NaSO ₃ /ac. cítrico 0.5% / 0.5%	180.2	2.5	182.7	226.3	3.2	229.5	
Ac. cítrico/ac.as-córbico/sorbato de potasio(1%/1%/0.2%)	198.2	2.8	201.1	244.3	3.4	247.7	

Tabla V.1: Costos totales según el proceso empleado (U\$S/Tn)

La evaluación de costos totales y los precios de venta correspondientes para diferentes niveles de producción anual fue realizado sobre las opciones que permiten obtener los mayores periodos de vida útil para cada tipo de película empleada. Las opciones seleccionadas fueron:

Envasado en polietileno y tratamiento con:

a) SO_3HNa 1.7 %

b) $\text{SO}_3\text{HNa/ac. cítrico}$ (0.5%/0.5%)

Dichos tratamientos producen una vida útil entre 7 y 12 días.

Envasado al vacío en EVA-SARAN-EVA y tratamiento con:

c) ac. cítrico 2 %

d) NaSO_3H 0.8 %

que permiten obtener una vida útil de 20 días.

El costo unitario del producto se calcula a través de:

$$V(A) + C.F/\mu = C_t \text{ (costo unitario)}$$

siendo

V(A): Costo variable por unidad

C.F: Costo fijo anual

μ : Unidades de producción (Tn producidas anualmente)

Según ello, se obtiene el siguiente cuadro de costos variables (U\$S/Tn) y costos fijos anuales (U\$S/Tn)

COSTOS VARIABLES U\$S/Tn

Tratamiento	Película			
	Polietileno		EVA-SARAN-EVA	
	SO ₃ HNa 1.7%	SO ₃ HNa/citrico	citrico 2%	SO ₃ HNa 0.8%
Mat. prima	141	141	141	141
Mano obra				
directa	2.18	2.18	2.18	2.18
Energía	1.18	1.18	1.18	1.18
Gastos grales.				
de prod.	0.43	0.43	0.43	0.43
Envases	15.0	15.0	60.0	60.0
Costo de venta				
y dist.	2.55	2.52	3.19	3.16
Productos				
químicos	4.95	2.70	5.0	2.33
Totales	167.29	165.01	212.98	210.28

Costos Fijos anuales U\$S/año

Costo fijos anuales	Polietileno	EVA-SARAN-EVA
Mano de obra indirecta	4020	4020
Seguros	360	411.3
depreciación	1458	1718
Gastos de mantenimiento	540.15	616.69
Totales	6378.15	6765.99

Para las diferentes alternativas seleccionadas se denomina Proceso A al que emplea en base de polietileno y Proceso B el que utiliza EVA-SARAN-EVA. De acuerdo al tratamiento realizado surgen:

Proceso A₁: SO₃HNa 1,7 % envase polietileno

$$C_T = 6378.15 \text{ U}\$/\text{año} + 167.29 \text{ U}\$/\text{Tn U (Tn/año)}$$

Proceso A₂: SO₃HNa/ac. cítrico (0.5%/0.5%) envase polietileno

$$C_T = 6378.15 \text{ U}\$/\text{año} + 165.01 \text{ U}\$/\text{Tn u (Tn/año)}$$

Proceso B₁: Ac. cítrico 2 % envasado al vacío en EVA-SARAN-EVA

$$C_T = 6765.99 \text{ U}\$/\text{año} + 212.98 \text{ U}\$/\text{Tn U (Tn/año)}$$

Proceso B₂: SO₃HNa 0.8 % envasado al vacío en EVA-SARAN-EVA

$$C_T = 6565.99 \text{ U}\$/\text{año} + 210.28 \text{ U}\$/\text{Tn u (Tn/año)}$$

COSTOS TOTALES U\$S/Tn

Producción Tn/año	Procesos tecnológicos			
	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂
60	16415	16278	19545	19183
100	23107	22879	28064	27594
140	29798	29479	36583	36005
180	36490	36080	45102	44416
220	43182	42678	53622	52828
260	49873	49278	62141	61239
300	56565	55878	70660	69650
340	63256	62478	79179	78061
360	66602	65778	83438	82267
380	69948	69076	87698	86472

Ventas totales

Se estableció el precio de venta del producto final como un 40 % de ganancia sobre el costo de fabricación.

Así para el Proceso A₁ el precio de venta resultó 254,8 U\$S/Tn.

Para el Proceso A₂ el precio de venta correspondió a 252.28 U\$S/Tn.

Si el Proceso realizado es el B₁ el precio de venta fue 319.9 U\$S/Tn. Mientras que para el Proceso B₂ el precio de venta resultó 316.24 U\$S/Tn.

Según ello, se obtiene el siguiente cuadro que informa el valor de precio de venta (U\$S/Tn anuales de acuerdo a la diferente producción anual.

VENTAS TOTALES (U\$S/Tn)

Producción Tn/año	Procesos tecnológicos			
	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂
60	15288	15137	19194	18974
100	25488	25228	31990	31624
140	35680	35319	44786	44274
180	45860	45410	57582	56923
220	56056	55502	70378	69573
260	66248	65293	83174	82222
300	76440	75684	95970	94872
340	86632	85775	108786	107522
360	91728	90821	115164	113850
380	96824	95866	121562	120171

Los datos informados correspondientes a costos y ventas totales a distintos niveles de producción para las alternativas presentados se graficaron en la Fig. V.1. Puede observarse que a partir de de una producción de 50 Tn las ventas totales superan a los costos totales observándose escasa diferencia entre las rectas de costos y ventas totales cuando el envase es polietileno (Proceso A₁ y A₂). Igual comportamiento ocurre en envase EVA-SARAN-EVA indicando la independencia del tratamiento realizado (Proceso B₁ y B₂).

