



FACULTAD DE VETERINARIA
PARASITOLOGÍA Y ENFERMEDADES PARASITARIAS

CONTROL DE ÁCAROS CONTAMINANTES DEL JAMÓN IBÉRICO



JAVIER SÁNCHEZ LÓPEZ



UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

FACULTAD DE VETERINARIA



UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

FACULTAD DE VETERINARIA

DEPARTAMENTO DE MEDICINA Y SANIDAD ANIMAL

CÁTEDRA DE PARASITOLOGÍA Y ENFERMEDADES PARASITARIAS

**CONTROL DE ÁCAROS CONTAMINANTES DEL
JAMÓN IBÉRICO**

TESIS DOCTORAL
JAVIER SÁNCHEZ LÓPEZ
CÁCERES, 2002



UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

FACULTAD DE VETERINARIA

DEPARTAMENTO DE MEDICINA Y SANIDAD ANIMAL

CÁTEDRA DE PARASITOLOGÍA Y ENFERMEDADES PARASITARIAS

CONTROL DE ÁCAROS CONTAMINANTES DEL JAMÓN IBÉRICO

V ° B°

Los Directores

Prof. Dr. Ignacio Navarrete López-Cózar Prof. Dr. David Reina Esojo

Memoria presentada por el licenciado en Veterinaria
Javier Sánchez López, para optar al grado
de DOCTOR EUROPEO EN VETERINARIA.

IGNACIO NAVARRETE LÓPEZ-CÓZAR, Catedrático de Parasitología y Enfermedades Parasitarias del Departamento de Medicina y Sanidad Animal de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Extremadura

INFORMA:

Que el licenciado en Veterinaria **JAVIER SÁNCHEZ LÓPEZ**, ha realizado en esta Cátedra, bajo mi dirección y la del Dr. David Reina Esojo, Catedrático de Parasitología y Enfermedades Parasitarias del Departamento de Medicina y Sanidad Animal de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Extremadura, el presente trabajo de investigación titulado "Control de ácaros contaminantes del jamón ibérico", con el que opta al título de Doctor Europeo en Veterinaria.

Que en todo momento ha demostrado gran rigor científico en el desarrollo de esta memoria, utilizando todos los medios puestos a su alcance para la consecución de los objetivos marcados.

Por todo lo cual, y para que conste en su memoria de Doctorado, firmo el presente informe en Cáceres, a 20 de diciembre de 2002.

"De pronto, una melancolía fugitiva me apretó el corazón. Sentí que las palabras culminación, perfección, contienen en sí mismas la palabra fin. No había hecho otra cosa que ofrecer una presa más al tiempo devorador".

Marguerite Yourcenar (*Memorias de Adriano*)

A mis padres, por su dedicación y con devoción. Por dárme todo.

A Ignacio.

A los que me quieren y quiero. Incluso a mis enemigos, como dijo
Cela, por ayudarme.

ÍNDICE



1. INTRODUCCIÓN.	1
2. OBJETIVOS.	5
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	7
3.1. Ácaros domésticos. Características generales.	7
3.1.1. Reseña histórica.	7
3.1.2. Posición taxonómica.	11
3.1.3. Distribución y hábitats.	15
3.1.4. Importancia sanitaria. Patologías asociadas a la presencia de ácaros.	15
3.1.5. Morfología.	19
3.1.6. Biología.	28
3.1.6.1. Ciclo biológico.	28
3.1.6.2. Reproducción.	31
3.1.6.3. Circulación, sistema nervioso y órganos sensoriales.	34
3.1.6.4. Digestión y alimentación.	35
3.1.6.5. Respiración y equilibrio hídrico.	37
3.1.6.6. Longevidad.	39
3.1.6.7. Factores influyentes en la reproducción y el desarrollo de los ácaros.	40
3.1.6.7.1. Humedad relativa.	40
3.1.6.7.2. Temperatura.	42
3.1.6.7.3. Presencia de predadores.	
Competencia interespecífica e intraespecífica.	43
3.1.6.7.4. Hongos.	45
3.1.7. Cultivo de ácaros domésticos en laboratorio.	46
3.1.7.1. Procedimientos de cultivo en laboratorio.	47
3.1.7.2. Medios de cultivo.	48
3.2. El jamón curado como sustrato para el desarrollo de los ácaros	53
3.2.1. Elaboración del jamón curado.	53
3.2.1.1. Preparación de los perniles.	54

3.2.1.2. Selección y clasificación.	54
3.2.1.3. Salazonado.	55
3.2.1.4. Post-salado.	56
3.2.1.5. Secado.	56
3.2.1.6. Maduración en bodega.	56
3.2.2. Factores dependientes del alimento.	58
3.2.2.1. Población fúngica.	58
3.2.2.2. Condiciones ecológicas de curación.	59
3.2.2.3. Contenido en grasa y proteína.	60
3.2.2.4. Compuestos responsables del sabor y aroma.	61
3.2.3. Transmisión de los ácaros.	61
3.2.4. Colonización del jamón por los ácaros.	62
3.2.5. Crecimiento de los ácaros en el jamón.	64
3.2.5.1. Fases iniciales.	64
3.2.5.2. Secado.	64
3.2.5.3. Maduración en bodega.	65
3.3. Los ácaros del jamón.	67
3.3.1. Astigmata.	68
3.3.1.1. <i>Tyrophagus putrescentiae</i> .	68
3.3.1.2. <i>Tyrophagus longior</i> .	77
3.3.1.3. <i>Tyrophagus palmarum</i> .	80
3.3.1.4. <i>Tyrollichus casei</i> .	80
3.3.1.5. <i>Tyroborus lini</i> .	83
3.3.1.6. <i>Acarus siro</i> .	84
3.3.1.7. <i>Lepidoglyphus destructor</i> .	87
3.3.1.8. <i>Glycyphagus domesticus</i> .	90
3.3.1.9. <i>Carpoglyphus lactis</i> .	92
3.3.2. Mesostigmata.	93
3.3.2.1. <i>Blattisocius dentriticus</i> .	93
3.3.2.2. <i>Androlaelaps casalis casalis</i>	94
3.3.3. Prostigmata.	95

3.3.3.1. <i>Cheyletus eruditus</i> .	95
3.3.3.2. <i>Cheletomorpha lepidopterorum</i> .	96
3.4. Control de ácaros del jamón.	97
3.4.1. Métodos preventivos y curativos.	98
3.4. 2. Métodos físicos.	102
3.4.2.1. Altas y bajas temperaturas.	102
3.4.2.2. Radiaciones.	103
3.4.2.2.1. Microondas.	104
3.4.2.2.2. Infrarrojos.	105
3.4.2.2.3. Ultravioletas.	105
3.4.2.2.4. Ionizantes.	106
3.4.2.2.5. Ultrasonidos.	109
3.4.3. Métodos químicos.	110
3.4.3.1. Plaguicidas industriales. Vacío sanitario.	110
3.4.3.2. Atmósferas modificadas y empleo de gases.	112
3.4.3.3. Nitrógeno líquido.	116
3.4.3.4. Aceites esenciales.	116
3.4.4. Control biológico.	121
3.4.4.1. Ácaros predadores.	121
3.4.5. Control bioquímico.	123
3.4.5.1. Feromonas.	123
4. MATERIAL Y MÉTODOS.	125
4.1. Aislamiento y montaje de los ácaros.	125
4.2. Identificación de los ácaros.	127
4.3. Especies estudiadas.	129
4.4. Microscopía electrónica de barrido.	131
4.5. Cultivo de ácaros.	133
4.5.1. Preparación y composición del medio de cultivo.	133
4.5.1.1. Medio Pienso-Levadura (P-L).	134
4.5.1.2. Medio jamón.	134

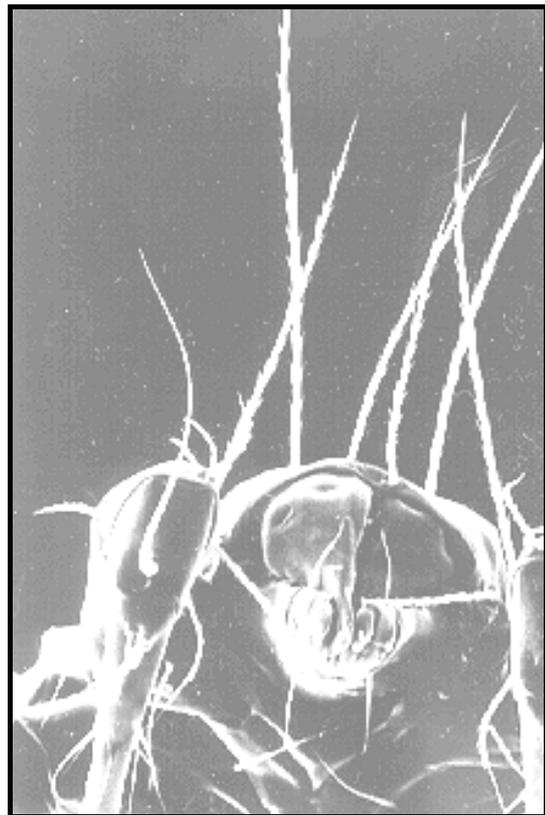
4.5.2. Siembra de los cultivos.	135
4.5.3. Mantenimiento de los cultivos.	135
4.5.4. Cuantificación de los cultivos.	136
4.6. Métodos de lucha en laboratorio.	137
4.6.1. Pruebas de control químico.	138
4.6.1.1. Aceites esenciales.	138
4.6.1.2. Componentes de los aceites esenciales.	141
4.6.1.2.1. Contacto directo.	141
4.6.1.2.2. Inhalación.	142
4.6.1.3. Estudio con linalol en jamón.	142
4.6.1.3.1. Efecto acaricida.	142
4.6.1.3.2. Efecto repelente.	143
4.6.1.4. Evaluación sensorial.	143
4.6.2. Métodos de control físico.	144
4.6.2.1. Microondas.	144
4.6.2.1.1. Irradiación directa.	145
4.6.2.1.2. Irradiación en medio líquido.	145
4.6.2.2. Ultrasonidos.	146
4.6.3. Estudio del efecto barrera de la manteca de cerdo de aplicación al jamón curado.	146
4.7. Pruebas en secadero experimental.	149
4.7.1. Materiales.	149
4.7.1.1. Secadero experimental.	149
4.7.1.2. Jamones.	150
4.7.2. Metodología.	150
4.7.3. Evaluación sensorial.	153
4.8. Principales materiales empleados.	155
5. RESULTADOS.	157
5.1. Identificación de los ácaros.	157
5.2. Cultivo de los ácaros.	159

5.3. Métodos de lucha en laboratorio.	161
5.3.1. Pruebas de control químico.	161
5.3.1.1. Aceites esenciales.	161
5.3.1.2. Componentes de los aceites esenciales.	168
5.3.1.2.1. Contacto directo.	168
5.3.1.2.2. Inhalación.	170
5.3.1.3. Estudio con linalol en jamón.	172
5.3.1.4. Evaluación sensorial.	174
5.3.2. Pruebas de control físico.	174
5.3.2.1. Microondas.	174
5.3.2.1.1. Irradiación directa.	174
5.3.2.1.2. Irradiación en medio líquido.	176
5.3.2.2. Ultrasonidos.	177
5.3.3. Estudio del efecto barrera de la manteca de cerdo de aplicación al jamón curado.	178
5.4. Prueba experimental en secadero.	181
5.4.1. Estudio del efecto acaricida y preventivo del linalol en secadero experimental durante el curado de los jamones.	181
5.4.1.1. Curado de los jamones.	181
5.4.1.2. Evolución de la población acarina.	183
5.4.1.2.1. Lote control (C).	183
5.4.1.2.2. Lote tratado por inmersión (I).	184
5.4.1.2.3. Lote untado con brocha (B).	186
5.4.2. Valoración sensorial	186
6. DISCUSIÓN.	189
6.1. Acarofauna del jamón curado.	189
6.2. Cultivo de ácaros <i>in vitro</i>.	193
6.3. Métodos de lucha en laboratorio.	195
6.3.1. Pruebas de control químico.	195
6.3.1.1. Aceites esenciales y sus principios activos.	195

6.3.1.2. Empleo de linalol.	201
6.3.2. Pruebas de control físico.	203
6.3.2.1. Microondas.	203
6.3.2.2. Ultrasonidos.	205
6.3.3. Efecto barrera de la manteca de cerdo de aplicación al jamón.	206
6.4. Prueba experimental en secadero.	209
6.4.1. Estudio del efecto acaricida y preventivo del linalol en secadero experimental durante el curado de los jamones.	209
6.4.1.1. Lote control.	209
6.4.1.2. Lote tratado por inmersión.	211
6.4.1.3. Lote tratado mediante untado con brocha.	213
6.5. Perspectivas de futuro.	215
7. CONCLUSIONES.	219
8. RESUMEN.	221
9. RIASSUNTO.	225
10. SUMMARY.	229
11. RÉSUMÉ.	233
12. ANEXO.	237
13. BIBLIOGRAFÍA.	243
14. AGRADECIMIENTOS.	273

INTRODUCCIÓN

1



Entre los alimentos que forman parte de la amplia y exquisita gastronomía española, el jamón curado, y en concreto el jamón ibérico, es indudablemente uno de sus productos estrella.

Desde la antigüedad, momento en que el hombre se ve en la necesidad de conservar los productos del cerdo a partir de unos procedimientos empíricos, hasta nuestros días, en los cuales se conoce con profundidad cada uno de los factores tecnológicos que influyen en el proceso de curación, el jamón curado ha adquirido un estatuto de alimento de máxima calidad, amparado actualmente por sus correspondientes Denominaciones de Origen.

España, junto con Italia, es el principal productor mundial de jamón curado, de manera que ambas naciones poseen el mayor número de Denominaciones de Origen. En menor medida, otros países como Francia, Portugal, Alemania y Luxemburgo cuentan, asimismo, con Denominaciones de Origen o zonas de Indicación Geográfica Protegida reconocidas en 1999 por la Unión Europea.

Por otra parte, "cerdo ibérico" y "dehesa" han llegado a una simbiosis total en el suroeste peninsular, constituyendo uno de los principales aportes económicos al sector agroganadero de estas regiones, que cuentan con los mayores censos de esta particular raza porcina.

Entre los múltiples factores que influyen negativamente en la producción del jamón curado, la contaminación por ácaros es considerada como la plaga más importante de cuantas afectan al alimento en los países productores. Una encuesta realizada en nuestro país por Arnau *et al.* (1987) constata que un 70% de las industrias dedicadas al curado de jamones sufren este problema. Sin embargo, teniendo en cuenta que algún encuestado podría pretender dar una buena imagen de higiene en su industria, negando por tanto la presencia de los ácaros, es muy probable

que el porcentaje sea aún mayor, incluso alcanzando la totalidad de las mismas.

Los ácaros producen en secaderos y bodegas de jamón importantes pérdidas económicas. A pesar de ello, éstas son difícilmente cuantificables a causa del hermetismo de las industrias. Sin embargo, se sabe que un elevado porcentaje de dichas pérdidas se debe a devoluciones por contaminación acarina o a devaluaciones en la calidad del producto por idéntico motivo.

En otro orden de cosas, la capacidad alergénica de los ácaros merece una especial consideración por su trascendencia sanitaria. Estos artrópodos pueden desarrollar con sus alergenos una hipersensibilidad de tipo I mediada por IgE en los trabajadores, manipuladores y consumidores del alimento, cuyos síntomas, entre otros, suelen ser manifestaciones asmáticas, rinitis o dermatitis. Este componente alergénico es, sin duda, subestimado en muchas ocasiones. Un estudio realizado en Italia por Ottoboni *et al.* (1987) pone de manifiesto que un buen porcentaje de los trabajadores de la industria jamonera presentan, a la anamnesis, algún tipo de sintomatología alérgica, sobre todo de índole pruriginosa a nivel cutáneo, contrastada mediante la realización de pruebas mucho más específicas.

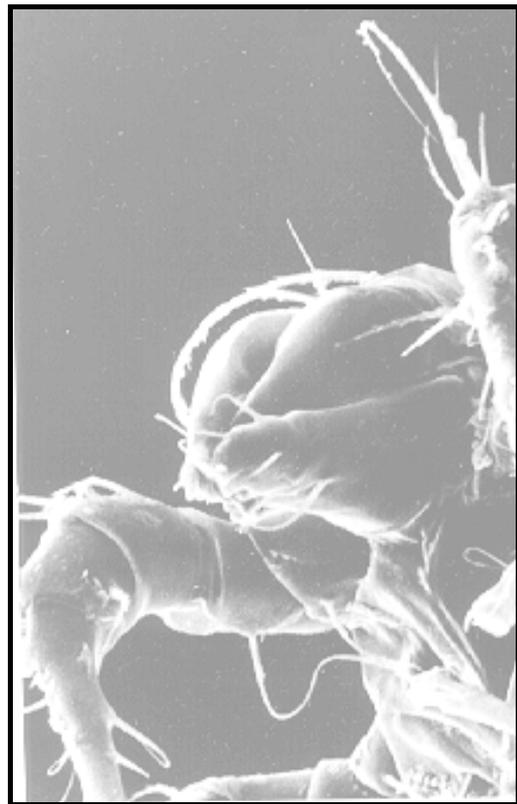
Sin embargo, el principal motivo que justifica esta investigación es la falta, hasta la fecha, de alternativas eficaces para la erradicación o el control de estos arácnidos. Asimismo, el estudio conjunto de la plaga desde determinados aspectos biológicos no ha sido tratado con la importancia que se merece.

Por todo ello, se pretende con el presente estudio afrontar los problemas expuestos mediante el análisis de las múltiples variables y aspectos implicados en esa plaga, con objeto de lograr un mejor conocimiento de la misma y apuntar alternativas experimentales para

ulteriores estudios, cuyo fin sea el control de la contaminación que ahora tratamos.

OBJETIVOS

2



Como se ha mencionado con anterioridad, escasos han sido los trabajos orientados a ampliar el conocimiento de esta plaga. Por ello, y por ser una línea de investigación novedosa en el ámbito de la cátedra de Parasitología y Enfermedades Parasitarias de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Extremadura, se consideró necesario establecer los siguientes objetivos preliminares:

- 1.- Realizar una revisión bibliográfica extensa en la cual se analizaran determinados aspectos de este grupo de ácaros que anteriormente no habían sido tratados de forma sistemática y con profundidad. Este hecho justifica por sí mismo la amplitud del siguiente capítulo.
- 2.- Estudiar la etiología de la plaga; conocer qué especies dominan la acarofauna de estos productos. A este respecto, se considera conveniente elaborar unas claves de identificación específicas para este tipo de ácaros, siguiendo patrones taxonómicos de identificación preestablecidos.

Sin embargo, el fin último de este trabajo, desde esa perspectiva de estudio sistemático e integral de la plaga, es aportar soluciones prácticas para el control de los ácaros en los secaderos y bodegas del jamón. Para ello se plantean dos patrones de trabajo, en laboratorio y en la industria, con una serie de objetivos específicos:

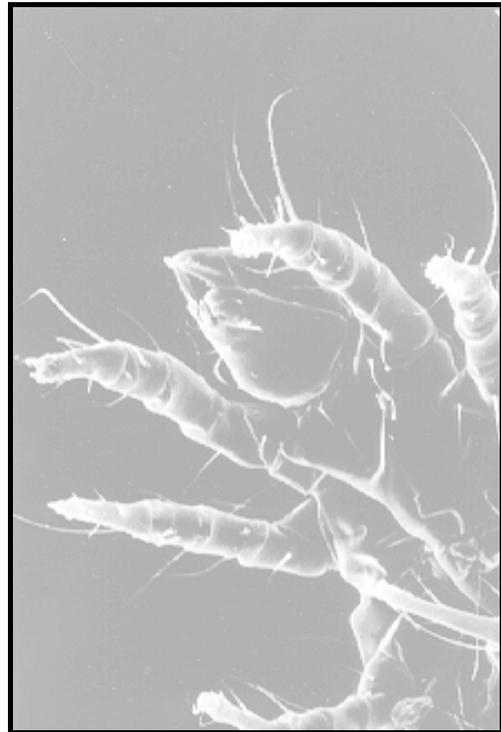
- 3.- Desarrollar cultivos *in vitro* de los ácaros en diferentes medios, con el fin de disponer de un número suficiente de especímenes para la realización de las pruebas en laboratorio.
- 4.- Estudiar la respuesta de los ácaros frente a diferentes productos químicos naturales como posible alternativa de control.
- 5.- Realizar diferentes pruebas físicas para comprobar sus efectos sobre los ácaros y valorar, de este modo, la posibilidad de su aplicación simultáneamente y en combinación con las sustancias químicas naturales.

6.- Extrapolar a la industria los resultados obtenidos en las pruebas precedentes, mediante la puesta a punto de un protocolo para el control de los ácaros durante el proceso de curación de los jamones en un secadero experimental.

7.- Valorar las diferentes estrategias empleadas hasta la fecha para el control de los ácaros y apuntar posibles alternativas experimentales para el futuro.

3

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA



3.1

ÁCAROS DOMÉSTICOS. CARACTERÍSTICAS GENERALES.

Durante el *Second International Workshop on Dust Mite Allergens and Asthma* celebrado en la última década del pasado siglo, se propuso el empleo del término "ácaros domésticos" para referirse al conjunto de ácaros que habitan entornos humanos, y cuya capacidad para inducir una sensibilización alérgica de tipo I ha sido demostrada. Dentro de ese conjunto se encuadran taxones tales como los ácaros del polvo doméstico, los ácaros de almacenamiento y sus ácaros predadores. Todos ellos comparten características comunes que facilitan su estudio conjunto (Colloff y Spieksma, 1992).

3.1.1. RESEÑA HISTÓRICA

Los ácaros están considerados como uno de los grupos animales más antiguos. Los primeros restos fósiles hallados datan del temprano devónico, hace 400 millones de años (Norton *et al.*, 1988; Kethley *et al.*, 1989), e incluso algunos de ellos se encuentran perfectamente conservados en ámbar.

Asimismo, se sabe que habitan en las casas desde hace más de dos milenios. Aristóteles (384-322 a. C), en el Libro V de su *Historia Animalium*, describe un animal de tamaño muy pequeño, blanco y que aparentemente carecía de cabeza. El filósofo y naturalista estagirita utiliza el adjetivo *ἀκαρῆς*: "pequeño, minúsculo" y con alfa en función privativa *α-κάρη*, *α-κάρα*: "sin-cabeza" (Aristt. H.A. 5, 32, 2). En otro pasaje usa un derivado *ἀκαριαίος* con el significado de "muy pequeño" (Aristt. H.A. 8, 2, 11). La forma nominal de género neutro, otro derivado de *ἀκαρῆς*, sería *ἀκαρί*, *-εως*, que, entre otras acepciones, viene a significar "arador de la sarna" y "arador del queso", hoy conocidos como *Sarcoptes scabiei* y *Tyrollichus casei* respectivamente. De la forma nominal griega en singular,

ákapi, ha evolucionado a *acarus*, singular latino, adoptándose consecuentemente *acari* para referirse al plural (Sánchez Salor, S., Com. Pers.). Con tales antecedentes morfológicos y semánticos, no parece casual que el término *Acarus* lo utilizara por primera vez Scaliger en 1557 para referirse al ácaro de la sarna humana (van der Hammen, 1980).

La historia de la acarología está íntimamente ligada al avance de la microscopía. Durante el periodo de desarrollo de este campo científico, gracias al descubrimiento del microscopio por parte de Antonius van Leeuwenhoek, los ácaros recibieron una considerable atención. Oudemans (1926-37), en su Historia crítica (*Kritisch Historisch Overzicht der Acarologie*), recoge en torno a 3.000 trabajos que contenían observaciones sobre los ácaros, publicados durante el periodo de 1650-1850. Esto puede ser atribuido a dos factores, tamaño y disponibilidad. El poder de resolución del ojo humano a una distancia normal de lectura es de aproximadamente 100 μm , y la mayoría de estos ácaros tiene un tamaño entre 200-600 μm , es decir, suficientemente grandes para percibirlos en movimiento, pero no resulta fácil observar sus estructuras con detalle (Griffiths y Sheals, 1971).

En 1735, Linneo clasifica 4 especies de ácaros: una garrapata, un *Parasitus*, el ácaro de la sarna del hombre y un *Trombidium*, junto con un pseudoescorpión y un insecto, en el género *Acarus*. En 1758, este género *Acarus* incluía 31 especies, entre ellas *Acarus siro*, actualmente considerada como la especie tipo del género *Acarus* por la Comisión Internacional de Nomenclatura Zoológica (van der Hammen, 1980). El conocimiento de los ácaros avanza progresivamente conforme se van estableciendo los criterios taxonómicos para la clasificación de las diferentes especies animales y a medida que se producen nuevos avances en el instrumental microscópico. De esta forma, tras la descripción de *A. siro* por Linneo, comienzan las primeras descripciones de otras especies de ácaros como *Glycyphagus*

domesticus De Geer, 1778 o *Tyrophagus putrescentiae* y *Lepidoglyphus destructor* Schrank, 1781.

A principios de la segunda mitad del siglo XIX, comenzaron a utilizarse microscopios con condensadores y los primeros objetivos acromáticos. Estos avances, junto con el empleo de medios de montaje, dieron como resultado la publicación del primer trabajo taxonómico crítico sobre los ácaros, basado en estudios morfológicos comparativos. Mégnin (1880) designó correctamente la distribución de las setas del cuerpo de numerosos Astigmata, incluido *A. siro*. Asimismo, a finales del siglo XIX, estudiosos como Oudemans, Michael, Berlese y Canestrini describieron la quetotaxia de las patas con cierto detalle. Grandjean (1935), gracias al uso del microscopio de luz polarizada, distingue varios tipos de setas o estructuras a modo de setas en los apéndices de los Actinochaeta, y estableció un sistema de nomenclatura atendiendo a estos criterios, aún vigente en la actualidad, empleado por la mayoría de los acarólogos (Griffiths y Sheals, 1971).



Figura 1. *Acarus siro* L. (= *Tyroglyphus siro* Lat., sensu Mégnin, 1880) Mégnin, 1880.

Uno de los pilares básicos que justifican el estudio de la acarología actual se centra en la observación de las especies de ácaros implicadas en fenómenos alérgicos. Floyer (1698), en su *Trabajo del Asma*, fue el primero en sospechar que la presencia de polvo en las casas estaba íntimamente ligada al padecimiento de enfermedades asmáticas. Este hecho fue puesto de manifiesto dos siglos después por Dekker en 1928, al describir el papel de los ácaros como inductores de alergias. La alergología, asociada a la presencia de ácaros, comienza a cobrar verdadero interés en 1964, cuando Voorhost *et al.* demuestran que el asma bronquial está causada por la inhalación de alergenos originados por el ácaro *Dermatophagoides spp.*, muy frecuente en el polvo doméstico.

Antes de la segunda guerra mundial, la acarología de los productos almacenados se convierte en una disciplina separada dentro de este campo de la ciencia. Se trata, en ocasiones, de las mismas especies halladas en el polvo doméstico, que tienen un papel muy importante en el deterioro de cereales y otros productos naturales o elaborados, destinados a la alimentación del hombre y de los animales, causándoles enfermedades cutáneas, entéricas y nutricionales. Sin embargo, su mayor desarrollo no llegaría hasta años más tarde, 1950-1980, periodo durante el cual se publican la mayor cantidad de trabajos relacionados con este tipo de ácaros (Zdárková, 1991a). Hoy en día se conoce con precisión el papel de estos ácaros como inductores de diferentes patologías, dado que determinadas especies constituyen una gran fuente de alergenos.

Desde principios del siglo XX se sabe que algunas especies de estos ácaros son capaces de desarrollarse en productos cárnicos curados (Rota, 1972 *cit.* Banks, 1915; Cantoni *et al.*, 1970 *cit.* Lampe, 1921 y Hase, 1927). Guinelli (1950) fue el primero en constatar la presencia de estos artrópodos sobre jamón curado. Posteriormente Cantoni *et al.* (1970) y Rota (1972) describen en Italia las principales especies que se localizan en este tipo de

alimentos. Del mismo país destacan los estudios llevados a cabo por Ottoboni *et al.* (1984 *et seq.*) o Di Loreto *et al.* (1985) dedicados por entero a este campo de investigación. En España merecen especial atención los trabajos realizados por el Instituto de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos (IATA) de Valencia y por el *Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries* (IRTA) de Cataluña, como pioneros en el estudio de los ácaros del jamón en nuestro país.

3.1.2. POSICIÓN TAXONÓMICA

Los ácaros son artrópodos quelicerados pertenecientes a la Clase Arachnida Lamarck, 1815, Subclase Acari Nitzsch, 1818. Dentro de este grupo se han descrito más de 30.000 especies. Sin embargo, esta cifra representa una pequeña fracción (quizás el 5%) del número de especies estimadas que puedan existir (Krantz, 1978).

La sistemática de esta subclase es realmente complicada dada la gran cantidad de especies presentes, a veces con muy pequeñas variaciones de tipo morfológico, lo que hace realmente difícil su encuadre taxonómico. Resulta, por tanto, muy complicado configurar una clasificación satisfactoria. Este hecho ha dado lugar a diferentes sistemas de clasificación, por lo que en la actualidad se tiende a aunar criterios, tanto de clasificación como de terminología y morfología. Los fundamentos para establecer una clasificación satisfactoria fueron sugeridos por Kramer y modificados posteriormente por varios autores a finales del XIX y a lo largo del siglo XX (Michael, Canestrini, Berlese, Oudemans, Grandjean, Vitzthum, Trägårdh, Baker, Wharton, Evans, Hughes, Fain, etc.).

Una primera división de esta subclase fue establecida por Grandjean (1935), atendiendo a la presencia o ausencia de una sustancia ópticamente activa en los pelos o setas de los ácaros, denominada actina o actinopilina, en tres grupos mayores: Anactinochitinosi, Notostigmata y Actinochitinosi. Zachvatkin (1952) acepta la clasificación establecida por

Grandjean, pero sustituye los nombres anteriormente mencionados por los de Parasitiformes, Opilioacarina y Acariformes, respectivamente. En 1968, van der Hammen introduce los términos Actinotrichida y Anactinotrichida, refiriéndose a los dos superórdenes establecidos, que sustituyen respectivamente a los de Actinochitinosi y Anactinochitinosi propuestos por Grandjean.

Los diferentes órdenes fueron definidos basándose en las características del sistema respiratorio de los ácaros. Por ello, dentro del Superorden Anactinotrichida (Parasitiformes) se distinguen cuatro Órdenes: Notostigmata With, 1904 (Opilioacarida), Tetrastigmata Reuter, 1909 (Holothyrida), Metastigmata Canestrini, 1891 (Ixodida) y Mesostigmata Canestrini 1891 (Gamasida). Asimismo, otros tres en el Superorden Actinotrichida (Acariformes): Prostigmata Kramer, 1877 (Actinedida, Tarsonemida), Astigmata Canestrini, 1891 (Acaridida) y Cryptostigmata Berlese, 1896 (Oribatida).

Superorden Anactinotrichida (Parasitiformes)	Superorden Actinotrichida (Acariformes)
Notostigmata (Opilioacarida)	Prostigmata (Actinedida)
Tetrastigmata (Holothyrida)	Astigmata (Acaridida)
Metastigmata (Ixodida)	Cryptostigmata (Oribatida)
Mesostigmata (Gamasida)	

Tabla 1. Clasificación de los ácaros en órdenes.

El Orden Astigmata domina la acarofauna presente en productos almacenados. Se ha estimado que 34 géneros, pertenecientes a 10 familias de este orden, pueden encontrarse en este tipo de productos, incluyéndose en su gran mayoría dentro del Suborden Acaridida (Fernández-Caldas *et al.*,

1999). Por su parte, Hughes (1976) describe seis familias de ácaros Astigmata asociadas con productos almacenados: Acaridae, Pyroglyphidae, Glycyphagidae, Carpoglyphidae, Chortoglyphidae e Histiosomidae.

Los pertenecientes a la Familia Acaridae son considerados como los principales ácaros capaces de colonizar alimentos. Esta familia es la más numerosa de los Astigmata de vida libre con un total de 79 géneros (Pérez-Santos y Moreno, 1991). Igualmente, los ácaros del polvo doméstico también se encuadran en dicho orden, destacando las Familias Pyroglyphidae y Glycyphagidae, con géneros de gran interés: *Dermatophagoides*, *Glycyphagus*, *Blomia*, *Lepidoglyphus*, *Gohieria* y *Euroglyphus*, entre otros. Con frecuencia, varios de estos géneros pueden coexistir tanto en productos almacenados como en el polvo doméstico. Aunque en menor medida, los ácaros pertenecientes a los Órdenes Mesostigmata, Prostigmata, y más raramente Cryptostigmata, se localizan también en alimentos y en el polvo doméstico, tratándose, por regla general, de ácaros predadores de los Astigmata.

ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
ASTIGMATA	Acaridae Ewing & Nesbitt, 1942	<i>Tyrophagus</i> Oudemans, 1924	<i>T. putrescentiae</i> Schrank, 1924 <i>T. longior</i> Gervais, 1844 <i>T. palmarum</i> Oudemans, 1924 <i>T. neiswanderi</i> Johnston & Bruce, 1965 <i>T. perniciosus</i> Zachvatkin, 1941 <i>T. similis</i> Volgin, 1949 <i>T. tropicus</i> Robertson, 1959
		<i>Acarus</i> Linneo, 1758	<i>A. siro</i> Linneo, 1758 <i>A. farris</i> Oudemans, 1905 <i>A. immobilis</i> Griffiths, 1964 <i>A. gracilis</i> Hugues, 1957
		<i>Tyrolichus</i> Oudemans, 1924	<i>T. casei</i> Oudeans, 1910
		<i>Tyroborus</i> Oudemans, 1924	<i>T. lini</i> Oudemans, 1924
		<i>Aleuroglyphus</i> Zachvatkin, 1935	<i>A. ovatus</i> Troupeau, 1878
		<i>Thyreophagus</i> Rondani, 1874	<i>T. entomophagus</i> Laboulbène, 1852
	Glycyphagidae Berlese, 1887	<i>Blomia</i> Oudemans, 1928	<i>B. tropicalis</i> Bronswijk, Cock & Oshina, 1973 <i>B. kulagini</i> Zachvatkin, 1936
		<i>Glycyphagus</i> Herong, 1938	<i>G. domesticus</i> De Geer, 1778 <i>G. privatus</i> Oudemans, 1903 <i>G. ornatus</i> Kramer, 1881 <i>G. bicaudatus</i> Hugues, 1961
		<i>Lepidoglyphus</i> Zachvatkin, 1936	<i>L. destructor</i> Schrank, 1781 <i>L. michaeli</i> Oudemans, 1903
		<i>Gohieria</i> Oudemans, 1939	<i>G. fusca</i> Oudemans, 1902
	Chortoglyphidae Oudemans, 1923	<i>Chortoglyphus</i> Berlese, 1884	<i>C. arcuatus</i> Troupeau, 1879
	Carpoglyphidae Oudemans, 1923	<i>Carpoglyphus</i> Robin, 1869	<i>C. lactis</i> Linneo, 1758
	Pyroglyphidae Cunliffe, 1958	<i>Euroglyphus</i> Fain, 1965	<i>E. maynei</i> Cooreman, 1950
		<i>Dermatophagoides</i> Bogdanov, 1864	<i>D. pteronyssinus</i> Trouessart, 1897 <i>D. farinae</i> Hughes, 1961 <i>D. microceras</i> Griffiths & Cunnington, 1971 <i>D. evansi</i> Fain, Hughes & Johnson, 1967 <i>D. siboney</i> Dusbabek, Cuervo & Cruz, 1982 <i>D. neotropicalis</i> Fain & van Bronswijk, 1973
PROSTIGMATA	Cheyletidae Leach, 1815	<i>Cheyletus</i> Latereille, 1796	<i>C. eruditus</i> Schrank, 1791 <i>C. trouessarti</i> Oudemans, 1903 <i>C. malaccensis</i> Oudemans, 1903
		<i>Cheletomorpha</i> Oudemans, 1904	<i>C. lepidopterorum</i> Shaw, 1794
	<i>Spinibdella</i> Sig Thor, 1930	<i>S. cronini</i> Baker & Balock	
MESOSTIGMATA	Laelapinae Berlese, 1892	<i>Androlaelaps</i> Berlese, 1903	<i>A. casalis casalis</i> Berlese, 1903
		<i>Hypoaspis</i> Canestrini, 1884	<i>H. aculeifer</i> Canestrini, 1884
	Ascidae Voigts & Oudemans, 1905	<i>Blattisocius</i> Keegan, 1944	<i>B. dentriticus</i> Berlese, 1918

Tabla 2. Posición taxonómica de los principales ácaros domésticos implicados en la colonización de productos almacenados y causantes de fenómenos alérgicos (Modificado de Hughes, 1976).

3.1.3. DISTRIBUCIÓN Y HÁBITATS

Si existe algún grupo dentro del reino Animal que ha logrado adaptarse a casi todo tipo de hábitat en cualquier tiempo y lugar, ése es el de los ácaros. Éstos han sido capaces de colonizar cada rincón de la tierra, tanto medio acuático como terrestre, incluidos extremos polares y alpinos, llanuras tropicales y desérticas, superficies y depósitos minerales a profundidades de 10 metros, aguas subterráneas con temperaturas de hasta 50°C, todo tipo de arroyos, ríos y aguas continentales e incluso profundas zanjas marinas de hasta 5.000 metros. Por tanto, no es de extrañar que también se hayan adaptado a alimentarse, reproducirse y desarrollarse sobre toda clase de alimentos y productos almacenados, llegando también a formar parte del hogar a través del polvo depositado en las casas. Son, pues, en líneas generales ubicuos y cosmopolitas (Evans-Walter *et al.*, 1996). Su distribución estará determinada por las condiciones ecológicas de cada región, principalmente la humedad relativa y la temperatura.

Hasta la fecha, hay referencias a multitud de substratos sobre los cuales han sido hallados ácaros domésticos. Las citas bibliográficas al respecto son innumerables: azúcar, bulbos, carnes, chocolate, cuero, especias, frutas, frutos secos, granos, harinas, heno, hongos, madera húmeda, mercancías ricas en grasa y proteína (jamones, chorizos, salami, lomos, copra, quesos o leche en polvo), paja, polvo de las casas, pieles, plantas en descomposición, polvos orgánicos, semillas, tabaco, té, vegetales secos, estiércol, cadáveres de artrópodos y vertebrados, nematodos, tubérculos podridos y en nidos de roedores, hormigas y aves, entre otros muchos.

3.1.4. IMPORTANCIA SANITARIA. PATOLOGÍAS ASOCIADAS A LA PRESENCIA DE ÁCAROS

Prácticamente dos tercios de los fenómenos alérgicos del hombre, tales como asma, rinitis y algunas manifestaciones cutáneas de hipersensibilidad,

se sabe que son consecuencia de la presencia, no sólo de ácaros ambientales, sino también de sus cadáveres, así como de los desechos que éstos dejan en los lugares donde vive o trabaja el hombre.

Las primeras citas bibliográficas referentes a la sensibilización alérgica por ácaros datan de la segunda década del siglo XX. Estudios realizados por Kern (1921), Storm van Leuven (1922) y Cooke (1922) en pacientes asmáticos, dieron como resultado reacciones cutáneas positivas utilizando extractos de polvo. Paralelamente, Ancona (1923) describe un "asma epidémica" en 21 trabajadores de grano ocasionada por *Pyemotes ventricosus*, un ácaro predador que se alimenta de las larvas de insectos que infestan granos.

Dekker (1928) fue el primero en sugerir el papel de los ácaros en la etiología de las enfermedades alérgicas, al encontrar gran cantidad de ácaros no identificados en el polvo doméstico. Pero, después de las primeras descripciones realizadas por Bogdanov sobre el Género *Dermatophagoides*, hubo de transcurrir un siglo hasta que Voorhorst *et al.* (1964) demostraran que los ácaros pertenecientes a dicho género, y no identificados específicamente hasta 1966 por Fain como *Dermatophagoides pteronyssinus*, eran los principales responsables de alergia respiratoria.

Estos ácaros domésticos, productores de potentes alergenitos capaces de inducir sensibilización alérgica y enfermedades cutáneas, pertenecen en su gran mayoría a las Familias Pyroglyphidae, Glycyphagidae, Acaridae, Cheyletidae, Chortoglyphidae y Tarsonemidae, siendo las especies más importantes *D. pteronyssinus*, *D. farinae*, *D. siboney*, *D. microceras*, *E. maynei*, *G. domesticus*, *B. tropicalis*, *L. destructor*, *A. siro*, *S. medanensis*, *A. ovatus*, *T. putrescentiae*, *C. malaccensis*, *C. arcuatus* y *Tarsonemus* spp. (Fernández-Caldas *et al.*, 1999).

Como se ha mencionado de someramente en la introducción, estos arácnidos, mediante sus alérgenos, van a producir una reacción de hipersensibilidad de tipo I, mediada por IgE, tras el segundo contacto con estos alérgenos, que penetran a través de las mucosas y son captados por las células presentadoras del antígeno, procesándolos y presentándolos a las células TH. La IgE alérgeno-específica producida se une a los mastocitos sensibilizándolos. Cuando posteriormente el alérgeno llega a los mastocitos sensibilizados, se une a la IgE de superficie provocando diferentes reacciones que liberan mediadores como la histamina y proteasa, y originan la síntesis de mediadores lipídicos como leucotrienos y prostaglandinas. Son estos mediadores, tanto preformados como de nueva síntesis, los que provocan una reacción inflamatoria aguda típica de enfermedad alérgica, cuyos síntomas más destacados son el asma y la rinitis (Roitt *et al.*, 1993).

Las principales enfermedades alérgicas causadas por sensibilización a los ácaros domésticos incluyen diferentes manifestaciones clínicas. En orden de aparición y severidad puede presentarse rinitis perenne de intensidad variable de acuerdo con la estación, una rinitis asociada a crisis bronquiales llamada asmátiforme, asma pura bien caracterizada y, más raramente, dermatitis atópica y urticaria (Fain *et al.*, 1990). Excepcionalmente, en la literatura se citan otras manifestaciones clínicas como consecuencia de la acción de los ácaros. Entre ellas, pueden aparecer reacciones anafilácticas por ingestión de alimentos contaminados por ácaros, tanto del polvo (Erben *et al.*, 1993; Spiegel *et al.*, 1995; Blanco *et al.*, 1997) como de almacenamiento (Matsumoto *et al.*, 1996). Asimismo, se menciona la posibilidad de que la ingestión de una gran cantidad de ácaros pueda inducir un síndrome gastrointestinal alérgico (Scala, 1995).

Sin embargo, pese a ser los ácaros pyroglyphidos los principales responsables de alergia respiratoria, existen, como se ha mencionado

anteriormente, otros Astigmata implicados en este tipo de procesos. Estos ácaros son los responsables de las denominadas enfermedades ocupacionales, como consecuencia de la presencia de sus alérgenos en los entornos donde trabaja el hombre. Cuthbert *et al.* (1979) y Wraith *et al.* (1979) fueron los primeros en demostrar que granjeros en contacto con granos, presentando sintomatología alérgica, dieron reacciones cutáneas y serológicas positivas al enfrentarlos a extractos de estos ácaros. Posteriormente, diferentes estudios han evidenciado que, además de los granjeros, otros profesionales trabajadores de almacenes de granos y piensos (Revsbech y Anderson, 1987; Blaney *et al.*, 1989; Iversen *et al.*, 1992; Arlian *et al.*, 1997), panaderos (Musk *et al.*, 1989; Revsbech y Dueholm, 1990) o queseros (Armentia *et al.*, 1994) son susceptibles de padecer este tipo de enfermedades.

Por lo que respecta al tema objeto específico de esta investigación, la sintomatología respiratoria y cutánea asociada a enfermedades ocupacionales también ha sido descrita en trabajadores y manipuladores de jamón curado (Ottoboni *et al.*, 1987; Larche-Mochel *et al.*, 1993; Armentia *et al.*, 1994). Si bien las referencias bibliográficas a este respecto son escasas, indudablemente estas patologías son subestimadas en muchas ocasiones, a pesar de haberse demostrado el importante papel que juegan determinadas especies de ácaros colonizadores del jamón como inductores de sintomatología alérgica. La presencia de los ácaros sobre el alimento va a producir un polvo fino o arenilla, altamente alergénico, compuesto en su mayoría por ácaros vivos, los desechos producidos por éstos y gran cantidad de cadáveres de los mismos. El contacto repetido y la inhalación de estos productos de degradación son los principales responsables de las manifestaciones alérgicas en los manipuladores de este alimento.

Un estudio realizado con una muestra de 125 trabajadores en varias fábricas italianas de curado de jamones (Ottoboni *et al.*, 1987), puso de

manifiesto que el 15% de los mismos presentaba a la anamnesis algún tipo de sintomatología, principalmente de tipo pruriginoso a nivel cutáneo, y menos frecuentemente ocular o respiratoria. El prurito, localizado sobre todo en la región de las manos y los antebrazos, era de naturaleza alérgica en cerca del 66% de los casos, mientras que en el resto parecía de origen inespecífico sobre una base irritativa por contacto físico. La realización de un test cutáneo (*prick test*) con extracto acuoso de los ácaros (*T. putrescentiae*, *T. longior* y *D. pteronyssinus*) demuestra que el porcentaje de individuos sensibilizados, con o sin síntomas, era aún más elevado, cerca del 25%, lo cual presupone la existencia de una alergia subclínica. Mediante la realización de RAST (*Radio Allergo Sorbent Test*) para los mismos ácaros, con el fin de valorar la cantidad de IgE específica, el porcentaje de positividad disminuye ligeramente. Tales resultados obtenidos con los ácaros del Género *Tyrophagus* señalan una elevada reacción cruzada entre ambas especies, concluyéndose que éstos serían los principales productores de los alérgenos presentes en el polvillo o arena de los jamones. Lo ratifica el hecho de que la positividad era mucho menor en el caso de las pruebas cutáneas realizadas con extractos acuosos de *Dermatophagoides* (más frecuente en el polvo de las instalaciones), y que la flora fúngica que crece en el jamón no es importante desde el punto de vista alergológico.

3.1.5. MORFOLOGÍA

¹El cuerpo de un ácaro se divide en dos regiones principales claramente diferenciadas: gnatosoma o capítulo e idiosoma. El gnatosoma es una región de pequeño tamaño con relación al resto de cuerpo, que se sitúa en posición anterior y donde se localizan las piezas bucales y apéndices

¹ En este apartado se describirá la morfología de los ácaros domésticos, tomando como referencia el orden Astigmata, dentro del cual se encuadra la mayoría de estos taxones, con especial énfasis en *Acarus siro* por ser una especie tipo de este orden.

adyacentes. El cuerpo del ácaro propiamente dicho está formado por el idiosoma, dividido a su vez en cuatro partes: el propodosoma, región situada entre el surco sejugal y el extremo anterior del idiosoma, donde se localizan ventralmente los dos primeros pares de patas; el metapodosoma donde se encuentran el tercer y cuarto par; el opistosoma o región posterior al cuarto par de patas, y el histerosoma, formado por la fusión del metapodosoma con el opistosoma, donde se sitúan ventralmente los órganos sexuales externos.