ESTRUCTURA DE COSTOS (en %)

	Procesos Tecnológicos			
	B ₁	B ₂	A ₁	A ₂
Materia prima	60.8	61.56	76.42	77.18
M. O. directo	0.94	0.95	1.18	1.19
Energía	0.50	0.52	0.64	0.65
Gastos grales.				
producción	0.19	0.19	0.23	0.23
Envases	25.9	26.19	8.13	8.21
Prod. químicos	2.15	1.02	2.68	1.48
M.O. indirecto	5.08	4.87	6.05	6.11
Seguros	0.49	0.50	0.54	0.55
depreciacion	2.05	2.08	2.19	2.22
Gastos mant.	0.73	0.75	0.81	0.82
Costos venta y				
distribución	1.37	1.38	1.38	1.38

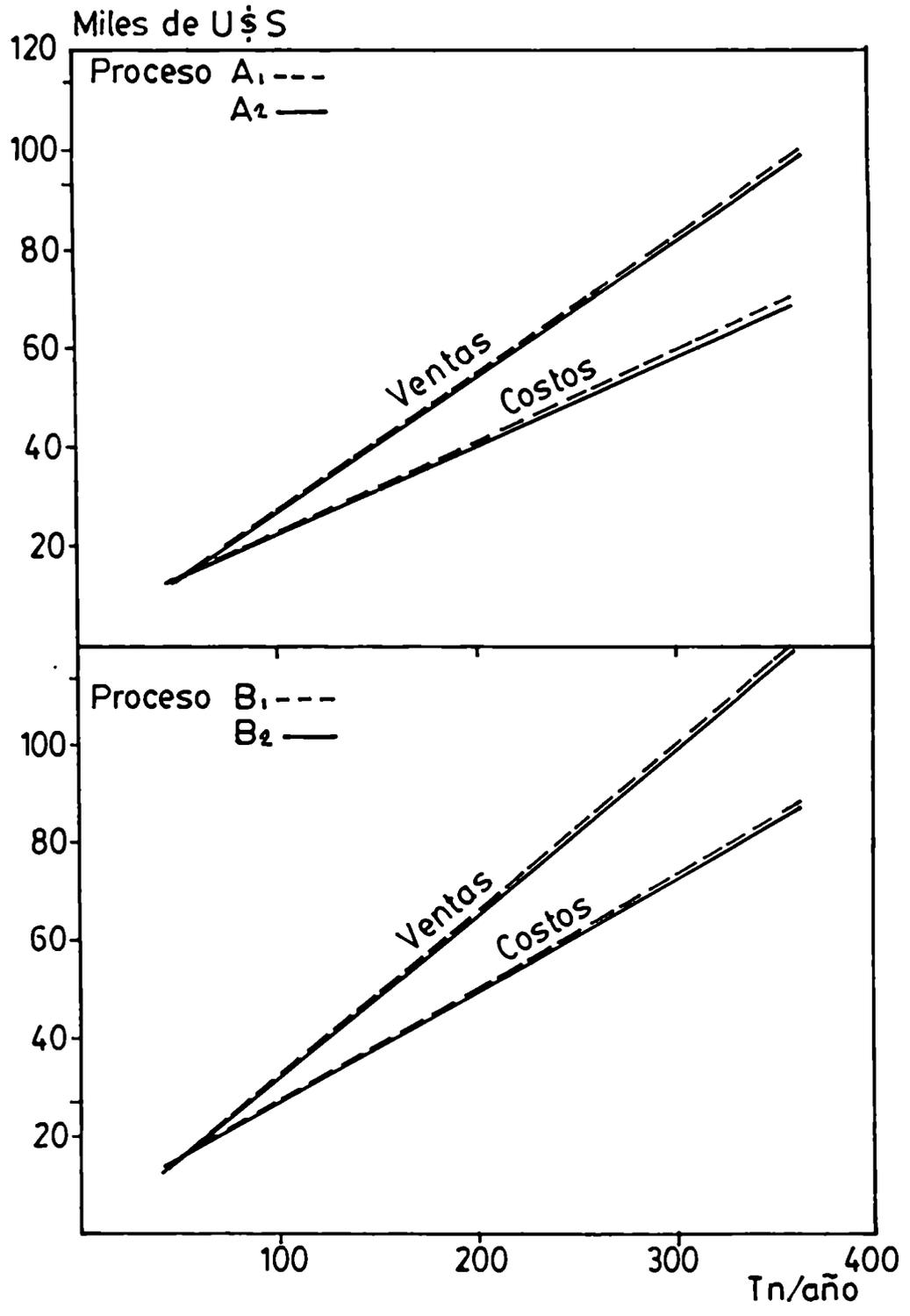
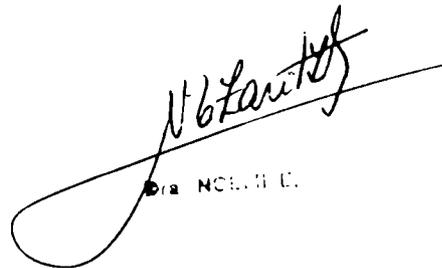


Fig. V.1: Costos y ventas totales para distintas unidades de producción

Puede observarse que en todos los casos, el porcentaje mayor de los costos lo constituye la materia prima que varía entre 60.8-61.56 % para envasado en película de baja permeabilidad gaseosa y entre 76.42-77.18 % para polietileno. Otro factor que incide en el valor porcentual de los costos lo constituye el envase siendo su incidencia de mayor importancia en el caso de utilizar película de baja permeabilidad gaseosa.



Aldo J. Ramirez



H. B. Lantieri
Dra. NCB. S. E.