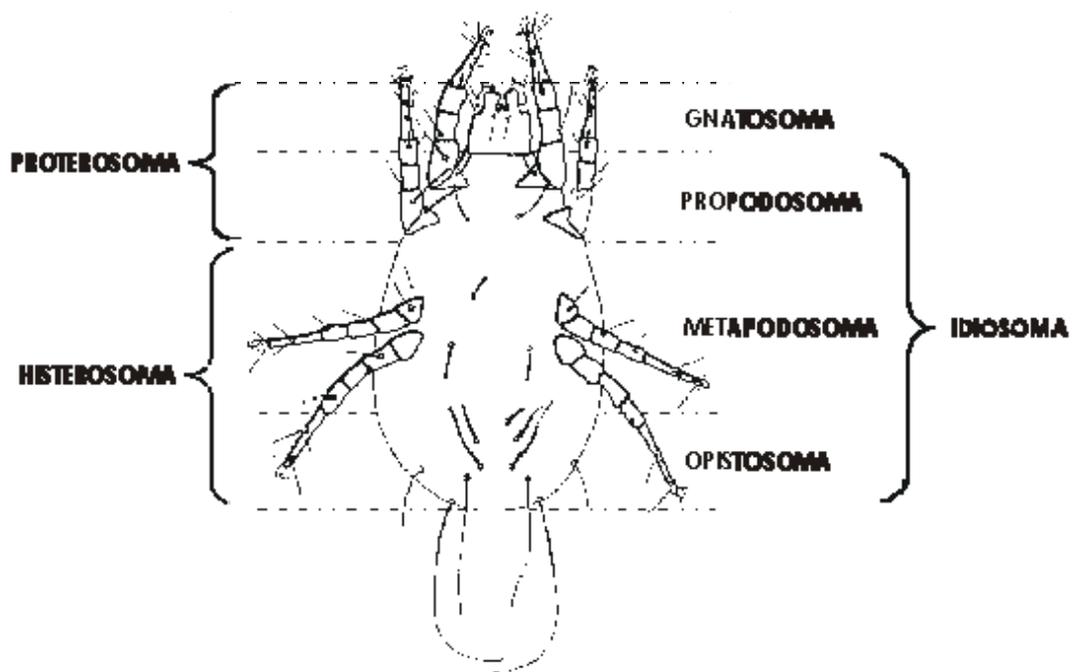
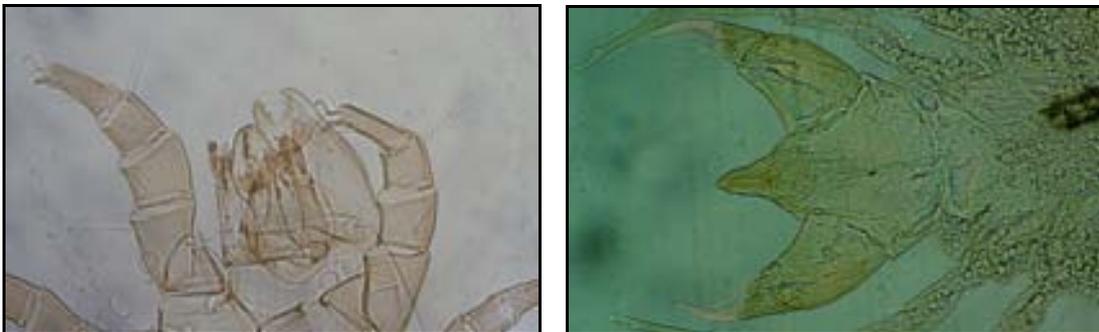


Figura 2. Partes del cuerpo de un ácaro. Modificado de Hughes (1976)

El gnatosoma está unido al idiosoma mediante una membrana artrorradial que permite su movimiento. Su base está formada por la fusión de las coxas de los pedipalpos (órganos sensoriales articulados) sobre la línea media de la cara ventral. Esta base es cóncava dorsalmente formando una depresión sobre la cual se localizan los queliceros, normalmente compuestos por tres segmentos, pero que, al igual que el resto

del gnatosoma, podrían variar dependiendo de los hábitos alimenticios de los ácaros. Estos quelíceros sirven para la prensión del alimento; son cortos y comprimidos lateralmente; su base es voluminosa y terminan hacia delante en dos dedos dentados, uno fijo y el otro móvil articulado con el precedente. La cara ventral de la base gnatosomal forma el hipostoma. La parte anterolateral del hipostoma corresponde a la mala externa, también denominada rotellum, mientras que la parte anterointerna forma la mala interna, no siempre presente. El borde dorsointerno de la mala externa forma una cresta cortante (*strigilis*), que sirve para raspar y limpiar los quelíceros de los restos de partículas alimentarias. En el interior de las malas se localiza profundamente el labrum en forma de lengua, que representa el prolongamiento anterior de la pared dorsal de la faringe. Dependiendo de los hábitos alimenticios de los ácaros, el gnatosoma y sus apéndices estarán desarrollados en mayor o menor medida adaptándose a su función nutritiva con eficacia (Hughes, 1976; Fain, 1992; Evans, 1992).



Figuras 3 y 4. Gnatosoma. *Aleuroglyphus ovatus* y *Cheyletus eruditus*

El idiosoma es una estructura a modo de saco, de morfología variable, donde se localizan las patas (región podosomal), el canal alimentario, los órganos reproductores y el sistema nervioso de los ácaros. Su coloración va a variar en función del alimento ingerido, pudiendo ser blancos, marrones, verdes, negros, anaranjados o rojos, como en el caso de

los ácaros hematófagos. Generalmente poseen una cutícula quitinosa blanca, lisa y de aspecto brillante. En determinadas especies, separando el propodosoma del metapodosoma, aparece una limitación claramente visible y diferenciada, denominada surco sejugal, que se localiza entre el segundo y tercer par de patas. Dorsalmente, sobre el propodosoma, algunos ácaros presentan un pequeño escudo punteado (escudo propodosomal), a tener en cuenta taxonómicamente (Pérez-Santos y Moreno, 1991; Fain, 1992; Spieksma, 1997).

El cuerpo de los ácaros está cubierto por un número variable de setas o pelos de morfología y función diversa. Aunque por regla general su función es sensorial táctil, también puede ser quimiorreceptora (Evans, 1992). Atendiendo a la morfología de estas setas, Hughes (1976) las clasifica en blandas o simples, ligeramente pectinadas, pectinadas, bipectinadas, con flecos, con forma de hoja, con forma de hoz, espatuladas y espinadas o espinas. La localización y número de setas en el cuerpo y patas de los ácaros son caracteres relevantes para su sistemática. Se han propuesto varios sistemas de nomenclatura para las setas del idiosoma de los Astigmata.

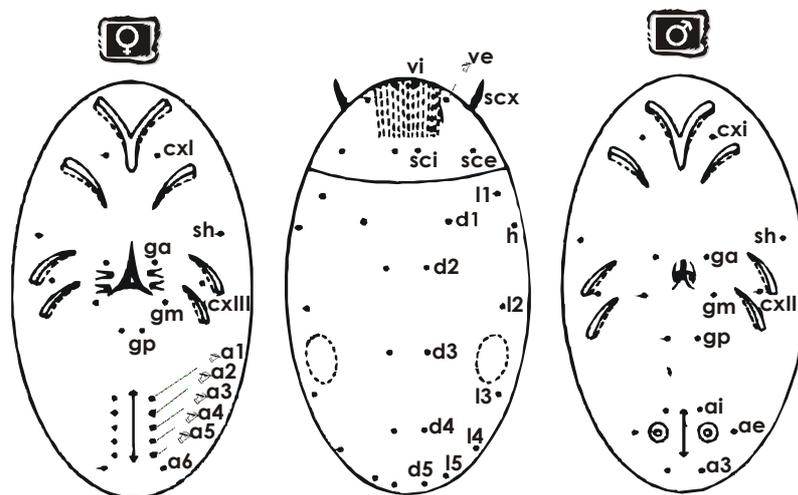


Figura 5. Quetotaxia dorsal y ventral macho y hembra. (Ottoboni y Piu, 1990)

En nuestro caso, hemos seguido el propuesto por Fain (1963) y adaptado por Ottoboni y Piu (1990) que contiene los siguientes términos: vertical interna (*vi*); vertical externa (*ve*); escapular interna (*sc i*); escapular externa (*sc e*); supracoxal (*s cx*); laterales 1 al 5 (*l₁-l₅*); humeral (*h*); subhumeral (*sh*); coxal I y III (*cxI* y *cxIII*); genital anterior (*g a*); genital medio (*g m*); genital posterior (*g p*); anales 1 al 6 (*a₁-a₆*); anal interno (*a i*) y anal externo (*a e*). (Figuras 5 y 6).

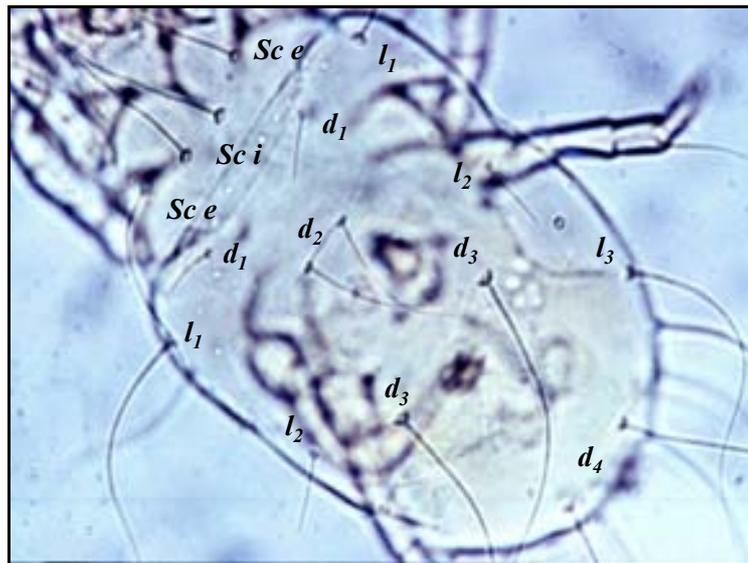


Figura 6. Quetotaxia dorsal *T. putrescentiae*

Los pares de patas se denominan con numeración romana del I al IV. Los ácaros adultos y las ninfas poseen ocho (seis en el caso de las larvas), cada una compuesta de seis segmentos: coxa, trocánter, fémur, genu, tibia y tarso. Las coxas pueden estar articuladas libremente o fusionadas con el cuerpo en forma de placas denominadas epímeros (en el borde anterior) o epiméritos (en el borde posterior), como es el caso de los Astigmata. El tarso se continúa con una uña envuelta dentro de una membrana, que se articula con éste mediante dos condilóforos laterales formando el ambulacro. La parte del ambulacro situada entre el tarso y la uña se

denomina pretarso. En determinadas especies, esta uña es frecuente que sea reemplazada por una ventosa (Fain, 1992).

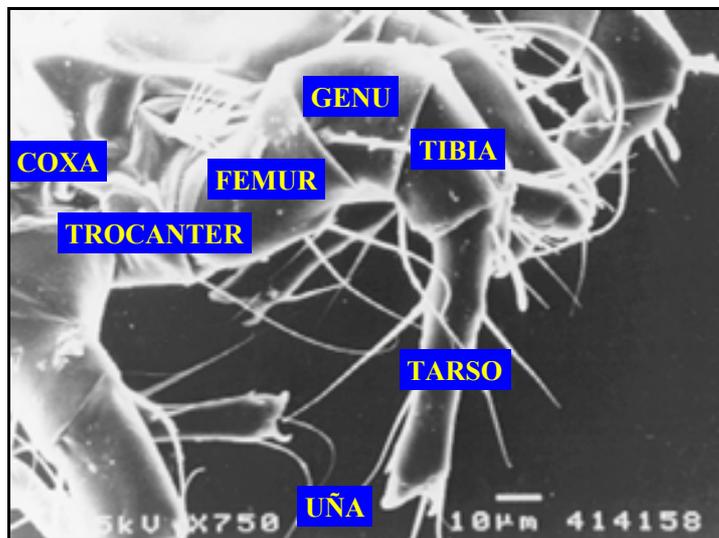


Figura 7. Pata I de *T. putrescentiae*. SEM (x750)

Al igual que en el idiosoma, la quetotaxia de las patas es una característica muy importante para la identificación de los ácaros. La localización y el número varían de unas especies a otras. Uno de los pelos o setas más diferenciados en estos artrópodos, que merece especial mención, son los solenidios. Se trata de pelos sensoriales cilíndricos, cuya pared puede ser estriada y que al contrario que el resto de los pelos de los Acaridia no son birrefringentes. Estos solenidios se designan mediante letras griegas y un número; omega (ω) cuando se localizan en el tarso; phi (ϕ) cuando se hallan en las tibias, y sigma (σ) cuando se encuentran en los genus. Sobre el tarso I, el solenidio ω_1 está generalmente situado en la base del segmento, y es flanqueado por el *famulus* (épsilon: ϵ), un pelo espinoso muy corto, de naturaleza sensorial, situado en una pequeña depresión (Fain, 1992).

Básicamente, la quetotaxia de las patas de los Astigmata viene definida de la siguiente manera: sobre el tarso I, el número máximo de setas es de 13: *aa, ba, la, ra, wa, d, e, f, p, q, s, u, v* (estas tres últimas pueden

estar transformadas en espinas); los tres solenidios ω son ω_1 , ω_2 , ω_3 , y el famulus (ϵ). En la tibia I hay dos setas: hT y gT , y el solenidio φ . En el genu I otras dos setas: mG y cG y dos solenidios σ_1 y σ_2 . Tanto el fémur I como el trocánter I presentan una única seta, vF y sR respectivamente. En el tarso IV, dos setas están modificadas en ventosas copulativas (Ottoboni y Piu, 1990).

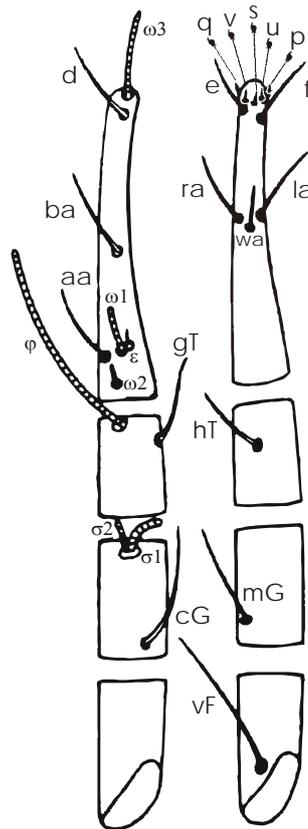


Figura 8. Quetotaxia de las patas (Ottoboni y Piu, 1990)

En la parte ventral del idiosoma, en el histerosoma, se localizan los órganos reproductores externos de los ácaros. Es éste un espacio con zonas que pueden no estar esclerosadas o formando placas. Entre los dos últimos pares de patas se sitúa la placa genital o epiginio, con el orificio genital. El macho posee un pene quitinoso rodeado de dos pares de ventosas

genitales. El orificio genital de la hembra incluye la vulva de forma triangular o de V invertida; está formada por tres labios y rodeada por dos ventosas o papilas genitales con función desconocida. Hay, asimismo, un segundo orificio sexual situado posteriormente a la vulva que sirve para la copulación. El ano se localiza más ventralmente y algunos machos poseen a ambos lados un par de ventosas anales rodeadas de un arco quitinoso, que le sirven para la cópula (con ciertas excepciones como es el caso de la Familia Glycyphagidae, entre otras).



Figura 9. Región genital. Hembra



Figura 10. Región genital. Macho

Los ácaros tienen una serie de órganos específicos o glándulas que realizan diferentes funciones y que se abren al exterior por medio de la cutícula. Cabe mencionar la bomba de agua, compuesta por el órgano de Grandjean (situado en la cara anterolateral del propodosoma), la glándula supracoxal (situada en el órgano de Grandjean y que le permite absorber agua de la atmósfera mediante la secreción de un líquido muy salado inyectado en la boca del ácaro a través del canal podocefálico) y la seta supracoxal. Otra de las estructuras propias de los ácaros son las glándulas laterales opistosomales o glándulas de aceite, localizadas entre los pelos l_2 y l_3 a cada lado del cuerpo. Su función es secretar un líquido oleoso marrón o amarillento que contiene las feromonas (Fain, 1992; Evans, 1992; Spiexsma, 1997).

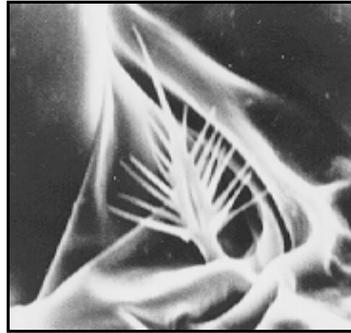


Figura 11. *T. putrescentiae*. Seta supracoxal. SEM (X2.000)

3.1.6. BIOLOGÍA

3.1.6.1. CICLO BIOLÓGICO

El ciclo de vida para la casi totalidad de los ácaros está determinado por diferentes fases o estadios: huevo, prelarva, larva, estados ninfales (protoninfa y tritoninfa) y adultos (machos y hembras).

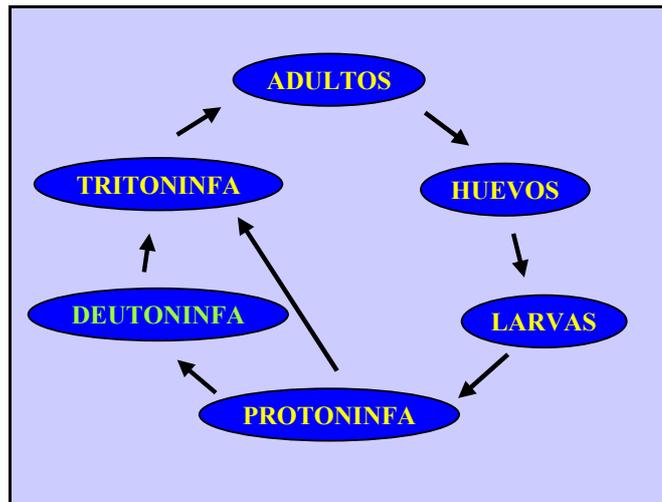


Figura 12. Ciclo biológico de los ácaros

Los huevos son grandes y ovalados con diferentes estrias, que en el momento de la puesta pueden contener un embrión generalmente en avanzado estado de desarrollo.



Figura 13. *T. putrescentiae*. Huevo

La prelarva queda reducida a una fina membrana transparente con dos pequeños órganos esclerosados en forma de conos, que le sirven para romper el huevo en el momento de la eclosión de la larva, facilitando así la dehiscencia de la misma.



Figura 14. *T. longior*. Huevo larvado. Fase de prelarva.

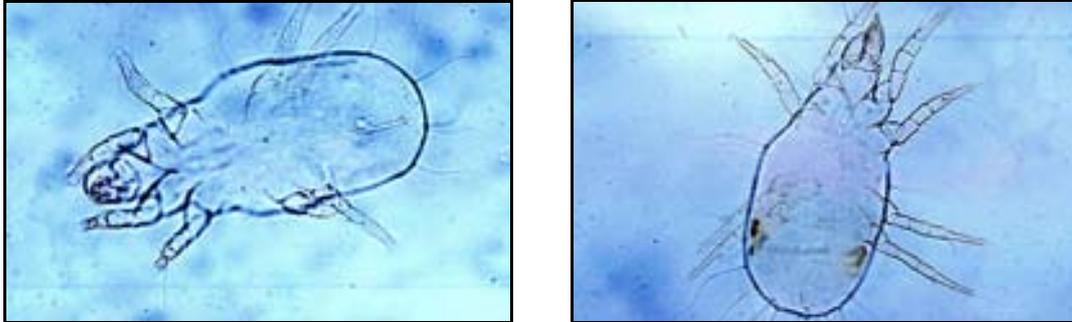
Las larvas difieren del resto de los estadios en varios aspectos. Su principal característica es que son hexápodas, carecen de ventosas genitales y presentan el órgano de Claparede; se piensa que éste tiene una función sensorial y que sería el homólogo de las ventosas genitales en el resto de estadios.



Figura 15. *T. putrescentiae*. Larva

Según Fain (1992) la tritoninfa es muy parecida a la hembra, de la que se diferencia por la ausencia de vulva y *bursa copulatrix*. En lugar de la vulva tiene dos pares de pequeñas ventosas. La protoninfa se diferencia a

su vez de la tritoninfa por poseer un único par de ventosas sexuales y porque algunas de sus setas se localizan en otra zona o carecen de ellas.



Figuras 16 y 17. *T. putrescentiae*. Protoninfa y tritoninfa.

El desarrollo y la duración de cada una de estas fases sólo han sido estudiados con precisión en determinados ácaros, principalmente los pyroglyphidos, siendo mucho menos conocidas dichas fases en los Acaridae u otras familias.

En el ciclo biológico de algunos géneros de ácaros, en ciertas circunstancias, se intercala antes del segundo estadio ninfal una fase de deutoninfa heteromórfica, también denominada *hipopus* o ninfa hipopial. El *hipopus* es una forma de resistencia y de diseminación que carece de boca, por tanto incapaz de alimentarse, que aparece cuando las condiciones del medio exterior son desfavorables, por ejemplo, tras la acumulación de desechos metabólicos, la falta de alimento, la desecación del medio, la modificación del Ph, etc. (Borchert, 1981). Fain (1992) distingue diferentes tipos morfológicos de *hipopus*: entomófilos, inmóviles (entre los que se encuentran ácaros pertenecientes a los Géneros *Acarus*, *Glycyphagus* o *Lepidoglyphus*), pilícolas, endofoliculares y subcutáneos. Pero no todos los ácaros desarrollan *hipopus*. Lo encontramos principalmente en las Familias Acaridae (con algunas excepciones, por

ejemplo, los Géneros *Tyrophagus* o *Tyrolichus*), Glycyphagidae, Lardoglyphidae o Chortoglyphidae entre otros. Sin embargo, en la Familia Pyroglyphidae no se ha descubierto este estado.

La duración del ciclo biológico varía de una especie a otra en función de las condiciones ecológicas locales, de la alimentación y de la presencia de predadores entre otras variables. Por regla general, para la mayoría de las especies oscila entre los 15-30 días de media, con temperaturas entre 18 y 30°C y rangos de HR del 60-80% (van Hage-Hamstem y Johanson, 1992). Otros autores ponen de manifiesto que el ciclo se desarrolla más rápidamente en algunas especies con grados de humedad superior a los valores citados (Cunnington, 1969).

3.1.6.2. REPRODUCCIÓN

Los ácaros presentan una reproducción de tipo sexual, ya que tanto los machos como las hembras adultos poseen órganos sexuales completos y elaborados. Aunque la anatomía de los órganos reproductores de los ácaros fue descrita desde principios del siglo pasado por Michael, hasta la fecha pocas especies han sido estudiadas con profundidad mediante microscopía electrónica, lo que representa un amplio campo aún por descubrir.

Estudios realizados al respecto (Walzl, 1992; Witalinski y Walzl, 1995) demuestran que las estructuras generales del sistema reproductor de los ácaros son bastante similares en ciertas especies, aunque la variabilidad de estructuras y conductas reproductoras es mayor en los machos que en las hembras.

El sistema reproductivo de la hembra está compuesto básicamente por una parte ovogénica y una parte inseminatoria. La primera la integran un par de ovarios y oviductos, el oviducto común, la cámara preoviporal y el oviporo. La parte inseminatoria está constituida por la abertura

inseminatoria, localizada posteriormente y cerca del ano, el canal inseminatorio y la espermateca (*receptaculum seminis*). La zona basal de la espermateca posee dos conductos eferentes cuticulares que conectan con cada uno de los ovarios. Las diferencias más notables en las distintas especies afectan principalmente al tamaño y localización.

En el caso de los machos, la estructura de sus sistemas reproductivos está básicamente compuesta por un par de testículos y conductos deferentes, el canal eyaculador y el órgano copulatorio. Una o dos glándulas accesorias pueden o no estar presentes.

Los ácaros pertenecientes al Orden Astigmata se caracterizan por un tipo de fecundación interna directa en la que el semen es introducido en el cuerpo de la hembra mediante el pene. Éste accede directamente a las vías genitales a través del orificio genital femenino o lo hace a estructuras especiales: la *bursa copulatrix* o el tubo copulador. Muy a menudo, los machos adultos copulan con tritoinfas hembras que se convierten en hembras adultas después de la cópula, aunque se observa también en cultivos de ácaros en laboratorio que machos y hembras adultas realizan la cópula. En la condición primitiva, los ácaros presentan un tipo de fecundación externa indirecta en la cual el esperma es transferido por medio de espermátóforos. Hay especies en las que el macho abandona los espermátóforos en el suelo y la hembra los localiza y los recoge sin su ayuda. Sin embargo, en otras es el propio macho el que introduce los espermátóforos en las vías genitales de la hembra, con la ayuda de sus quelíceros o con el tercer par de patas, a través del orificio genital (Fain, 1992).

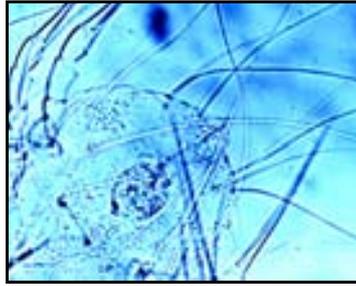


Figura 18. *G. domesticus*. Bursa copulatrix.

Dentro de los Astigmata, existen diferentes sistemas de apareamiento. Mientras que los ácaros de las Familias Pyroglyphidae y Acaridae se aparean idiosoma con idiosoma, manteniendo el gnatosoma en dirección opuesta, los pertenecientes a la Familia Glycyphagidae lo realizan con el gnatosoma en la misma dirección.

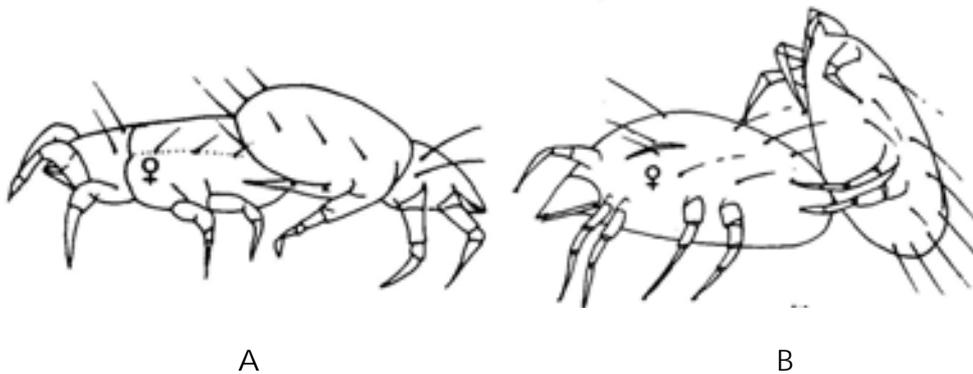


Figura 19. Acoplamiento de las Familias Acaridae, Pyroglyphidae (A) y Glycyphagidae (B) (Ottoboni et al., 1984).

Algunos autores (Fain, 1969, 1977; Bronswijk y Sinha, 1971) describen la alimentación de la larva en el cuerpo de las hembras en varios Pyroglyphidae, por lo que sugieren que esta familia de ácaros pudiera tener una facultad vivípara. Además, Fain y Hérin (1978) descubren que los huevos de *L. destructor* pueden transformarse en larvas dentro de las hembras adultas que han muerto antes de la puesta de los mismos. Este fenómeno podría explicar la viviparidad de estas especies.

El periodo prerreproductivo varía de unas especies a otras, siendo de cinco días para *T. putrescentiae* (Hart, 1990), diez para *D. farinae* (Hart y Fain, 1988) o de once días en *G. domesticus* (Hart, en Fain *et al.*, 1990). La duración del periodo reproductivo, o de ovoposición, es variable de nuevo según las distintas especies. De los 20 días que dura en *G. domesticus* (Spieksma, 1967), a los 60 de *E. maynei* (Hart y Fain, 1988), cuya hembra puede llegar a poner entre 40 y 80 huevos, y en ocasiones, como es el caso de *T. putrescentiae*, se alcanzan los 207 (Hart, 1990) o 500 (Ottoboni *et al.*, 1984), con lo que se convierte en uno de los ácaros Astigmata más prolíficos. Las magnitudes de estos parámetros reproductivos pueden variar ampliamente según que los ácaros vivan en condiciones ambientales normales, o sean cultivados *in vitro* en condiciones de laboratorio (Ottoboni *et al.*, 1984; Hart y Fain, 1988).

3.1.6.3. CIRCULACIÓN, SISTEMA NERVIOSO Y ÓRGANOS SENSORIALES

En los artrópodos, los sistemas circulatorio, nervioso y neurosecretor (o endocrino) están íntimamente asociados, siendo particularmente evidente en aquellos ácaros cuyo sistema nervioso central se encuentra dentro de un sinus perineural del sistema circulatorio (Evans, 1992).

La Subclase Acari tiene un sistema circulatorio lacunar. La hemolinfa se compone de un líquido que embeben los órganos internos de los ácaros, integrada principalmente por hemocitos (amebocitos y leucocitos). Su función es transportar nutrientes, mensajeros químicos hormonales y productos de deshecho, jugando asimismo un importante papel mecánico como soporte para los tejidos y la transferencia de energía en forma de presión hidrostática. La circulación es activada por la acción de la musculatura del cuerpo y con el movimiento de los órganos internos.

El sistema nervioso central de los ácaros está compuesto básicamente por una masa ganglionar circumesofágica fusionada con nervios periféricos que se extienden a lo largo de todo el cuerpo.

La percepción sensorial de los ácaros se efectúa a través de una serie de órganos receptores localizados en las terminaciones periféricas de las células nerviosas. La forma más común de receptor sensorial es el *sensillus*, compuesto por estructuras cuyas células nerviosas procesarán los diferentes estímulos. La mayoría de estos *sensilli* son extrarreceptores. En la subclase Acari hay cinco tipos de receptores sensoriales: mecanorreceptores (entre los cuales los más ampliamente repartidos y numerosos son las setas o pelos), quimiorreceptores (principalmente localizados en el gnatosoma y en las patas), termorreceptores, higrorreceptores y fotorreceptores (prácticamente ausentes en los Astigmata) (Evans, 1992).

3.1.6.4. DIGESTIÓN Y ALIMENTACIÓN

Los ácaros poseen un tracto digestivo bien desarrollado y completo, formado en su parte inicial por las piezas bucales y apéndices adyacentes. Esta porción del digestivo está compuesta básicamente por los pedipalpos, quelíceros y el labrum. Los pedipalpos parece ser que tienen una función sensorial, mientras que los quelíceros trituran la comida y la introducen en la región preoral. Sobre estas estructuras actúan una presión hidrostática y unos músculos para manipular los alimentos. Cuando esta zona está saturada de comida, se cierra al exterior y entra en funcionamiento una bomba faríngea muscular que transporta el alimento al canal alimentario. Éste se compone a su vez de farínge, glándulas salivares, esófago, ventrículo (estómago), intestino medio, intestino grueso y el atrio anal (Evans, 1992; Fain, 1992).

La ingestión de comida en estado líquido es una característica común a todos los ácaros en sus hábitos alimenticios. Incluso en aquellas especies en las que el alimento se presenta en forma sólida, existe un mecanismo de adaptación que permite al ácaro realizar una predigestión externa secretando enzimas en los alimentos a través de las glándulas

salivares para licuarlos (Pérez-Santos y Moreno, 1991). Por otra parte, el alimento ingerido va a condicionar en buena medida la coloración que presenta el ácaro en su cuerpo.

El alimento recorre el tracto digestivo por movimientos peristálticos, realizándose la digestión y absorción en la hemolinfa debido a la actividad de las células secretoras y digestivas en el canal alimentario.

Es muy difícil visualizar las diferentes estructuras del sistema digestivo de los ácaros mediante montajes tradicionales diseñados para su identificación. Cuando el ácaro está bien aclarado o transparentado, sí es frecuente observar bolas fecales en el intestino grueso, localizadas en la región ventral posterior del mismo de un tamaño aproximado de 20 μm . Son productos de deshecho envueltos en la denominada membrana peritrófica, descrita con detalle por Wharton y Brody (1972). Estudios alergológicos (Tovey *et al.*, 1981; Thompson y Carswell, 1988; Stewart *et al.*, 1992) demuestran que estas bolas fecales son extremadamente ricas en alérgenos, constituidas probablemente por enzimas digestivas y sus derivados. El producto final de la degradación de los alimentos ingeridos por los ácaros es la guanina, cuya cuantificación es usada como indicador del nivel de contaminación provocado por los mismos (Le Mao *et al.*, 1988).



Figura 20. *G. domesticus*. Bola fecal y huevo.

El tipo de alimento ingerido por los ácaros afecta a la fecundidad, a la duración de su desarrollo, a la longevidad, a la mortalidad y a la estructura de las poblaciones. Sus hábitos alimenticios son muy variados,

casi siempre dependientes de los hábitats en los que se desarrollan. Estas diferencias son muy evidentes en los tres grupos diferentes de ácaros domésticos.

Para la alimentación de los ácaros es sumamente importante la fracción orgánica. La constituyen derivados cutáneos del hombre (principalmente escamas epidérmicas) y de los animales domésticos, residuos de los alimentos, fibras naturales y sintéticas, pólenes, diásporas de microorganismos y artrópodos (Ottoboni *et al.*, 1984).

La alimentación de los ácaros del polvo depende básicamente de la presencia de escamas cutáneas, que sin duda viene a ser la principal fuente de nutrición para los del Género *Dermatophagoides* (Spieksma y Voorhorst, 1969). La composición de polvo de las casas tiene un contenido del 50% de minerales, 5% de sustancia grasa, 20% de proteína y un 25% de hidratos de carbono (Davies, 1958).

Los ácaros de los alimentos en ocasiones parecen tener cierta predilección por un tipo determinado de alimento, pero en su conjunto son saprófagos, fungívoros, fitófagos y granívoros. Los Acaridae, y en especial el Género *Tyrophagus*, prefieren específicamente alimentos con un alto contenido en grasa y proteína (Hughes, 1976; Fain *et al.*, 1990).

Por lo que respecta a los ácaros predadores, su dieta la constituyen otros ácaros, principalmente Astigmata, además de larvas de insectos.

3.1.6.5. RESPIRACIÓN Y EQUILIBRIO HÍDRICO

Los ácaros tienen diferentes sistemas de respiración en función de la presencia o ausencia de estigmas y de la disposición de los mismos en el cuerpo. Los que son relevantes desde el punto de vista alérgico y los que colonizan alimentos o productos almacenados, pertenecen principalmente al Orden Astigmata, lo cual indica ausencia tanto de estas aberturas

especiales en el cuerpo, como de un sistema de tubos traqueales que permita el intercambio gaseoso.

Debido a la reducida dimensión de la superficie de su cuerpo, estos ácaros no necesitan sistemas especiales de respiración, por lo que ésta es cutánea, realizando los intercambios gaseosos de oxígeno y dióxido de carbono a través de la pérdida de agua. A fin de mantener la cutícula de su cuerpo en perfectas condiciones para facilitar el intercambio gaseoso, estos artrópodos están dotados de glándulas lateroabdominales que producen una secreción condicionante (Spieksma, 1997).

Los ácaros, al igual que otros pequeños artrópodos, tienen radios de superficie que favorecen la rápida pérdida de agua por evaporación. A pesar de ello, estos animales poseen mecanismos de adaptación que les permiten conservar suficiente grado de humedad en hábitats secos, compensando de esa forma las carencias de agua que no pueden ingerir por escasez de la misma. La más importante de estas adaptaciones es un tegumento impermeable (exoesqueleto) que envuelve el cuerpo e impide la pérdida de agua por evaporación a través de la superficie del mismo. Ese tegumento les permite resistir condiciones muy bajas de HR, logrando que sean mínimas las pérdidas asociadas a procesos corporales (excreción, reproducción, alimentación, etc.). El exoesqueleto, junto a otros mecanismos de regulación con una destacable capacidad para obtener agua de la atmósfera, les permite mantener el equilibrio hídrico y sobrevivir (Arlian, 1992).

La glándula supracoxal sería uno de esos mecanismos que les permiten resistir a periodos de sequía o de disminución de la HR (Wharton y Furumizo, 1977; Wharton y Richards, 1978; Wharton *et al.*, 1979; Wharton, 1985). Dicha glándula está situada internamente en la base del primer par de patas y produce una secreción hiperosmótica e higroscópica que absorbe agua incluso cuando la HR está por debajo del 55%.

Así pues, con relación a su requerimiento total de agua, los ácaros del polvo obtienen sólo pequeñas cantidades de la misma por las vías que serían habituales: el uso de agua disponible, la ingestión de comida y la absorción pasiva de la humedad ambiente. Por lo que respecta al agua en estado líquido, dados los rudimentarios mecanismos de metabolización de los ácaros, la oxidación de aquélla que pueden llevar a cabo escasamente contribuye al mantenimiento de su equilibrio hídrico (Arlian, 1975a). Otro tanto cabe afirmar sobre sus limitadas posibilidades para restablecer el equilibrio hídrico a través de la absorción pasiva y de la ingestión de alimentos con la consiguiente oxidación de moléculas orgánicas que conlleva. En su lugar, la principal fuente hídrica es vapor de agua, activamente absorbido de la atmósfera mediante los mecanismos descritos con anterioridad (Arlian y Wharton, 1974; Arlian, 1975b, 1977). Por ello la HR es tan importante para el desarrollo y reproducción de estos ácaros.

Otros ácaros de interés en nuestro estudio, como *A. siro* o *T. putrescentiae* y varias especies de garrapatas, poseen adaptaciones similares que les permiten sobrevivir en hábitats muy secos y compensar la deshidratación asociada a diferentes tipos de procesos (Knülle, 1965, 1967; Devine, 1969; Cutcher, 1973; Devine y Wharton, 1973). A este respecto, parece demostrado que, aunque una pequeña cantidad de agua la pierda al respirar, el gasto mayor se produce por transpiración durante la producción de huevos, con las secreciones de carácter reproductivo y defensivo, y a través de la defecación-excreción (Arlian, 1992).

3.1.6.6. LONGEVIDAD

La vida media de los ácaros adultos oscila entre algunos días y varios meses, dependiendo de nuevo de las condiciones medioambientales, y variando también en función de su hábitat, ya que existen notables diferencias entre su cultivo en laboratorio y el desarrollo de los mismos en su medio natural. Aún se desconoce la duración media de la vida de muchas de estas

especies. Voorhorts *et al.* (1979) señalan una mayor longevidad en las hembras que en los machos de *D. pteronyssinus* (100-150 días frente a 60-80 días). Los ácaros de los productos almacenados, por presentar un ciclo biológico generalmente más corto que los del polvo, parecen ser menos longevos. En el caso de la Familia Acaridae, *T. putrescentiae*, la media de vida varía entre 10 y 60 días, siempre dependiendo de las condiciones ecológicas de Tª y HR en las que se desarrolla (Sinha, 1961).

En condiciones naturales, las diferentes estaciones del año influyen decisivamente en la vida media de los ácaros, siendo afectados seriamente por el rigor del invierno. Pueden resistir esas condiciones adversas manteniéndose en el estado de protoninfa y retrasando su paso a la fase adulta, disminuyendo sus necesidades de agua y alimento (Dusbabek, 1975) o formando estados hipopiales (Bronswijk, 1981).

3.1.6.7. FACTORES INFLUYENTES EN LA REPRODUCCIÓN Y EL DESARROLLO DE LOS ÁCAROS.

Los ácaros están expuestos a una serie de factores que condicionan en buena medida su éxito reproductivo y su posterior desarrollo. Son determinantes y mutuamente interrelacionados la HR y la Tª. Asimismo, existen otros factores que en menor proporción condicionan también su desarrollo como los hongos, la existencia de predadores y, más indirectamente, la alimentación y la luz por su tendencia lucífuga.

3.1.6.7.1. Humedad relativa

Actualmente, hay una cierta unanimidad en la literatura al uso respecto a que la HR es el factor más crítico e influyente en el desarrollo de los ácaros. Este hecho está bien demostrado para los pyroglyphidos en estudios realizados por Hart y Whitehead (1990) y Arlian (1992). Es fácil comprender por qué la HR resulta un factor decisivo. Como se ha mencionado previamente, los ácaros tienen un contenido en agua equivalente al 70-75%

de su peso, por lo que, a fin de mantener su equilibrio hídrico, necesitan absorberla del medio ambiente a través de la cutícula y otras estructuras. En este contexto, la actividad crítica de equilibrio (CEA) podría definirse como la tasa de HR ambiental más baja, a partir de la cual los ácaros pueden extraer suficiente agua para compensar la pérdida por transpiración, mantener el equilibrio hídrico y sobrevivir (Arlan y Vaselica, 1981). Para *T. putrescentiae*, dicha CEA se sitúa en una a_w del 0'60 (Rodríguez *et al.*, 1984).

Cuando el grado de humedad en el medio es alto, los ácaros absorben la mayor cantidad posible de agua, con lo cual aumentan considerablemente de peso. Esto les sirve de reserva en el caso de condiciones desfavorables, cuando la HR del medio disminuye. El rango de HR que pueden soportar los ácaros es bastante amplio, pudiendo reproducirse con valores que oscilan entre el 50 y 100%, dentro de cuyo rango aprovechan esa humedad ambiente para absorber agua y compensar la pérdida de la misma por otras vías. Cuando las condiciones del medio son desfavorables, los ácaros se adaptan a estos ambientes creando estados resistentes a la desecación. En el caso de las Familias Acaridae y Glycyphagidae, mucho más sensibles a la desecación, algunas de sus poblaciones pueden sobrevivir largos periodos en condiciones de sequía generando *hipopus* resistentes a condiciones adversas (Bronswijk, 1981). Similares mecanismos son utilizados por determinadas especies de pyroglyphidos, formando estados protoninfales que pueden resistir durante meses a humedades relativas por debajo de la humedad crítica para los estadios activos (Arlan, 1992).

Por otra parte, la HR va influir activamente en la tasa de alimentación y en la producción de alergenios, ya que incrementan el consumo de alimentos, son más prolíficos y producen mayor cantidad de materias fecales ricas en alergenios, cuando las humedades relativas del medio son elevadas.

En el caso de los pyroglyphidos, humedades relativas del 65-70% son óptimas para asegurar la absorción suficiente de agua del medio, mientras que la Familia Acaridae se desarrolla preferentemente con grados de humedad relativa superiores al 75-85%. Esto explica su mayor distribución en productos almacenados que en el polvo. Con humedades relativas menores del 50%, Arlian (1992) afirma que *D. pteronyssinus*, *D. farinae* y *E. maynei*, sólo sobreviven entre seis y once días, mientras que para *T. putrescentiae* Cunnington (1969) estima que el límite más bajo tolerable es del 60%. Asimismo, Arnau *et al.* (1987) demuestran que con humedades inferiores al 50% *Tyrolichus casei* no puede completar su ciclo.

3.1.6.7.2. Temperatura

La T^a , siendo un factor limitante, no lo es tanto como la HR, pero en buena medida ésta depende de aquélla. Son conocidos algunos máximos y mínimos térmicos entre los que pueden sobrevivir los ácaros, estimándose que algunas especies pueden vivir a temperaturas extremas (Pérez-Santos y Moreno, 1991). Por regla general, sobreviven entre -18°C y 45°C , pero la T^a óptima para el desarrollo de sus poblaciones está comprendida en un intervalo menor, $25-30^{\circ}\text{C}$ (van Hage-Hamsten y Johanson, 1992). Las poblaciones capaces de soportar valores térmicos fuera de ese intervalo se verán afectadas en su fecundidad, sufrirán alteraciones en su desarrollo, tendrán mayor tasa de mortalidad y alternarán periodos de inactividad en los estados larvarios. Pero sólo pueden sobrevivir en esas condiciones de T^a si el grado de humedad es el adecuado.

En el caso de los ácaros de almacenamiento, Cunnington (1969) constata que la T^a más baja a la que puede desarrollarse *T. putrescentiae* es de 7 a 10°C , y la más alta de 35 a 37°C . Pero al estudiar desarrollo y fecundidad en la misma especie, Hart (1990) y Ottoboni (1984) obtienen los mejores resultados a una T^a de 25°C . Cabe incluso decir que la mayoría de los autores señalan ese valor térmico como el más adecuado para el

desarrollo de los ácaros domésticos, tanto en su hábitat natural como para su cultivo in vitro.

Arnau *et al.* (1987) realizaron un estudio sobre población acarina en secaderos de jamón con los siguientes resultados: a temperaturas y humedades relativas altas, el ciclo vital se acorta; si la HR es alta y la Tª baja, el ciclo se alarga; a Tª alta y HR baja, el ciclo nuevamente se acorta con gran mortalidad; pero si ambos parámetros se mantienen bajos, el ciclo vital no suele completarse, produciéndose un estado de semilatenencia o pereciendo toda la población acarina.

No es difícil explicar por qué este tipo de ácaros está tan condicionado por la Tª. Al ser su cuerpo tan pequeño, su metabolismo depende básicamente de la Tª externa, y su cutícula no es lo suficientemente impermeable para soportar ambientes secos. Por otra parte, también la Tª y HR influyen en su comportamiento, evitando, por ejemplo, la luz o poniendo los huevos en grietas, con el único objetivo de conservar la humedad (Arnau *et al.*, 1987).

3.1.6.7.3. Presencia de Predadores. Competencia interespecífica e intraespecífica.

La presencia de ácaros predadores de los Astigmata es bastante frecuente en los alimentos y en ambientes domésticos. Este hecho va a condicionar en buena medida el éxito de las poblaciones de ácaros en un determinado hábitat. Por lo general, estos predadores pertenecen a los Órdenes Prostigmata (*Cheyletus* spp., *Cheletomorpha* spp., etc.) y Mesostigmata (*Blattisocius* spp., *Androlaelaps* spp., *Hypoaspis* spp.; *Spinibdella* spp.).



Figura 21. *Spinibdella* spp (Mesostigmata)

La actividad depredadora de estos ácaros variará sustancialmente dependiendo de si es llevada a cabo en condiciones de laboratorio o si por el contrario se va a desarrollar en su ambiente natural.

En un experimento llevado a cabo por Ottoboni *et al.* (1984), se detalla el curioso proceso de depredación que realiza *C. eruditus* sobre *L. destructor* en condiciones de laboratorio. Cuando hay pocos depredadores, comienzan a cazar durante algunos días reduciendo sensiblemente el número de presas. Posteriormente tiene lugar la puesta de huevos, llegando a poner la hembra entre 12-24 dispuestos de manera característica formando un cúmulo. La misma hembra vigila cuidadosamente su propia puesta para impedir que sean devorados por otros depredadores. Transcurridos algunos días, los huevos eclosionan dando paso a pequeñas larvas que completan el ciclo en aproximadamente 3 semanas. Es en este momento cuando los depredadores, en número más elevado, destruyen la población de *L. destructor* en pocas jornadas. Después de lo cual los *Cheyletus*, aislados en el recipiente de cultivo y no encontrando salida, practican el canibalismo hasta la extinción completa del cultivo.

Sin embargo, como bien señalan estos mismos autores, en condiciones naturales no se produce semejante situación, porque los depredadores no logran mantener la tasa presa-predador en la misma proporción que en condiciones de laboratorio y porque las presas tienen más posibilidades de evitar la captura. Por otra parte, sería

contraproducente para los predadores destruir completamente las poblaciones de ácaros que constituyen su propio sustrato, porque ello les condenaría a la extinción. De ahí que se observe también un ciclo estacional de *Cheyletus* correlativo con los *Dermatophagoides*, con un pequeño desfase inicial de algunos días (Ottoboni *et al.*, 1984).

Al margen de la presencia de predadores que interfieren en el desarrollo de las especies acarinas, se da una competencia interespecífica, especialmente patente en condiciones de laboratorio, cuando se realizan cultivos mixtos de *A. siro*, *L. destructor* y *D. pteronyssinus* (Bronswijk, 1981). Sin embargo, en su ambiente natural este fenómeno es menos frecuente, dado que las diversas especies tienen exigencias nutricionales diferentes, con lo que disminuye esta competencia interespecífica. Asimismo, mediante la producción de feromonas, tienden a delimitar su propio territorio con el fin de evitar este tipo de competencia (Ottoboni *et al.*, 1984).

Aunque no es muy frecuente la competencia intraespecífica, se ha demostrado que *D. farinae* en condiciones de laboratorio desarrolla conductas de canibalismo (Halmai, 1994). Por otra parte, tal como se ha mencionado anteriormente, *C. eruditus* se alimenta de sus propias larvas cuando se mantiene en un espacio reducido (Hughes, 1976).

3.1.6.7.4. Hongos

Dentro del Orden Astigmata, muchas especies basan su alimentación en la ingestión de hongos, siendo, en ocasiones, un factor determinante para su desarrollo. Existe un consenso general en la literatura al uso respecto a la importancia de los hongos en la nutrición de estas especies de ácaros, y que el alto grado de humedad que aquéllos requieren guarda relación con las mismas exigencias al respecto por parte de los citados ácaros (Fain *et al.*, 1990).

La presencia de hongos es especialmente importante para el desarrollo de la Familia Acaridae. Determinadas especies de hongos proliferan de manera natural en productos alimenticios, lo que facilita en buena medida la aparición de ácaros. Ya en 1923, Vitzthum (Rota, 1972) escribía al respecto sobre la asociación entre los ácaros y los hongos en los alimentos: "en la nutrición de los ácaros, el desarrollo de hongos inferiores juega un papel indudable. En cualquier lugar donde se vea presencia de micelios fúngicos, encontramos ácaros de diversos géneros. Devoradores de hongos son la mayor parte de los Tyroglyphidae. No se sabe con certeza el comportamiento de *Tyroglyphus farinae* L., que encuentra las mejores condiciones de existencia en la harina alterada. *T. casei* Oudms. y *T. farris* Oudms. no agreden el queso, pero se alimentan con la capa de mohos que se desarrolla sobre la corteza". Este hecho fue confirmado experimentalmente años más tarde, al demostrarse cómo varios géneros de Acaridae podían ser cultivados en hongos.

Sin embargo, no todos los hongos favorecen el desarrollo de estos ácaros. Se ha demostrado que determinadas especies, *Sporondema sebi*, *Wallemia sebi* y *Aspergillus restrictus*, retardan ese desarrollo, reducen la tasa de reproducción o son letales para *A. siro* (Solomon y Cunnington, 1964). Esto es atribuido a la producción de micotoxinas letales para los mismos, como demuestran Rodríguez *et al.* (1984) al cultivar *T. putrescentiae* y *Caloglyphus rodriguezii* (*C. berlesei*) sobre 11 especies y cepas de *Aspergillus*, cuatro especies de *Fusarium*, cinco especies de *Penicillium* y *Claviceps purpurea*, obteniendo resultados notables respecto a la toxicidad de algunas especies y cepas en ambas especies de ácaros.

3.1.7. CULTIVO DE ÁCAROS DOMÉSTICOS EN LABORATORIO

El cultivo de ácaros en condiciones de laboratorio ofrece importantes ventajas a la hora de trabajar con estos artrópodos. Esas técnicas facilitan el estudio de determinados aspectos relacionados con su biología y

morfología. Por otra parte, disponer de un número elevado y suficiente de especímenes resulta útil para realizar investigaciones encaminadas a conocer con detalle el papel alergénico de estos arácnidos.

Los primeros cultivos *in vitro* fueron realizados sobre ácaros colonizadores de productos almacenados, dado que, a la hora de cultivarlos aislándolos de su medio, requieren menos exigencias que los ácaros implicados en procesos alérgicos.

Por su parte, Voorhorst *et al.* (1969) fueron los primeros en comprobar que los ácaros relacionados con procesos alérgicos podían ser cultivados en laboratorio. A partir de ese momento, numerosos estudios han sido llevados a cabo tanto para determinar qué medio de cultivo resulta más adecuado para cada especie, como las condiciones de Tª y HR óptimas para su desarrollo. La mayoría de los estudios realizados hasta la fecha para determinar el medio de cultivo más favorable para los ácaros, se concentra en las especies más relevantes desde el punto de vista alergénico (dada su trascendencia sanitaria), entre las cuales destaca la Familia Pyroglyphidae. En cualquier caso, se ha demostrado que a menudo estos mismos medios de cultivo dan buenos resultados en otras familias de ácaros y son totalmente extrapolables.

3.1.7.1. Procedimiento de cultivos en laboratorio

El procedimiento de cultivos en laboratorio tiene como primer paso extraer o aislar los ácaros de las muestras donde se encuentran. En ocasiones, el número de ácaros presentes en estas muestras es insuficiente, por lo que interesa concentrarlos en su medio de origen antes de aislarlos y pasarlos al medio de cultivo definitivo. Conviene colocar junto a la muestra un recipiente con solución sobresaturada de cloruro de sodio y mantenerla a una Tª de aproximadamente 25 °C. De este modo, los ácaros dispondrán de una HR óptima para su desarrollo y se conseguirá el máximo incremento de las poblaciones (Fain *et al.*, 1990). Periódicamente, se visualizarán las

muestras al estereomicroscopio a fin de constatar si el número de ácaros es el adecuado para realizar el cultivo. En el caso de que se manipulen diferentes especies, conviene aislarlas en recipientes separados, para evitar que la presencia de predadores pueda interferir en el desarrollo de otros ácaros. Cuando se inicia un cultivo, es necesario disponer de al menos 40 individuos entre machos y hembras. Una vez seleccionado el medio de cultivo, los ácaros pueden ser emplazados en diferentes recipientes, bien en placas de Petri de al menos cinco cm de diámetro, como sugieren Fain *et al.* (1990) ó en matraces Erlenmeyer (50 ml) como describe Eraso (1996). Los cultivos se mantendrán durante al menos un mes en condiciones de T^a y HR adecuadas. Conviene, asimismo, ventilarlos periódicamente para permitir su oxigenación. Su evolución debe de ser controlada semanalmente bajo microscopía y en condiciones de esterilidad, ya que de esta forma evitaremos posibles contaminaciones fúngicas.

3.1.7.2. Medios de cultivo

En cuanto a los medios de cultivo, las posibilidades varían en función de las diferentes especies. Las escamas cutáneas humanas están consideradas biológicamente como el componente del medio de cultivo más adecuado para el crecimiento de los ácaros de la Familia Pyroglyphidae (Voorhorst *et al.*, 1969; Bronswijk, 1972; Wharton, 1976). En la práctica, el medio de cultivo más utilizado son precisamente esas escamas cutáneas humanas o el polvo recogido de las maquinillas de afeitarse, previamente lavadas con acetona, mezclados en todo caso ambos medios generalmente con levadura en polvo.

Ford y Platts-Mills (1987) añaden que para el cultivo de *Dermatophagoides* spp., además de la levadura y las escamas cutáneas, son apropiados el germen de trigo, la comida de perros, la leche en polvo, la *daphnia*, la comida de peces y el hígado desecado.

Larson *et al.* (1969) ensayaron diferentes medios para el desarrollo de *D. farinae* por separado y combinados entre sí: escamas cutáneas, polvo, harina, comida de peces, comida de perros y levadura en polvo, con los mejores resultados para la comida de perros.

Hall y McMahon (1971) realizaron otro estudio asimismo con *D. farinae* concluyendo que el cultivo óptimo correspondía a la mezcla de escamas cutáneas y levadura, comida de perro y levadura, pero también levadura sola.

En 1975, Portús ensayó cuatro medios diferentes para el cultivo de *D. pteronyssinus*: escamas epidérmicas humanas con 10% de levadura, comida de perros, comida de peces y levadura en polvo. Para *D. farinae*, probó con comida de perros, comida de peces, harina de trigo y levadura en polvo, constatando que los medios más adecuados para la primera especie eran la mezcla de escamas epidérmicas y levadura y la levadura sola, y para la segunda, la comida de peces y levadura en polvo.

Spieksma (1975) estudió el crecimiento de *D. pteronyssinus* con escamas epidérmicas tanto humanas como de diferentes especies animales: gato, perro, caballo, vaca, conejo, cobaya, oveja, cabra, visón y pato, mezcladas con igual cantidad de levadura de cerveza. Los resultados indican que *D. pteronyssinus* puede crecer en todos los medios estudiados excepto con escamas de oveja. Los valores más altos de crecimiento se observaron con las escamas humanas, las de gato y las de caballo.

Hart y Le Merdy (1988) llevaron a cabo un estudio para determinar el medio de cultivo preferente en tres especies de la Familia Pyroglyphidae: *D. pteronyssinus*, *D. farinae* y *E. maynei*. Los mejores resultados para la última especie se obtuvieron con escamas dérmicas y pelos extraídos de máquinas de afeitar. Las dos especies del género *Dermatophagoidea* estudiadas se desarrollaron preferentemente con levadura de cerveza, además de leche en polvo en el caso de *D. pteronyssinus* y harina para *D. farinae*.

Eraso (1996), en su Tesis Doctoral, estudia el crecimiento de *D. pteronyssinus* en tres medios de cultivo diferentes: levadura de cerveza y pienso comercial de ratón en proporción 1:1, hígado desecado y una mezcla 1:1 de los dos medios anteriores, observando que no había diferencias significativas entre los tres medios.

Por lo que respecta a los ácaros de los productos almacenados, Hart (1990) sugiere que las Familias Acaridae y Glycyphagidae pueden ser cultivadas en una mezcla a partes iguales de levadura y germen de trigo.

En el caso de los ácaros de depósito, *A. siro*, *A. farris*, *T. putrescentiae*, *G. domesticus* y *L. destructor*, Eaton *et al.* (1985) sugieren que el medio de cultivo idóneo sería un compuesto de germen de trigo y levadura de cerveza en proporción 1:3.

Ree y Lee (1997) ensayaron diferentes medios de cultivo para determinar el crecimiento de *T. putrescentiae*. Cultivos con sólo pienso de ratón y cultivos mezclados a partes iguales con pienso de ratón y levadura mostraron en ambos casos un crecimiento elevado y muy similar después de diez semanas de cultivo.

Sánchez-López (2000) llevó a cabo cultivos sobre *T. putrescentiae* en medios compuestos por levadura de cerveza y pienso de ratón en proporción 1:1, así como en un medio natural para esta especie, el jamón ibérico, no observándose diferencias significativas y obteniendo buena eficiencia y celeridad en el crecimiento de los ácaros en ambos medios.

Asimismo, también se han realizado estudios sobre el cultivo de ácaros con dietas fúngicas. Parkinson *et al.* (1991) comparan el crecimiento de diferentes especies de ácaros con dietas fúngicas y con germen de trigo, obteniendo mejores resultados con las primeras y siendo además *T. putrescentiae* la especie que presentó una mayor tasa de reproducción. Los

hongos constituyen, pues, un excelente medio de cultivo para ciertas especies de ácaros, dada su tendencia fungívora.

Por lo que respecta al cultivo de ácaros predadores, se puede realizar utilizando diferentes especies de Astigmata como *A. siro*, *T. putrescentiae*, *L. destructor* o *G. domesticus*, en una proporción adecuada y en condiciones climáticas idóneas para su cultivo (Hughes, 1976).

3.2 EL JAMÓN CURADO COMO SUSTRATO PARA EL DESARROLLO DE LOS ÁCAROS

3.2.1. ELABORACIÓN DEL JAMÓN CURADO

La elaboración del jamón curado es un proceso lento sujeto a unas condiciones de maduración determinadas, que tiene como objeto la obtención de un producto autoestable y duradero. Durante este largo proceso, el jamón se ve expuesto a multitud de variables que van a determinar en gran medida la calidad del producto final y consecuentemente su valor económico en el mercado.

El proceso de elaboración del jamón sigue unas fases comunes para la obtención de productos tanto de cerdo blanco como ibérico y su tronco. Sin embargo, serán las características de la materia prima las que van a determinar los parámetros de curación. Asimismo, dichos parámetros se verán modificados si se sigue un proceso de curación natural, dependiente de las condiciones climáticas de cada región y año, o si por el contrario es realizado en instalaciones industriales que permitan el control de la T^a y HR.

Básicamente, según lo describen Ventanas *et al.* (2001), el proceso de elaboración de jamón ibérico¹ consta de cuatro etapas clásicas: salado, post-salado, secado y maduración, precedido de una fase previa de acondicionamiento, que va a incluir la preparación de los perniles y la selección y clasificación de la materia prima, que comentamos brevemente a continuación.

¹Por no extender demasiado el capítulo nos ceñiremos exclusivamente en el mismo a la elaboración de jamón ibérico, haciendo referencia, cuando proceda, al proceso en el jamón curado de cerdo blanco.

3.2.1.1. Preparación de los perniles

Esta fase del proceso incluye el sacrificio, el despiece, el perfilado y el sangrado de la extremidad posterior. Debido al estado en fresco de la carne, y con el fin de evitar posibles contaminaciones exógenas y endógenas, debe ser llevada a cabo con suma higiene y en condiciones óptimas de refrigeración. Conviene, asimismo, medir el pH de las piezas para evitar carnes PSE y DFD.

El perfilado tiene por objeto conseguir una proporción determinada del pernil mediante la eliminación de musculatura, grasa y piel superficiales. Generalmente, éste es realizado siguiendo el típico corte serrano en V de la pieza muscular y de la piel en la región del codillo.

El sangrado es el último paso de la preparación de los perniles. Éste se realiza por presión manual o mecánica sobre el pernil, para eliminar restos de sangre principalmente de las arterias femoral y safena, que favorecerían su alteración al crear focos de pH neutro.

Tras la realización del perfilado y sangrado de los perniles, éstos deben mantenerse en refrigeración a 0-3°C durante 1-2 días para bajar la Tª de los mismos y evitar contaminaciones microbianas.

3.2.1.2. Selección y clasificación

Durante la etapa de selección, además de valorar el aspecto general de pernil para la elaboración de las futuras partidas, se tendrá en cuenta el pH de la pieza y la Tª de conservación de la misma. Aquéllas que presenten un pH superior a 6,2, y las que no hayan sido conservadas en rangos de Tª comprendidos entre los 3-5°C, serán rechazadas.

Para la clasificación de los perniles, se atiende principalmente a dos criterios de selección: peso (dar homogeneidad a las partidas) y composición de las grasas. El tipo de grasas y el nivel de engrasamiento de las piezas es especialmente importante en la producción de jamón ibérico.

Mediante análisis laboratoriales se determinarán los porcentajes de los cuatro ácidos grasos mayoritarios (oleico, palmítico, esteárico y linoléico), para clasificar las partidas como de "Bellota", "Recebo" o "Pienso".

3.2.1.3. Salazonado

Mediante el salazonado se pretende inhibir el desarrollo de microorganismos alterantes y patógenos produciendo una paulatina deshidratación del producto en esta etapa y en las posteriores. Asimismo, con la aplicación de la sal se consigue dar un ligero sabor salado al producto final, y regular la actividad enzimática endógena y las reacciones químicas durante la maduración.



Figura 22. Salazonado de los jamones en pilas de sal

El salazonado es realizado mediante la aplicación de una mezcla de sal común y sales nitrificantes (nitratos y nitritos) y el almacenamiento posterior en pilas. Es importante para la correcta difusión de la sal en el interior de la pieza, tener en cuenta los valores de T^a y HR de los secaderos, que deben mantenerse de 0-3°C y con una humedad en torno al 90-95%. Esta fase tiene una duración aproximada de 7-20 días, dependiendo del

peso de la pieza (generalmente 1 día por kg de peso). Terminado el proceso, se retira la sal mediante lavado y cepillado.

3.2.1.4. Post-salado

El objetivo del post-salado es conseguir una distribución homogénea de la sal por todo el producto, de manera que la concentración salina alcanzada, unida a la deshidratación que ya había comenzado en la fase anterior, disminuya la disponibilidad de agua en el alimento, es decir, su actividad del agua (a_w), inhibiendo el desarrollo de microorganismos y estabilizando la pieza.

Esta fase se realiza a una T^a de 3-5°C y con humedades relativas que descienden del 85 al 75% aproximadamente. El tiempo de postsalado varía dependiendo del tamaño de la pieza (90 días o más en jamón ibérico, por 60 en jamones de cerdo blanco), al final del cual deberá presentar una a_w inferior a 0'96.

Es conveniente respetar al máximo la duración de esta etapa y de la anterior para favorecer las reacciones de maduración, debido a los procesos de hidrólisis de proteínas y lípidos que desde el salado se vienen produciendo.

3.2.1.5. Secado

En la fase de secado, mediante el incremento de la T^a y la reducción de la HR, se pretende favorecer las reacciones formadoras de compuestos responsables del sabor y el aroma (proteolisis y procesos de degradación lipídica). Asimismo, se intenta conseguir la estabilización del color y la disminución de la a_w , que pasará de valores de 0'96 a 0'92, inhibiendo el desarrollo de microorganismos y estabilizando el pernil.

En condiciones naturales de maduración, esta fase coincide con la época primaveral y estival en la que la T^a aumenta progresivamente hacia márgenes que varían dependiendo de las regiones, entre los 15-30°C y HR

del 60-80%, en las que las piezas se mantienen durante aproximadamente 3 meses.

En secaderos artificiales, tras la salida del post-salado, se debe producir un incremento suave y paulatino de la T^a (1-2°C diarios) desde los 5 hasta los 26°C, en un tiempo aproximado de 60 días.



Figura 23. Secado de jamones con Denominación Específica de Trevélez

3.2.1.6. Maduración en bodega

La maduración en bodega es la última etapa del proceso de elaboración de jamón curado, durante la cual continúan desarrollándose en los perniles las reacciones generadoras de compuestos responsables del sabor y el aroma. El incremento de la T^a y el descenso de la HR y la a_w durante las fases de salazón, post-salado y secadero provocaban una intensa hidrólisis de lípidos y proteínas a la que siguen en esta fase procesos de condensación.

Como consecuencia de la hidrólisis de proteínas y lípidos se generarán los compuestos responsables del sabor y del aroma, entre los que

encontramos aminoácidos, péptidos, aminas, ácidos grasos libres, aldehídos, cetonas, alcoholes, ésteres e hidrocarburos.

En el jamón ibérico, la duración de esta fase varía desde los 9 meses (tiempo mínimo establecido por las Denominaciones de Origen) hasta los dos años, manteniéndose el producto a temperaturas que oscilan entre los 10-20°C, HR del 70% y con una a_w del 0'90, con lo que se estabiliza definitivamente la conservación del alimento a temperatura ambiente.

3.2.2. FACTORES DEPENDIENTES DEL ALIMENTO

El jamón curado, por circunstancias inherentes a su composición y a otros factores que intervienen durante el periodo de curación y posterior almacenamiento, reúne las condiciones óptimas para la colonización de los ácaros, que encuentran en él un sustrato inmejorable para llevar a cabo con enorme éxito su reproducción y desarrollo.

La colonización del jamón por los ácaros va a estar determinada por una serie de factores como son, entre otros, la presencia de población fúngica en la superficie del producto, las condiciones ecológicas que se dan en la curación, su elevado contenido en grasa y proteína, y los compuestos responsables del sabor y el aroma que se producen durante el proceso de elaboración, los cuales parecen tener un efecto atrayente sobre los mismos.

3.2.2.1. Población fúngica

Las condiciones de HR y T^a del proceso de maduración del jamón, junto con la reducida a_w que alcanza el producto tras la fase de post-salado, favorecen el crecimiento en la superficie del mismo de bacterias micrococáceas, mohos y levaduras (Rodríguez *et al.*, 2001). La población fúngica (mohos y levaduras) va a constituir uno de los grupos predominantes de microorganismos durante gran parte del procesado del jamón, excepto en la fase de post-salado, donde debido a los valores más

elevados de la a_w , abundan las bacterias micrococáceas (Nuñez, 1995; Rodríguez, 1995).

Dicha población fúngica, que va a desarrollarse en la superficie del producto, va a estar constituida principalmente por especies del Género *Penicillium*, *Aspergillus* y *Eurotium*, y en menor medida u ocasionalmente por *Alternaria*, *Aurobasidium*, *Cladosporium*, *Carvularia*, *Paecylomyces*, *Syncephalastrum* y *Trichoderma*, en cuanto a mohos (Monte *et al.*, 1986; Ottoboni *et al.*, 1987; Nuñez *et al.*, 1996b) y *Candida albicans* y *Debaromyces hansenii*, como levaduras (Nuñez *et al.*, 1996a).

Como se ha mencionado en el capítulo precedente, existe un consenso generalizado en la literatura respecto a que los hongos constituyen uno de los pilares básicos en la alimentación de los ácaros. Por ello, es comprensible que el crecimiento de la población fúngica de manera natural sobre los jamones, favorezca la acarofauna en secaderos y bodegas. Determinados géneros de estos artrópodos (*Tyrophagus*, *Tyrolichus*, *Cheyletus*, *Cheletomorpha* y *Androlaelaps*) han sido descritos en jamones asociados a la presencia de diferentes especies de hongos y levaduras pertenecientes a los Géneros *Aspergillus* (*A. flavus*, *A. fumigatus*, *A. repens*, *A. candidus*) y *Penicillium* (*P. frequentans*, *P. crustaceum*, *P. simmetrichum*, *P. lanosum*) así como a *Candida albicans*, *Scapulariosis* spp., *Saccharomyces* spp., *Cladosporium* spp., *Epicoccum* spp., *Botrytis* spp., *Trichocladium* spp., *Acremonium* spp. y *Micropolispora* spp. (Cantoni *et al.*, 1970; Rota *et al.*, 1972; Ottoboni *et al.*, 1987).

3.2.2.2. Condiciones ecológicas de curación

A partir de la salida de los jamones de la fase de post-salado, durante las sucesivas etapas de secado y maduración en bodega, las temperaturas y humedades relativas que se alcanzan durante dichos procesos son óptimas para que los ácaros alcancen su mayor celeridad reproductiva y acaben por colonizar el jamón.

Dichos parámetros oscilan generalmente desde los 8-10°C, suficiente para su desarrollo (Kevan y Sharma, 1963), hasta los 30-33°C, próximos a la Tª óptima de reproducción (Sánchez-Ramos y Castañera, 1999), con humedades que varían entre 60-90%, lo cual les permitirá absorber suficiente cantidad de agua a través del cuerpo y así mantener su equilibrio hídrico y reproducirse con éxito en el alimento (Arlian, 1992).

3.2.2.3. Contenido en grasa y proteína

El jamón curado es un alimento con un elevado contenido en grasa y proteína. Varios géneros de ácaros colonizadores de productos almacenados, principalmente los pertenecientes a la Familia Acaridae, poseen una especial predisposición por alimentos ricos en este tipo de compuestos (Hughes, 1976; Fain *et al.*, 1990). De hecho, las especies de ácaros más frecuentemente citadas en este producto, *T. putrescentiae*, *T. longior* y *T. casei*, pertenecen a esa familia.

El jamón ibérico, por su particular contenido en grasas, se encuentra más frecuentemente expuesto a la presencia de estos artrópodos. Se sabe que determinadas especies de ácaros, concretamente *T. putrescentiae*, tienen una mayor atracción por determinados ácidos grasos monoinsaturados presentes en el jamón ibérico (Saleh *et al.*, 1987; Sato *et al.*, 1991). Asimismo, teniendo en cuenta la mayor duración de su proceso de secado y posterior establecimiento de las partidas en bodega, las posibilidades de que una pieza esté contaminada se incrementan respecto a las de un jamón de cerdo blanco, que permanece menos tiempo en los secaderos y bodegas.

3.2.2.4. Compuestos responsables del sabor y el aroma

Durante el proceso de curación del jamón, se producen una serie de transformaciones químicas que van a originar los compuestos responsables

del sabor y el aroma del mismo. Dichas transformaciones son especialmente esenciales en la calidad del producto final de cerdo ibérico.

Entre los compuestos responsables del sabor y el aroma se encuentran aldehídos, cetonas, hidrocarburos, alcoholes, lactonas, ésteres y aminoácidos (Timón *et al.*, 1995). Como señalan Escudero y López (2001), algunos de estos compuestos, en concreto las cetonas (heptanona-2, octanona-2, nonanona-2), podrían actuar como factores atrayentes para los ácaros. Dichos autores sostienen que *T. putrescentiae* manifiesta una especial tendencia por trozos de jamones a los que se añadió experimentalmente heptanona-2 durante un corto periodo de tiempo.

3.2.3. TRANSMISIÓN DE LOS ÁCAROS

La entrada de los ácaros a las plantas de producción de jamón es un proceso multifactorial. Dada su gran ubicuidad, cualquier nicho ecológico en el que se desarrollan, ambientes rurales y urbanos, granjas agrícolas y ganaderas, nidos de aves y roedores, entornos húmedos, vertederos, etc., constituye un foco de atracción para los mismos, que sin duda repercutirá de manera especial si se encuentran en las proximidades de las instalaciones de las fábricas (Suñer *et al.*, 1985; Jorrín, 2001).

El transporte de los ácaros al interior de la industria es realizado de forma pasiva por diferentes vectores. Sin duda, de todos ellos, el más habitual es el hombre, pero muy frecuentemente los insectos, los roedores y las aves, entre otros, juegan un importante papel vectorial. Por otra parte, existe la teoría de que el propio cerdo puede transportar los ácaros al interior de la industria, resistiendo éstos los tratamientos a los que se somete el pernil durante el faenado del mismo en la pezuña del animal.

3.2.4. COLONIZACIÓN DEL JAMÓN POR LOS ÁCAROS

Una vez que los ácaros se encuentran en la fábrica, serán los propios trabajadores de la industria, de forma pasiva a través de su indumentaria y

utensilios de trabajo, los que se encarguen de transmitirlos al resto de instalaciones. Asimismo, serán un factor coadyuvante para su difusión las corrientes de aire que se generen en los secaderos y la presencia de insectos, cuyo papel en la distribución de diferentes estadios vitales de los ácaros, está bien demostrado (Suñer *et al.*, 1985; Escudero y López, 2001).



Figura 24. Jamón infestado masivamente por ácaros con elevada producción de detritus altamente alergénico

Dadas las características citadas, el jamón es un alimento en el que los ácaros encuentran microhábitats muy adecuados para su desarrollo. Como consecuencia de la continua alimentación y reproducción sobre el producto, aparecerá una especie de polvillo o arenilla en la superficie del mismo (Guinelli, 1950), compuesta por ácaros vivos en todos los estadios de su ciclo evolutivo, cadáveres, detritus y mohos, con gran capacidad alergénica, que constituye la principal fuente de contagio. El contacto entre las piezas y su elevada producción conlleva que los jamones ubicados en las estructuras superiores contagien a los que se hallan debajo. Por otra

parte, cuando ese polvillo cae al suelo, se convierte en la principal fuente de contaminación difundiendo la acarofauna por el resto de instalaciones.

Sin embargo, el ácaro no siempre permanece en la superficie del alimento. Debido a su comportamiento lucífugo, o cuando las condiciones del medio son desfavorables, aquél consigue penetrar en el interior del producto. Al margen de su capacidad como zapador, aprovecha las grietas que se producen en el jamón durante el secado, las fascias musculares o el agujero de cala para introducirse en el mismo (Arnau *et al.*, 1987). Igualmente, el corte del hueso coxal y el codillo en los jamones con caña y pezuña seccionadas son zonas habituales de acceso al interior de la pieza. La formación de estas soluciones de continuidad en el alimento favorece la penetración de bacterias micrococáceas, lo cual junto a la elevada tasa de reproducción alcanzada por los ácaros en esos adecuados microhábitats, añadido al continuo desgaste ocasionado en el producto, provoca alteraciones en el sabor y olor de las piezas.



Figuras 25 y 26. Lugares habituales de penetración de los ácaros al interior del jamón.

3.2.5. CRECIMIENTO DE LOS ÁCAROS EN EL JAMÓN

Según Escudero y López (2001), las poblaciones de ácaros en el jamón presentan una curva de crecimiento sigmoideal en la que se pueden distinguir tres fases: de latencia, exponencial y estacionaria. La fase de latencia coincide con un periodo de aclimatación a las condiciones del secadero y su duración es variable. Durante esta etapa, el número de individuos de la población se mantiene bajo y crece muy lentamente. En la fase exponencial se produce la mayor explosión demográfica en un periodo de tiempo muy corto. Por último, durante la fase estacionaria, se detiene el ritmo de crecimiento de los ácaros. Esto puede deberse bien a la competencia entre individuos o a la escasez de nutrientes, alcanzándose el tope máximo de población que podría soportar el jamón, a partir del cual el número de ácaros permanecería constante.

3.2.5.1. Fases iniciales

Durante las primeras etapas de elaboración del jamón curado, salazonado y post-salado, los valores de T^a son muy bajos y no permiten el desarrollo de los ácaros, pero sí la supervivencia. Frente a estas condiciones ecológicas adversas, buscan refugio en grietas o agujeros del suelo, paredes o incluso en los mismos jamones (Arnau *et al.*, 1987), a la espera de mejores temperaturas.

Por otra parte, determinadas especies de estos arácnidos, como *T. putrescentiae*, son eurihalinas, por lo que toleran muy bien la sal que no actuaría como inhibidor de su desarrollo, sobre todo en fases posteriores (Escudero y López, 2001).

3.2.5.2. Secado

Existe un consenso generalizado en toda la literatura consultada respecto a que el secado es la fase más crítica del proceso de curado de los jamones para la aparición de los ácaros.

El aumento paulatino de la Tª desde los 8-10°C, que coincidiría con la fase de latencia o adaptación en la que su crecimiento es lento, hasta valores de 25-30°C, con los cuales consiguen su mayor tasa reproductiva en fase exponencial, junto al grado de HR que se alcanza, hacen de esta fase el momento idóneo para el desarrollo de los ácaros.

3.2.5.3. Maduración en bodega

Debido a las condiciones ecológicas más moderadas que se dan en esta etapa de la elaboración, el desarrollo de los ácaros disminuye coincidiendo probablemente con la fase estacionaria (Escudero y López, 2001). Sin embargo, llegado este momento y tras el crecimiento que se ha producido durante el secado, el producto puede haber sufrido daños irreversibles.

3.3

LOS ÁCAROS DEL JAMÓN

Hasta la fecha ha sido citada más de una decena de especies acarinas capaces de llevar a cabo su desarrollo y reproducción sobre el jamón curado. A este respecto, se debe diferenciar entre los que se alimentan directamente del producto, pertenecientes al Orden Astigmata, y sus ácaros predadores, encuadrados en los Órdenes Prostigmata y Mesostigmata.

Dentro del Orden Astigmata, la Familia Acaridae domina la acarofauna del jamón curado. De esta familia, se han aislado seis especies de ácaros pertenecientes a cuatro Géneros: *Tyrophagus* (*T. putrescentiae*, *T. longior*, *T. palmarum*), *Tyrolichus* (*T. casei*), *Tyroborus* (*T. lini*) y *Acarus* (*A. siro*). Igualmente, se ha citado la presencia de otras especies pertenecientes a las Familias Glycyphagidae (*G. domesticus* y *L. destructor*), y Carpglyphidae (*C. lactis*).

Por lo que respecta a los órdenes de ácaros predadores, los Prostigmata están representados por dos Géneros: *Cheyletus* (*C. eruditus*) y *Cheletomorpha* (*C. lepidopterorum*) y los Mesostigmata por otros dos *Blattisocius* (*B. dentriticus*) y *Androlaelaps* (*A. casalis casalis*).

La identificación de las distintas especies acarinas requiere de buenos conocimientos morfológicos y mucha experiencia. De hecho, a la hora de establecer un plan de lucha contra los ácaros del jamón no es indiferente conocer sobre qué especie concreta estamos actuando. Saber qué especies colonizan los secaderos en un determinado momento; cómo es y cuánto dura su ciclo biológico; cuál es la tasa de reproducción de cada especie; cuáles son sus límites fisiológicos vitales o si están sujetos a la posible presencia de ácaros predadores, entre otros factores, va a ser determinante en el momento de diseñar las diferentes estrategias para su control.

3.3.1. ASTIGMATA

3.3.1.1. *Tyrophagus putrescentiae*

Entre el amplio número de especies colonizadoras de alimentos que constituyen la Familia Acaridae, uno de los ácaros por excelencia del jamón curado es sin duda *Tyrophagus putrescentiae* Schrank, 1781 (Sin. *Acarus putrescentiae* Schrank, 1781; *Tyrophagus longior* var. *castellani* Hirst, 1912; *T. noxius* Zachvatkin, 1941; *T. brauni* E. y F. Türk, 1957), conocido vulgarmente como "*copra mite*", el ácaro de la copra o *mould mite*, ácaro de los mohos.

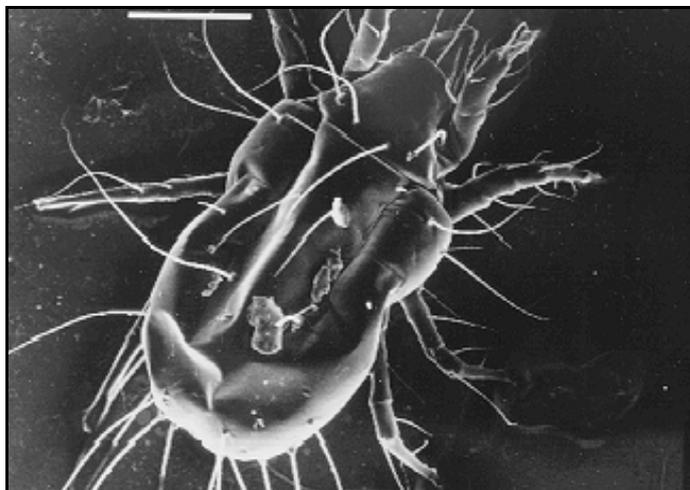


Figura 27. *T. putrescentiae*. Vista dorsal. SEM (x200)

Se trata de una de las especies más cosmopolitas de la Subclase Acari (Dastyh, 1990, lo cita incluso en la Antártida), por lo que su distribución y hábitos alimenticios son muy variados. Existen referencias bibliográficas sobre multitud de substratos, en especial, sobre una amplísima gama de productos almacenados. Sus hábitats predilectos están vinculados a aquellos productos sujetos a condiciones de Tª y HR elevadas, en los cuales se desarrollen hongos y ofrezcan un elevado contenido en grasa y proteína (Hughes, 1976)

Si bien hay datos sobre la presencia de los ácaros en el jamón desde hace más de 50 años (Ghinelli, 1950), la primera descripción fiable de una determinada especie se debe a Cantoni *et al.* (1970), que identifican en Italia precisamente a *Tyrophagus putrescentiae*, denominándolo "*l'acaro del prosciutto crudo stagionato*". En años posteriores, la presencia de *T. putrescentiae* en el jamón curado ha sido denunciada reiteradamente en los principales países productores de tan exquisito producto, como es el caso de Italia en las Denominaciones de Origen de Parma y San Daniele (Ottoboni *et al.*, 1984, 1987; Di Loreto *et al.*, 1985), Alemania (Weidner y Rack, 1982), en el Alentejo Portugués (García-Cuadrado *et al.*, 1997) y en España, tanto en jamones serranos como ibéricos (Lorenzo y Flores, 1988; Arnau y Guerrero, 1994; Lorenzo, 1996; García-Cuadrado *et al.*, 1997; Sánchez-López, 2000; Navarrete *et al.*, 2000; Escudero y López, 2001; Sánchez-Ramos y Castañera, 2001; Jorrín *et al.*, 2001).

Ha sido ampliamente observada su presencia en otros productos curados y en alimentos con alto contenido en grasa y proteína como salami, chorizo, queso, copra o leche en polvo (Robertson, 1961; Rota, 1972; Hughes, 1976; Ottogalli *et al.*, 1977; Domenichini, 1978; Wilkin, 1979; Galli *et al.*, 1980; Lozzia y Ottoboni, 1987; Pagani, 1987; Pagani y Ciampitti, 1991, 1992; Pagani y Zanotti, 1994). Asimismo, se ha citado sobre otros muchos substratos: granos y semillas, cultivos, plantas, frutas y frutos secos, como maíz, trigo, centeno, avena, cebada o arroz (Pagliarini, 1979; Mahmood, 1992), en cebolla y ajo (Tseng, 1979; Hafez y Tharwat, 1990), pepino (Espinosa, 1977; Voigts, 1990), plátanos y manzanas (Sinha, 1963; Hughes, 1976), semillas de girasol, tabaco y algodón (Hughes, 1976); también en champiñones y setas (García-Rollán, 1978) así como en pistachos y otros frutos secos (Mehrnejad y Ueckermann, 2001).

Es bastante frecuente hallar a *T. putrescentiae* en el polvo de las casas (Ottoboni *et al.*, 1984; Ottoboni y Piu, 1990; Fain *et al.*, 1990;

Fernández-Caldas *et al.*, 1999), donde juega un importante papel como agente causante de procesos alérgicos. Su presencia en este hábitat doméstico dependerá principalmente de condiciones de HR elevadas que favorecen su desarrollo, a diferencia de los pyroglyphidos, que soportan humedades relativas más bajas (Ottoboni *et al.*, 1984).

Los entornos rurales son otro de los enclaves frecuentes de estos artrópodos para reproducirse y desarrollarse. Su presencia en establos y pajares está bien documentada (Smrz y Jungova, 1989; Kazhdaya, 1996).

Los nidos de aves y roedores constituyen, asimismo, un hábitat adecuado para el desarrollo de esta especie, realizando además, en muchas ocasiones, un importante papel vectorial para la dispersión de la misma a otros entornos, según múltiples referencias bibliográficas.

Biología

Como hemos mencionado anteriormente, uno de los elementos básicos en la alimentación de los ácaros, y en especial de esta especie, son los hongos. *T. putrescentiae* encuentra en el jamón, de manera natural durante el proceso de curación del mismo, especies pertenecientes principalmente a los Géneros *Aspergillus*, *Eurotium* y *Penicillium*, sobre los cuales lleva a cabo con enorme éxito sus funciones de nutrición y reproducción.

En 1958, Rivard observa su crecimiento con *Aspergillus* spp. y Griffiths *et al.* (1959) y Sinha y Mills (1969) demostraron que puede desarrollar su ciclo sobre diferentes especies de hongos pertenecientes a los Géneros *Eurotium* y *Penicillium*, constatando, asimismo, la atracción de *T. putrescentiae* y *A. siro* por 10 especies de hongos pertenecientes al Género *Penicillium*, donde *T. putrescentiae* se mostró como el fungívoro más eficiente. Por otra parte, Bolaños *et al.* (1991) señalan a *T. putrescentiae* como contaminante de cultivos de *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp., *Pythium* spp., *Phytophthora* spp y *Rhizoctonia* spp., pero multiplicándose preferentemente con *Fusarium* spp.

Ottoboni *et al.* (1987) observan la presencia de *T. putrescentiae* en jamones asociado a los hongos *Aspergillus flavus* y *Scapulariopsis brevicaulis*. A su vez Pagani y Zanotti (1994) describen la asociación en quesos de *T. putrescentiae* con hongos pertenecientes a los Géneros *Mucor*, *Aspergillus*, *Monilia* y *Penicillium*.

También se ha señalado a *T. putrescentiae* como posible vector de bacterias patógenas. Salles-Gazêta *et al.* (2000) describen la contaminación por este ácaro de placas de Petri conteniendo agar Saboroud, donde observan crecimiento fúngico y bacteriano. Cuando aíslan esas bacterias, descubren colonias de *Klebsiella* spp. en el 100% de las placas contaminadas, *Pseudomonas aeruginosa* en un 50% y *Staphylococcus aureus* y *Candida albicans* en un 25% de las mismas, constatando que no aparecen más de dos especies diferentes de bacterias en una misma placa.

Respecto a su ciclo biológico, Hughes (1961) hace referencia a una duración de dos o tres semanas cuando los ácaros son cultivados en germen de trigo y mantenidos a una Tª de 23°C y un 87% de HR. Barker (1967), en cultivo de pienso, constata que a una Tª de 32°C, con una HR del 98%, la duración del ciclo es de 21 días. Estos resultados contrastan con los obtenidos por Cunnington (1969), quien, cultivando la misma especie en germen de trigo, señala que, con Tª de 32°C y HR del 90%, el periodo de desarrollo es de 8'46 días. A 25°C de Tª y 75% de HR, Ottoboni *et al.* (1984) encuentran que la duración del ciclo biológico es de 14-21 días. En las mismas condiciones, observaciones realizadas por Hart (1990) muestran que su desarrollo se completa en 10 días.

Si bien esta especie puede tolerar valores extremos, el límite de Tª mínimo en el que puede ser viable su desarrollo está en torno a los 7-10°C, situándose la Tª máxima alrededor de 35-37°C. En cuanto a la HR mínima soportable para el éxito de las poblaciones, la mayoría de los autores

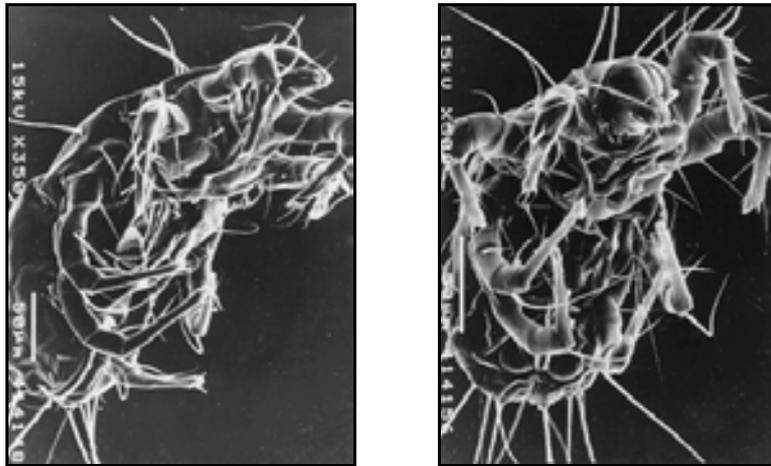
concluyen que valores por debajo del 50-60% son nocivos, de manera que no pueden completar su ciclo biológico (Cunnington, 1969; Ottoboni *et al.*, 1984).

Los valores óptimos de Tª y HR para que *T. putrescentiae* alcance la mayor tasa de crecimiento están comprendidos en un intervalo de 22 a 30°C, con HR superiores al 90%, pero siempre dependiendo del sustrato sobre el que se desarrollan (Rivard, 1961; Kevan y Sharma, 1963; Ottoboni *et al.*, 1984; Sánchez-Ramos y Castañera, 1999). Por lo que respecta al crecimiento de esta especie en secaderos de jamón, Sánchez-Ramos y Castañera (1999) descubren que con una Tª de 29'5°C, por consiguiente con una humedad muy elevada, la población de ácaros se duplicaría en 1'8 días.

Morfología

Según las descripciones morfológicas realizadas por Hughes (1976), Ottoboni y Piu (1990) y Fain (1992), *T. putrescentiae* es una especie de tamaño pequeño (280-350 µm en el macho y 320-415 µm en la hembra), con una cutícula suave y brillante, cuya coloración en sus apéndices va a depender de la naturaleza del alimento ingerido. Cuando el ácaro está vivo, su cuerpo es más alargado que en otras especies.

En el macho, el escudo propodosomal es a menudo indistinguible (dependiendo de la coloración), presenta un par de córneas a cada lado y se extiende por detrás de las setas escapulares. Las setas verticales internas (*vi*) se proyectan por delante de los quelíceros y al igual que las verticales externas (*ve*) están ligeramente pectinadas. Estas últimas emergen en un plano ligeramente posterior a las verticales internas (*vi*) y por su longitud superan al genu de las patas. Las setas escapulares interna y externa (*sc i* y *sc e*) son más largas que el propodosoma, siendo a su vez *sc e* más corta que *sc i*.



Figuras 28 y 29. *T. putrescentiae*. Hembra (izda) y macho (dra). Vista ventro-lateral. SEM (X500 y X350)

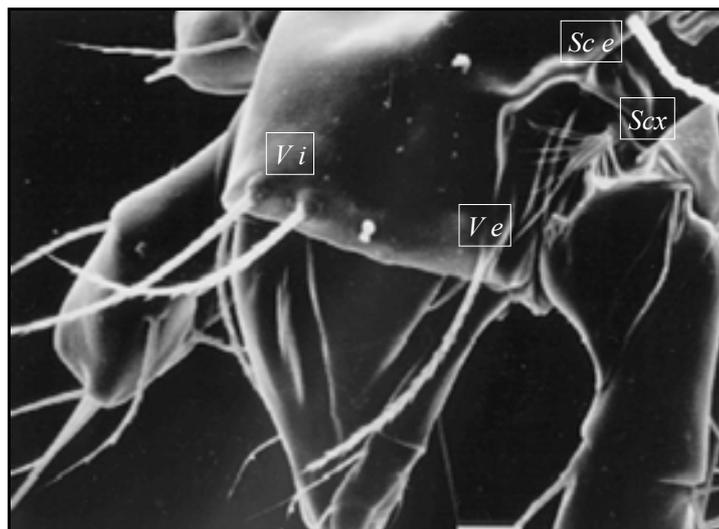


Figura 30. Gnatosoma y escudo propodosomal. *T. putrescentiae*. SEM (X1000)

La seta supracoxal (*sc x*) es ramificada y con una extensa base de la que se van proyectando escalonadamente ramificaciones que la hacen más fina. Esta base y la longitud de las proyecciones varía de unos especímenes a otros y también dependiendo del ángulo de observación. Como en otras especies del Género *Tyrophagus*, el órgano de Grandjean

tiene dos ramificaciones principales, una en forma de varilla y otra de contorno irregular.



Figura 31. *T. putrescentiae*. Seta supracoxal. SEM (x3500)

En la superficie dorsal del idiosoma, las setas dorsales primeras (d_1) y laterales segundas (l_2) son cortas y más o menos de la misma longitud, mientras que las setas dorsales segundas (d_2) tienen el doble o triple de longitud que las d_1 . El resto de las setas son largas. Presenta, además, un par de pequeñas manchas oculares pigmentadas en las regiones anterolaterales del escudo propodonotal.

En la superficie ventral, los apodemas tienen una ligera pigmentación marrón y los platos epimerales son prácticamente incoloros. Como en otros muchos Acaridae, los bordes anteriores de los apodemas I están alineados irregularmente. Su genitalia se localiza entre las coxas III y IV, orientados hacia afuera los escleritos laterales que soportan al pene. Éste es relativamente corto frente al de otras especies del mismo género, con curvatura en forma de S. La región anal está flanqueada por un par de ventosas anales que le sirven para la copulación. Éstas se extienden ligeramente por detrás del extremo posterior del ano. A este nivel, las setas anales internas (a_1) son cortas y más delgadas que las anales externas (a_e) y terceras (a_3).

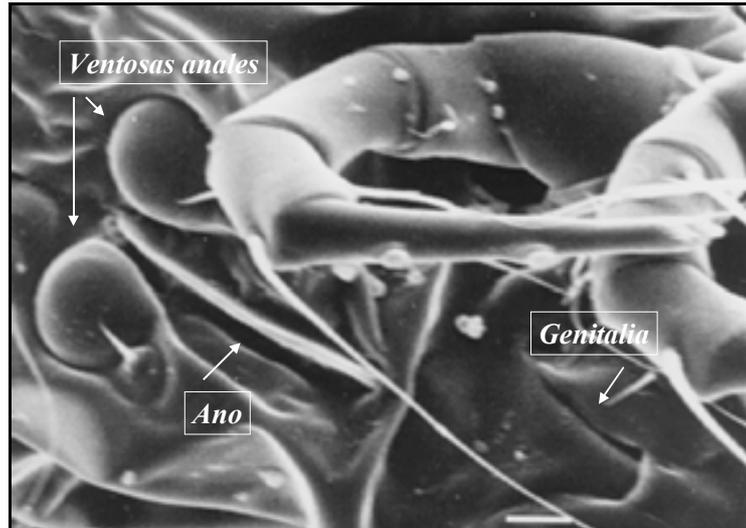


Figura 32. *T. putrescentiae*. Región genital. Macho. SEM (X1000)

Sus patas terminan en una uña o gancho con un pretarso bien desarrollado. El tarso I no sobrepasa en longitud al conjunto de genu y tibia, y su solenidio ω_1 se encuentra ligeramente expandido a nivel distal, emergiendo cerca del *famulus*. El solenidio ω_3 y la seta *d* se extienden por debajo del final de la uña y son más largos que *e*; *u*, *v* y *s* son espinas flanqueadas por las setas delgadas *p* y *q*. En el genu I, σ_1 es un poco más largo que σ_2 . El macho posee dos ventosas en el tarso IV (ventosas tarsales) equidistantes del ápice y de la base del mismo, característica importante para diferenciar las especies del mismo género, y entre ambas ventosas están situadas las setas *r* y *w*.

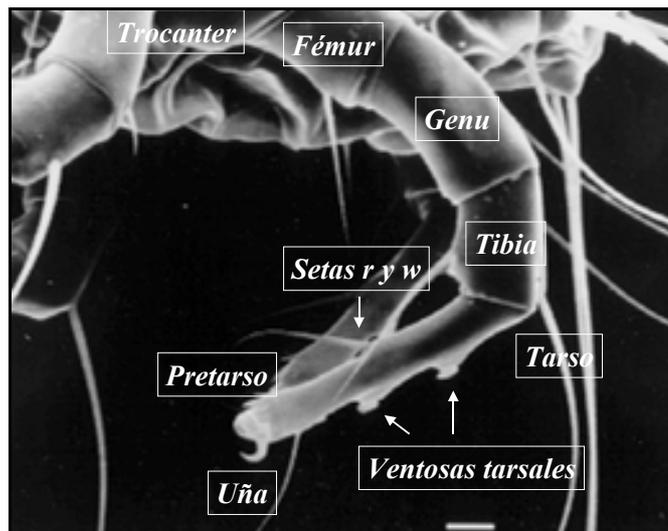


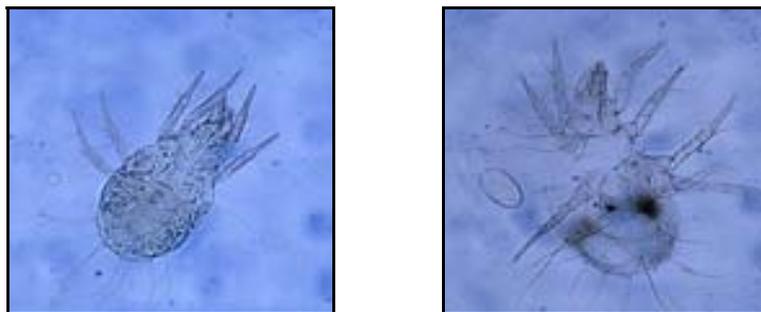
Figura 33. *T. putrescentiae*. Pata IV. Macho. SEM (X750)

Aparte del tamaño, morfológicamente machos y hembras apenas se diferencian. En la hembra su genitalia se localiza al igual que en el macho entre las coxas III y IV. La abertura anal, situada en el borde posterior del cuerpo, está flanqueada por cinco pares de setas anales. En el extremo posterior se localiza la *bursa copulatrix*, a través de la cual se produce la transferencia de espermatozoides entre el macho y la hembra.

El huevo como el de la mayoría de los ácaros es ovalado, con estrías y abultamientos, y de gran tamaño con relación al resto del cuerpo, midiendo entre 120-140 μm (Obs. Pers.). La larva se distingue fácilmente por sus tres pares de patas. Sus setas escapulares internas (*sc 1*) son más largas que las dorsales primeras y segundas (*d₁* y *d₂*) y en el extremo posterior del cuerpo se proyectan dos setas. Tiene varillas y setas coxales. *T. putrescentiae*, al igual que el resto de especies del género, carece de estado hipopial. Se distinguen los estados ninfales, como en el resto de especies de Acaridae, principalmente por la ausencia de órganos reproductores y la presencia de ventosas genitales.

3.3.1.2. *Tyrophagus longior*

Al igual que *T. putrescentiae*, *T. longior* Gervais, 1844 (*T. infestans* Berlese, 1884; *T. tenuiclavus* Zachvatkin, 1941) es otra de las especies más comunes halladas en jamones y cámaras de secado de los mismos. Su presencia ha sido constatada en jamones italianos con las Denominaciones de Origen de Parma y San Daniele (Di Loreto *et al.*, 1985; Ottoboni *et al.*, 1987) y también en España, donde ha sido observado tanto en jamones ibéricos, como serranos (Lorenzo y Flores, 1988; Acha-Gutiérrez *et al.*, 1994; García-Cuadrado *et al.*, 1997; Sánchez-López, 2000; Jorrín *et al.*, 2001). Puede colonizar simultáneamente con *T. putrescentiae* el mismo producto (Ottoboni *et al.*, 1987; Sánchez-López, 2000) sin que se aprecie una marcada competencia interespecífica.



Figuras 34 y 35. *T. longior*. Macho y hembra.

Asociada a múltiple sustratos, esta especie ha sido citada como destacada colonizadora de otros productos curados: queso (Robertson, 1961; Lozzia y Ottoboni, 1987; Pagani y Zanotti, 1994) y salami (Pagani, 1987; Pagani y Ciampitti, 1991); también de productos almacenados: granos, heno, vegetales o frutas (Emmanuel *et al.*, 1985; Voigt, 1990; Prickett y Muggleton, 1991). Asimismo, ha sido descrito como uno de los ácaros más comunes en baterías de broilers (Brady, 1970).

Biología

Su dieta, al igual que otros Acaridae, se compone básicamente de hongos y de alimentos con un elevado contenido en grasa y proteína (Hughes, 1976).

También la duración de su ciclo biológico dependerá de las condiciones ambientales de Tª y HR a las que se encuentre expuesto. Según Hughes (1976), con Tª de 23°C y 87% de HR, su desarrollo se completa en dos o tres semanas.

Morfología

Esta especie presenta pocas diferencias respecto a *T. putrescentiae*, al que supera en tamaño y con una mayor coloración en sus apéndices. Hughes (1976) señala una longitud idiosomal de 330-535 µm en el macho por 530-670 µm en la hembra.

La disposición de las setas en el idiosoma y patas es, con ligeras variaciones, prácticamente idéntica a su congénere. La seta supracoxal es curvada, más estrecha en su base y con barbillas más cortas. Las setas dorsales segundas son el doble o triple de largas que las dorsales primeras.

En sus patas, los tarsos IV son mucho más largos, encontrándose las dos ventosas tarsales más cerca de la base de este segmento que del ápice, y las setas *r* y *w* se sitúan distalmente a las ventosas.

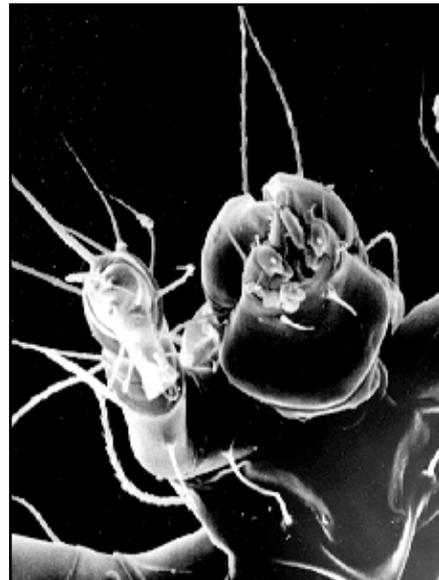


Figura 36. *T. longior*.
Propodosoma. SEM (X750)

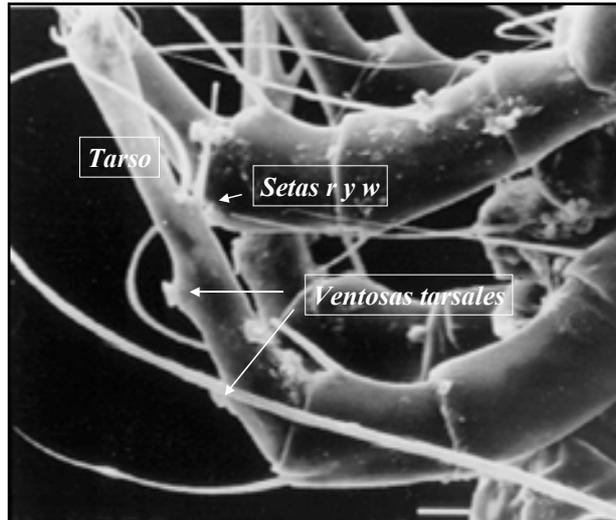


Figura 37. *T. longior*. Pata IV. SEM (X750)

Los escleritos laterales que sostienen el pene están orientados hacia dentro, siendo éste de mayor longitud que en *T. putrescentiae* y con forma de cuello de tetera. La hembra se diferencia del macho únicamente por su tamaño y por los caracteres sexuales secundarios. El huevo tiene un mayor número de abultamientos que en *T. putrescentiae* y las larvas son muy parecidas en ambas especies (Hughes, 1976).

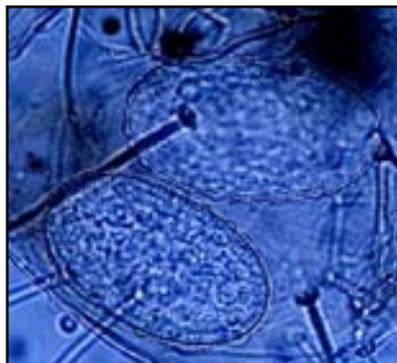


Figura 38. *T. longior*. Huevos en el interior de una hembra

3.3.1.3. *Tyrophagus palmarum*

T. palmarum Oudemans, 1924 (*T. perniciosus* Zachvatkin, 1941 sensu Hughes, 1961) es la tercera de las especies del Género *Tyrophagus* que han sido descritas en jamones. En nuestro país la única referencia sobre su posible presencia en este producto ha sido aportada recientemente por Recio-García y García-Cachán, (2002). En Italia, Di Loreto *et al.*, 1985 y Ottoboni *et al.*, 1987 lo han detectado en jamones, y más comúnmente en queso y salami (Robertson, 1961; Di Loreto, 1985; Lozzia y Ottoboni, 1987).

Morfológicamente es una especie muy parecida a *T. longior*. Según Hughes (1976), el macho presenta una longitud idiosomal de 330-450 μm por 350-550 μm en la hembra.

Las principales diferencias radican en la longitud de las setas de la parte dorsal del idiosoma, siendo las dorsales segundas tres o cuatro veces más largas que las laterales segundas. Por otra parte, sus tarsos IV tienen la misma longitud que el genu y la tibia conjuntamente, situándose las ventosas tarsales hacia la mitad de dicho segmento. Sus órganos genitales son muy parecidos a los de *T. longior*, aunque el pene es más corto.

La estructura general de la hembra es muy parecida a la del macho y la duración de su ciclo biológico es similar a las demás especies de su género (Hughes, 1976).

3.3.1.4. *Tyrollichus casei*

T. casei Oudemans, 1924 (*Tyroglyphus siro* Michael, 1901; *Tyrophagus casei* sensu Hughes, 1961) es, junto a *T. putrescentiae*, la especie más comúnmente citada en el jamón curado. Si bien su presencia ha sido escasamente descrita en el extranjero, concretamente en Alemania (Gemmer y Lamina, 1967; Schmidt y Cremmling, 1975), las referencias en nuestro país son muy numerosas (Suñer *et al.*, 1985; Arnau *et al.*, 1987; Lorenzo y Flores, 1988; García-Cuadrdo *et al.*, 1997; Sánchez-López, 2000;

Navarrete *et al.*, 2000; Jorrín *et al.*, 2001). Asimismo, es un importante colonizador de otros productos curados como queso (de ahí que se le conozca vulgarmente como *cheese mite*) cuya presencia está asociada al particular sabor de determinados quesos alemanes como el "*Milkenkase*" (Córdoba *et al.*, 2001), salami u otros embutidos (Hughes, 1976; Pagani y Ciampitti, 1991, 1992). También a él se ha referido algún autor como importante plaga en muchos productos almacenados, especialmente, una vez más, en aquellos con alto contenido en grasa y proteína (Hughes, 1976).

Biología

T. casei está adaptado a las condiciones ecológicas de los secaderos de jamones, cuyas temperaturas y humedades son óptimas para el desarrollo de sus poblaciones. Suñer *et al.* (1985) estudian su ciclo biológico en condiciones de laboratorio, indicando que su duración depende, como suele ser habitual en otras especies, de estos dos parámetros, pero en las condiciones normales de un secadero oscila entre dos y tres semanas. A una Tª de 16°C y 80% de HR, el ciclo es de 22 días; con 25°C y 80%, 14 días; a 30°C y 95%, 9 días; a 25°C y 60%, 17 días, mientras que, con 15°C de Tª y un 50% de HR, concluyen que el ciclo no se completa. Por su parte, Hughes (1976) señala una duración de entre 15 y 18 días a 23°C con un 87% de HR.

En lo tocante a sus parámetros reproductivos, han sido estudiados con detalle por Nangia y ChannaBasavanna (1989), quienes exponen que el ciclo dura 12-15 días a Tª ambiente de 26'5°C y 70% de HR, y que las mejores condiciones para su reproducción y crecimiento se alcanzan con temperaturas de 29-31°C y un 80-100% de HR.

Al igual que los ácaros del Género *Tyrophagus*, *T. casei* es un fungívoro muy eficiente, de ahí su gran apetencia por el jamón.

Morfología

En un principio, este ácaro estuvo encuadrado dentro del Género *Tyrophagus*, con el que comparte características muy similares en cuanto a morfología, siendo además una especie que presenta pocas diferencias respecto a *T. putrescentiae*, del que se distingue por su mayor tamaño (450-550 μm en el macho por 500-700 μm en la hembra).

Hughes (1976) señala que las principales diferencias radican en la presencia de un escudo propodosomal redondeado en los bordes; su seta supracoxal está expandida en la base, y tiene los bordes laterales barbados formando ángulos agudos, mientras que en su extremo distal es alargada y fina; las setas histerosomales presentan la misma disposición que en *T. putrescentiae*, siendo las más largas ligeramente pectinadas. Las setas dorsales primeras son cortas, mientras que las dorsales segundas son dos o tres veces más largas que éstas y que las laterales segundas y, a su vez, también cuatro cinco veces más que las dorsales primeras.

Tiene patas robustas y sólidas, y un tarso más corto en comparación con la otra especie; sus setas basales y solenidios están muy próximos. ω_1 es cilíndrico, ligeramente expandido en su mitad y emerge de la misma depresión que el *fámulus*; presenta una sólida espina en el extremo distal del tarso y cinco espinas rodeando la base del gancho en la cara ventral. En el tarso IV, las ventosas se localizan en la parte media del mismo, al igual que en *T. putrescentiae*. El soporte del pene, que es recto, está curvado hacia dentro.

Excepto por su mayor tamaño, la hembra es morfológicamente idéntica al macho y las larvas muy similares a las de *T. putrescentiae*. No desarrolla el estado hipopial.

3.3.1.5. *Tyroborus lini*

Su presencia en jamones debe de ser considerada como excepcional. En 1981, Estrada Peña *et al.* hacen referencia por primera y única vez a la colonización de este alimento por esta especie acarina. Anteriormente otros autores citan a *T. lini* en otro tipo de hábitats: grano enmohecido (Robertson, 1946), harinas y camas de broilers (Hughes, 1973), o como uno de los principales colonizadores de bacterias de estos últimos (Brady, 1970).

Durante bastantes años, *T. lini* Oudemans, 1924 estuvo incluido dentro del Género *Tyrophagus* (*Tyrophagus lini* sensu Hughes, 1961), pero determinados caracteres morfológicos de sus patas, concretamente su tarso I, le confiere suficientes diferencias a nivel genérico como para separarlos. Aparte esas diferencias, las demás características son comunes o muy parecidas a las del Género *Tyrophagus*.

Atendiendo a las descripciones de Hughes (1976) y Estrada Peña (1981), el macho tiene una longitud idiosomal de 350-470 μm , pero la hembra es ligeramente más larga, 400-600 μm . Dorsalmente, los machos presentan una morfología piriforme, con su escudo propodosomal de forma pentagonal, que se extiende desde la base dorsal del gnatosoma hasta el origen de la seta *sc i*. Las setas del dorso están dispuestas de manera similar a las de *T. putrescentiae*. Setas verticales largas y pectinadas; *v e* nace al mismo nivel que *v i*, en los ángulos del escudo propodosomal. La seta supracoxal es ancha, bipectinada y no muy larga, llegando hasta la mitad del fémur I. Sus setas *sc e* y *sc i* son también largas y pectinadas. Tiene cuatro pares de setas dorsales, siendo *d₁* corta, *d₂* dos veces más larga y *d₃* y *d₄* cuatro o cinco veces más largas.

Ventralmente presenta una fuerte esclerosis del esqueleto coxoesternal. El aparato copulador se sitúa en medio de los coxales III; la

abertura anal está muy próxima a la estructura anterior y flanqueada por dos pequeñas ventosas anales en su porción posterior.

Sus patas son largas y finas, aflorando ventralmente en el tarso I tres espinas modificadas, dobladas en su punta las dos primeras y recta la tercera. En el tarso IV destacan ventralmente dos engrosamientos quitinosos en el borde basal y en la punta media, que corresponden a las ventosas tarsales.

La hembra es morfológicamente muy similar al macho. Dorsalmente aparecen cinco pares de setas dorsales, en lugar de los cuatro que posee el macho. El aparato genital se abre en medio de los dos últimos pares de patas y está flanqueado por tres pares de setas genitales en disposición casi rectilínea. La abertura anal está desplazada hacia el borde posterior del cuerpo. No se observan setas preanales; sí destacan cinco pares de setas anales y dos pares de setas postanales largas.

El huevo es elíptico y muy similar al de *T. putrescentiae*, mide 100-140 μm y su superficie está surcada por abultamientos ovales y estriados. La seta supracoxal de su larva es similar a la del adulto, sin embargo, la *sc i* es considerablemente más corta que la *sc e*. Sólo tiene tres pares de setas dorsales, dos pares de setas humerales dorsales, dos pares de setas laterales y otros dos pares de setas sacras.

Su ciclo biológico dura entre 14 y 17 días, a 23°C de Tª y con un 87% de HR (Hughes, 1976).

3.3.1.6. *Acarus siro*

A. siro Lineo, 1758 (*Acarus siro* var. *farinae* L., 1758; *Aleurobius farinae* var. *africana* Oudemans, 1906) es considerada como una de las especies tipo dentro de los ácaros que afectan a productos almacenados. De distribución cosmopolita y especialmente abundante en climas templados, este ácaro constituye la mayor plaga capaz de infestar granos de cereales

y queso. Es asimismo frecuente hallarlo en harinas, o asociado al desarrollo de hongos (Sinha y Mills, 1968; Hughes, 1976; Fain, 1992). De esta forma, vulgarmente se le conoce como *flour mite*, *forage mite* y *grain mite*. Por lo que respecta a su presencia en jamones, este producto no es un sustrato habitual. La única referencia de la que disponemos se debe a Sánchez-Acedo *et al.* (1984), quienes lo aislan de piezas naturalmente infestadas.

Morfológicamente, es uno de los Acaridae mejor estudiados. Hughes (1976), Ottoboni y Piu (1990) y Fain (1992) lo describen como especie con longitud idiosomal de 320-460 μm en el macho por 350-650 μm en la hembra; de cutícula incolora, blanda y lisa. Cada sexo tiene características morfológicas propias que facilitan su diferenciación, principalmente por el gran desarrollo en el macho del primer par de patas. Su surco sejugal está bien diferenciado, presentando un pequeño escudo punteado en el propodonotun. Las setas *v i* se extienden hasta la altura de los quelíceros y su longitud es al menos la mitad de *v e*. Las setas *sc* son largas, y *sc i* algo mayor que *sc e*. La seta supracoxal está expandida basalmente y pectinada.



Figura 39. *A. siro*. Macho. Vista lateral. SEM (X350)

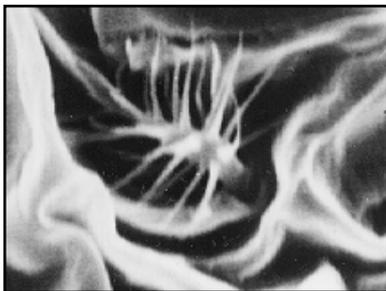
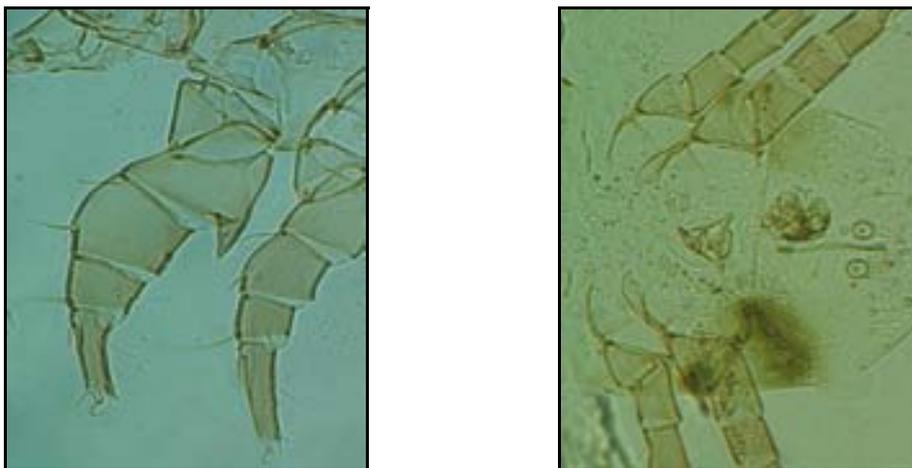


Figura 40. *A. siro*. Seta supracoxal. SEM (x 3500)

La quetotaxia idiosomal, además de las setas ya señaladas, incluye cinco pares de setas dorsales, cinco pares de setas laterales, y un par de pelos humerales, dorsalmente. Ventralmente se localizan los coxales I y III, los subhumerales, tres pares de genitales (anteriores, medios y posteriores) y seis pares de pelos en la región anal en la hembra y tres en el macho.

El macho tiene los apodemas de la pata I unidos en una línea media formando un esternón, mientras que los del resto de patas están libres. La abertura genital se localiza entre los coxales IV; el pene presenta forma de arco y a cada lado del extremo posterior del ano se localizan un par de ventosas anales. Todas sus patas terminan en un pretarso bien desarrollado con un gancho. Su primer par tiene el genu y el fémur alargados, emergiendo de este último una espuela localizada en la cara ventral del mismo.



Figuras 41 y 42. Pata I y genitalia del macho de *A. siro*

El cuerpo de la hembra es morfológicamente más ovalado. La disposición de sus setas es idéntica a la del macho, pero son más pectinadas. La abertura genital se localiza entre las coxas III y IV, y la *bursa copulatrix* se abre dentro de un tubo expansible que forma una estructura esclerosa con forma de campana. El primer par de patas, a diferencia del macho, es del mismo tamaño que las demás y no tiene espuela en su fémur.

El huevo de *A. siro* mide aproximadamente 135 μm . La larva carece de ventosas genitales, de las setas anales, genitales y de las laterales cuartas y quintas; el coxal I tiene un par de pequeñas formaciones tubulares (órgano de Claparede). La protoninfa presenta solamente un par de ventosas sexuales y otro par de setas genitales, mientras que la tritoninfa posee dos pares de ventosas sexuales y tres pares de setas anales, como en el macho (Ottoboni y Piu, 1990).

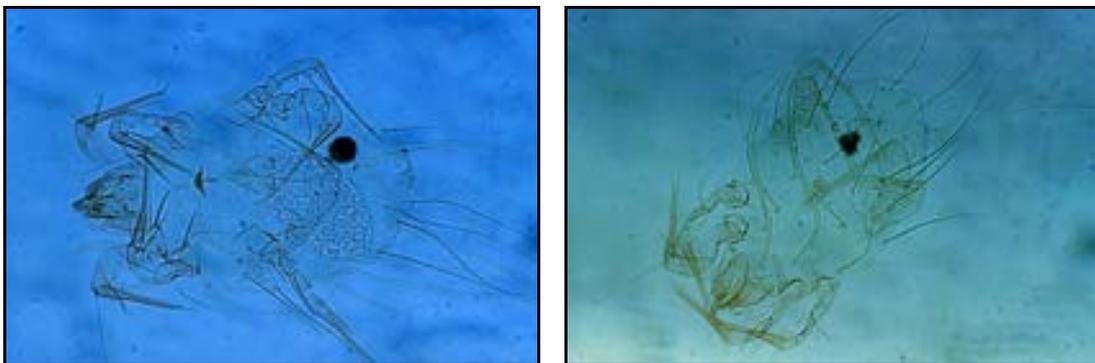
A. siro es una especie capaz de formar estados hipopiales para afrontar periodos adversos, pero no es fácil hallarlos (Hughes, 1976). El *hipopus* o deutoninfa carece de boca y, en su lugar, el gnatosoma es remplazado por una estructura denominada palposoma; posee también un ano vestigial y generalmente dos pares de ventosas genitales. La quetotaxia idiosomal tiene parecidas características que en la tritoninfa, pero faltan las setas anales primeras, mientras que las segundas y terceras son remplazadas por ventosas (Ottoboni y Piu, 1990).

Los límites físicos para el desarrollo del ciclo evolutivo de esta especie han sido estudiados con detalle por Cunnington (1965) y Solomon (1946, 1962). El primero somete a *A. siro* a diferentes gradientes de T^a y HR, observando que el rango adecuado para su desarrollo oscila entre los 25°C y 30-31°C de T^a y la HR en torno al 62%. Por su parte, Solomon (1962) observa que esta especie responde mejor a gradientes de humedad atmosférica en torno al 80-85%.

3.3.1.7. *Lepidoglyphus destructor*

L. destructor Schrank, 1781 (*Acarus destructor* Schrank, 1781; *Acarus spinipes* Koch, 1841; *Glycyphagus anglicus* Hull, 1931; *Lepidoglyphus cadaverum* (Schrank, 1781) sensu Türk y Türk, 1957; *Glycyphagus destructor* (Schrank) sensu Hughes, 1961) es una de las especies acarinas más comúnmente halladas en productos almacenados, siendo frecuente encontrarlo asociado a *A. siro* o *C. eruditus* (Hughes, 1976; Ottoboni *et al.*, 1984). Su

presencia en jamones ha sido referida desde Italia por Ottoboni *et al.* (1987), quienes lo aíslan de piezas curadas procedentes de las regiones de Langhirano y San Daniele. A pesar de su capacidad como fungívoro (Bollaerts y Breny, 1951) y haber sido citado como contaminante de cultivos de hongos en laboratorios (Sinha, 1968), este sustrato no parece ser frecuente en su desarrollo. Sí es fácil hallarlo en suelo agrícola, en granos de vegetales como trigo o arroz, en frutas secas, semillas de caña de azúcar, paja, yacija de broilers y queso (Zachvatkin, 1941; Griffiths, 1960; Sinha, 1963; Sinha y Wallace, 1966; Brady, 1970; Lozzia y Ottoboni; 1987).



Figuras 43 Y 44. Hembra y macho de *L. destructor*

L. destructor tiene una longitud idiosomal de 350-500 μm en el macho por 400-560 μm en la hembra. Según referencias de Hughes (1976), el macho es largo y presenta forma de pera con un estrechamiento entre el cuarto par de patas. Su cutícula está recubierta por multitud de minúsculas papilas. Sus setas dorsales son pectinadas y sobresalen ampliamente del resto del cuerpo. Las setas *v i* se extienden por delante de los quelíceros, mientras que *v e* afloran en la parte posterior y a la misma distancia entre ellas que las *sc i*. Ambas tienen la misma longitud. Las setas escapulares emergen en un surco transversal a lo largo del idiosoma entre las patas II. Posee dos pares de setas humerales; *d₁* más larga que *d₂*, la cual apenas

sobresale del cuerpo; d_3 , situada tras d_2 y ambas en línea con d_1 y d_4 . Emergen, asimismo, tres pares de setas laterales que aumentan progresivamente en longitud, siendo l_1 menor que l_2 y ésta, a su vez, que l_3 .

Ventralmente, los apodemas de las patas I forman un esternón corto, presentando las patas II apodemas bien desarrollados; los apodemas III y IV son más reducidos. La abertura genital en el macho está localizada entre las coxas III, con su extremo anterior marcado por un escudo triangular; dos pares de setas genitales emergen a cada lado y un tercer par lo hace desde el borde posterior de la abertura genital. La abertura anal se extiende hasta el borde posterior del cuerpo, con un par de setas en su extremo anterior.

Sus patas son largas y finas, especialmente el tercer y cuarto par, y terminan en un pretarso con un gancho o uña. Cada tarso se encuentra envuelto en una escama tarsal (wa) muy característica, unida a la base de éste. En el extremo distal del tarso, el pretarso está rodeado de tres setas (d , e , f), tres pequeñas espinas y el solenidio ω_3 . En la base del tarso, ω_1 , ω_2 y el famulus emergen juntos. En el genu I, σ_1 aparece expandido distalmente; σ_2 tiene un tamaño más del cuádruple que σ_1 , y las setas ventrales del genu y de la tibia están pectinadas.

La hembra es muy similar al macho en cuanto a forma y disposición de las setas. La abertura genital está cubierta por un epiginio en su borde anterior. La *bursa copulatrix* es un tubo corto con el borde parcialmente lobulado. El ano se extiende por la parte posterior del cuerpo, con dos pares de setas, las exteriores más largas que las interiores, insertadas a cada lado de su borde anterior.

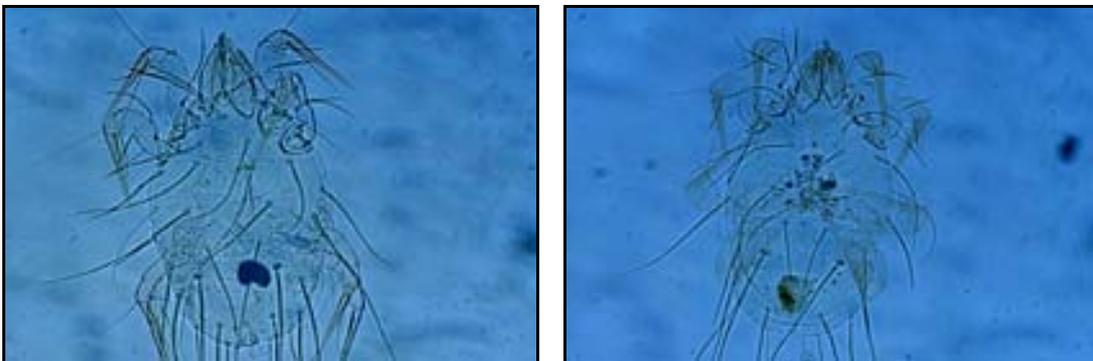
L. destructor puede desarrollar estados hipopiales. El *hipopus* es inactivo y permanece envuelto en la cutícula protoninfal. Tiene un cuerpo oval e incoloro con patas reducidas y una sutura transversal distinguible a lo largo de la superficie dorsal, que divide el cuerpo entre el propodosoma y el

histerosoma. La larva presenta una escala envolviendo cada tarso como en el caso de los adultos.

Su ciclo biológico dura aproximadamente tres semanas con una Tª de 25°C y con un 80-90% de HR (Ottoboni *et al.*, 1984).

3.3.1.8. *Glycyphagus domesticus*

Dentro de la Familia Glycyphagidae, *G. domesticus* De Geer, 1778 (*Acarus domesticus* De Geer, 1778; *Oudemansium domesticum* Zachvatkin, 1936) ha sido, junto con *L. destructor*, otra de las especies citada en secaderos de jamón (Coretti, 1972; Suñer *et al.*, 1985; Fain, 1992). Sin embargo, su presencia en este producto no es tan frecuente. Sí ha sido comúnmente hallado en cereales, tabaco, queso, jamón cocido, harina, salami (Chabasse y Genthorn, 1966; Pagani y Ciampitti, 1991; Fain, 1992; Pagani y Zanoti, 1994), pescado almacenado (Gigja, 1963), y en el polvo de las casas, establos, etc. (Ottoboni *et al.*, 1984; Fernández-Caldas *et al.*, 1999; Fain, 1992). Vulgarmente se le conoce como *furniture mite*, el ácaro de los muebles.



Figuras 45 Y 46. Hembra y macho de *G. domesticus*

Según Hughes (1976), la longitud idiosomal es de 320-400 μm en el macho, y en la hembra, considerablemente más grande, 400-750 μm . Su idiosoma tiene una morfología redonda con la cutícula punteada. En la región propodosomal aparece una estructura de gran utilidad taxonómica

denominada cresta metópica. Ésta se extiende desde la base de los quelíceros hasta el nivel de la seta *ve*; las setas *vi* están localizadas en la mitad de esta cresta. Las setas ubicadas en el idiosoma son pectinadas. La seta supracoxal es de gran tamaño y ampliamente ramificada. Las cuatro setas escapulares se encuentran dispuestas en una línea transversal a lo largo del idiosoma, siendo *sc i* más larga que *sc e*. La seta *d₂* es corta, al menos la mitad que *d₁*, con sus puntos de origen en la misma línea transversal que *d₃*. Presenta tres pares de setas laterales (*l₁* a *l₃*). En el macho, la apertura genital se localiza entre las coxas II y III y carece de ventosas anales.

Sus patas son largas y sus segmentos terminan en un pretarso con un pequeño gancho. En la mitad del tarso de todas sus patas emerge una seta pectinada (*wa*).

La hembra es muy similar al macho. La apertura genital se extiende hasta el borde posterior del acetábulo III, presentando un par de setas genitales posteriores que se insertan a los lados del borde posterior de la apertura genital. Asimismo, en el extremo anterior del ano tiene dos pares de setas. Otra de las características taxonómicas importantes de esta especie es la presencia de una *bursa copulatrix* tubular o cónica en el margen posterior del idiosoma.

G. domesticus desarrolla *hipopus*. Su morfología es oval, de color blanco y con pequeños apéndices; generalmente a su alrededor se halla una cutícula protoninfal cubierta de retículos. En la larva, la cresta metópica es muy similar en estructura a la del adulto, pero menos esclerosada.

Su ciclo de vida es de 22 días, a temperaturas entre 23-25°C, con humedades en torno al 80-90% (Hughes, 1976).

3.3.1.9. *Carpoglyphus lactis*

C. lactis es una especie que muestra especial predilección por productos con un alto contenido en azúcares, gracias a los cuales la actividad bacteriana da lugar a la producción de ácidos grasos tales como láctico, acético o succínico (Vitzhum, 1943). Sin embargo, estos alimentos ricos en azúcares no son dieta exclusiva para el desarrollo de estos ácaros. Arnau *et al.* (1990) citan su presencia en jamones, pero no es éste un substrato habitual para *C. lactis*. Por otra parte, sí ha sido citado con frecuencia en quesos (Zdárková, 1967; Pagani, 1987; Pagani y Zanotti, 1994), salami (Pagani y Ciampitti, 1991), frutos secos, zumos de frutas, vino, colmenas de abejas, patatas, cereales y en gran cantidad de dulces (Zdárková, 1967), siendo conocido vulgarmente como *dried fruit mite*.

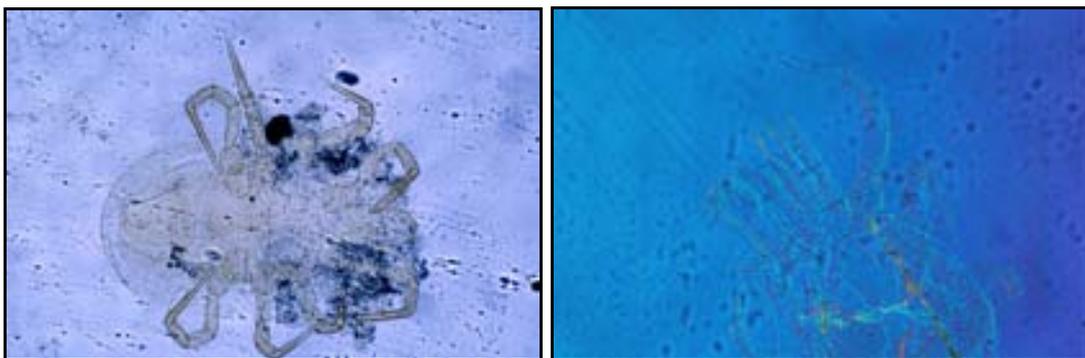
A tenor de las descripciones realizadas por Hughes (1976), morfológicamente, machos y hembras son muy similares, alcanzando una longitud idiosomal entre 380 y 420 μm . Dicho idiosoma es oval y se encuentra coloreado ligeramente por el contenido del canal alimentario. Sus patas y el gnatosoma son ligeramente rosáceos, presentando este último forma de cono y una gran movilidad. Una de las características principales respecto a otros Acaridae es la ausencia de escudo propodosomal. Las glándulas lateroabdominales se encuentran desplazadas hacia el margen posterior del idiosoma. Ventralmente los apodemas están bastante esclerosados y la abertura genital se localiza entre las coxas III y IV, siendo especialmente alargados los órganos sensoriales genitales en el caso del macho. El ano se extiende hasta el margen posterior del idiosoma. Con excepción de las setas *v* e y dos pares de setas que emergen posteriormente, la totalidad de las setas son cortas. Todas sus patas terminan en un pretarso bien desarrollado y unguado. En los tarsos I, algunas de sus setas mediales y distales son espinas.

Como hemos mencionado anteriormente, la hembra es muy parecida al macho. En la cara ventral del idiosoma, el esternón y los apodemas II se encuentran fusionados formando un epiginio que cubre el borde anterior de la abertura genital. Su *bursa copulatrix* esta formada por una abertura redonda en el borde posterior dorsal del cuerpo. Los pretarsos en sus patas no están tan desarrollados como en el macho.

3.3.2. MESOSTIGMATA

3.3.2.1. *Blattisocius dentriticus*

Blattisocius dentriticus es un ácaro perteneciente a la Familia Ascidae. Su presencia en jamones es relativamente frecuente (Arnau *et al.*, 1990; García-Cuadrado *et al.*, 1997; Sánchez-López, 2000; Escudero y López, 2001), dado que la presa favorita de su dieta son otros ácaros, principalmente *T. putrescentiae*.



Figuras 47 y 48. *B. Dentriticus*. Vista general y gnatosoma

Hughes (1976) lo describe como una especie cuyo idiosoma mide entre 370 μm en el macho por 470 μm en la hembra. Ofrece una coloración amarillenta y su superficie dorsal está completamente recubierta por un escudo reticulado, del cual emergen 36 pares de setas, 15 de los cuales en la región posterior. Exceptuando un par de setas que se proyectan en el borde posterior del escudo dorsal, las demás son suaves y curvadas. Otros siete pares de setas se localizan en la membrana externa de la mitad

posterior de este escudo. La mitad anterior del escudo esternal tiene dos pares de setas, el tercer par, al igual que las setas metasternales, emergen de escudos separados. Estos escudos se unen a los esternales y endopodales, envolviendo parcialmente el trazo medio de las coxas II. Los escudos genital y ventroanal son ligeramente reticulados, este último con cuatro pares de setas preanales. En los tarsos IV aparece una macroseta muy larga que emerge de la base del mismo. Sus quelíceros tienen ambos labios dentados y de la misma longitud.



Figura 49. Genitalia *B. dentriticus*

B. dentriticus, tal como se ha dicho, se alimenta básicamente de *T. putrescentiae* y debe ingerir una media de 70 huevos, 50 larvas o un pequeño número de tritoninfas para completar su desarrollo. A una temperatura de 22'2 °C y una HR del 80%, el ciclo tiene una duración de nueve días en el macho y diez en la hembra, cuando las larvas son su alimento. Su desarrollo no se completa cuando la dieta se compone exclusivamente de hongos (Rivard, 1960).

3.3.2.2. *Androlaelaps casalis casalis*

Las únicas referencias bibliográficas de su localización en productos curados nos han llegado desde Italia, tanto en jamones (Di Loreto *et al.*, 1985; Ottoboni *et al.*, 1987) como en quesos (Lozzia y Ottoboni, 1987). Su presencia suele estar asociada al desarrollo de otros ácaros (principalmente Acaridae) sobre los que actúa como predador. De distribución cosmopolita,

esta especie ha sido descrita alimentándose en una gran variedad de habitats, tanto de origen vegetal como animal.

Su ciclo biológico tiene una duración de cinco días a una temperatura de 32'8°C y una humedad que oscila en torno al 95-100% o bien ocho días, con una temperatura de 25°C y HR entre el 75-100 %. En cultivo se ha desarrollado utilizando *G. domesticus* como alimento (Barker, 1968).

3.3.3. PROSTIGMATA

3.3.3.1. *Cheyletus eruditus*

C. eruditus Schrank, 1781 (*E. cancriiformis* Hessling, 1852; *Cheyletus eburneus* Hardy, 1867; *Cheyletus ferox* Banks, 1906; *Cheyletus rabiosus* Rohdendorf, 1940; *Cheyletus butleri* Hughes, 1948) es un ácaro predador asociado frecuentemente a ácaros Astigmata, principalmente *A. siro*, *L. destructor* y *T. putrescentiae*, que constituyen su dieta predilecta.



Figura 50. *C. eruditus*

Su presencia en jamones ha sido citada desde Italia por Di Loreto *et al.* (1985) y Ottoboni *et al.* (1987) en secaderos con Denominación de Origen de Parma y San Daniele, cohabitando con tres especies de

Tyrophagus (putrescentiae, longior y palmarum) y *L. destructor*. Por otra parte es muy frecuente hallarlo alimentándose sobre *A siro* o *L. destructor* (Obs. Pers.) en almacenes de granos y piensos o quesos, donde ha sido incluso utilizado como método biológico de control para estas plagas.

Morfológicamente, Hughes (1976) lo describe como una especie con una longitud idiosomal en el macho de unos 400 μm , siendo la hembra ligeramente mayor, 450-620 μm . Sin entrar en grandes detalles, *C. eruditus* es una especie con una morfología característica que facilita su identificación, presentando un idiosoma incoloro con forma de diamante y un gnatosoma alargado y fuertemente desarrollado.

Su ciclo vital tiene una duración de 19-30 días a T^a de 26'7-29'4°C (Beer y Dailey, 1956). Los parámetros reproductivos de *C. eruditus* han sido estudiados en detalle por Berren y Metwally (1984), constatando, entre otros datos, la reproducción predominantemente partenogenética de las hembras, las cuales pueden poner hasta un total de 80 huevos.

3.3.3.2. *Cheletomorpha lepidopterorum*

C. lepidopterorum Shaw, 1794 (*Acarus lepidopterorum* Shaw, 1794; *Cheyletus venustissius* Koch, 1839) es una especie frecuentemente asociada a los ácaros Astigmata. Al igual que *C. eruditus*, su presencia en jamones ha sido citada desde Italia por Di Loreto *et al.* (1985) y Ottoboni *et al.* (1987) alimentándose sobre especies de *Tyrophagus* y *L. destructor*.

Morfológicamente es una especie similar a *C. eruditus*, sin embargo su coloración naranja y un primer par de patas con un desarrollo exagerado de su fémur son características suficientes para su identificación.

Según Hughes (1976) su ciclo de vida tiene una duración de dos a tres semanas.

3.4

CONTROL DE ÁCAROS DEL JAMÓN

Establecer un plan de control sobre cualquier tipo de plaga es una empresa sin duda complicada. Pero lo es aún más cuando, como en el caso del control de los ácaros del jamón, intervienen factores de muy diversa índole, que condicionan sobremanera el diseño y aplicación de estrategias adecuadas.

El hecho de que el jamón necesite unas condiciones ecológicas de curación determinadas en los secaderos y bodegas (T^a y HR elevadas), su elevado contenido en grasa y proteína, la presencia de hongos en su superficie, y la ya de por sí elevada prolificidad de los principales géneros de ácaros colonizadores, entre otras variables, hacen de aquél un sustrato óptimo para el desarrollo de éstos, dificultando cualquier tipo de actuación a la hora de establecer pautas de control. En este sentido, hemos de tener presente que, pese a tratarse de un producto autoestable, cualquier pequeño cambio que en él provoquemos puede originar modificaciones en sus propiedades organolépticas, invariables por otra parte, para que sea aceptado como producto de máxima calidad. Así pues, las mayores limitaciones a la hora de establecer un plan de control vienen dadas del propio alimento.

El control de los ácaros en el jamón se ha afrontado desde diferentes perspectivas que incluyen métodos preventivos y curativos, físicos, químicos, biológicos y bioquímicos. Sin embargo, hasta hoy, aún no se dispone de un método completamente eficaz que permita la erradicación de estos artrópodos.

3.4.1. MÉTODOS PREVENTIVOS Y CURATIVOS

La totalidad de los estudios realizados coinciden en que es sobre este punto sobre el que conviene incidir si se pretende controlar las poblaciones de ácaros. La higiene y desinfección de instalaciones, utensilios y personal, así como un cuidado y elaborado sistema durante el proceso de fabricación, van a ser determinantes para alcanzar el éxito.

Arnau *et al.*(1987), como pioneros en el estudio de esta plaga en nuestro país, resumen en un excelente trabajo las diferentes medidas de prevención que deben adoptarse para el control de ácaros e insectos que afectan al jamón. Exponen que estas pautas profilácticas deben empezar ya en el entorno de la fábrica, evitando dejar fuera de la misma cualquier tipo de material que pueda suponer una atracción para los ácaros e insectos (estructuras de soporte utilizadas y que no se han limpiado, sal usada, jamones de retorno, recipientes empleados para el transporte de jamones). Las diferentes aberturas de entrada a la fábrica constituyen uno de los principales lugares de penetración de los ácaros, por lo que sugieren no introducir nunca materiales o utensilios que hayan sido previamente contaminados, mantener el máximo hermetismo, la colocación de filtros de aire, así como de telas mosquiteras del mínimo diámetro posible en las ventanas para evitar la penetración de insectos que pueden actuar como vectores mecánicos de ácaros (destacando especialmente, por el daño que ocasiona en los secaderos y bodegas, la mosca *Piophilha casei*, conocida vulgarmente como "saltón", debido a que sus larvas son capaces de saltar para desplazarse). Otro aspecto al que confieren gran importancia es a la estructura de las cámaras de secado, prefiriéndose superficies lisas que facilitan el lavado y la visualización de los ácaros para su tratamiento, evitando superficies rugosas en las paredes, al igual que dobles techos, que dificultan en gran medida la limpieza.

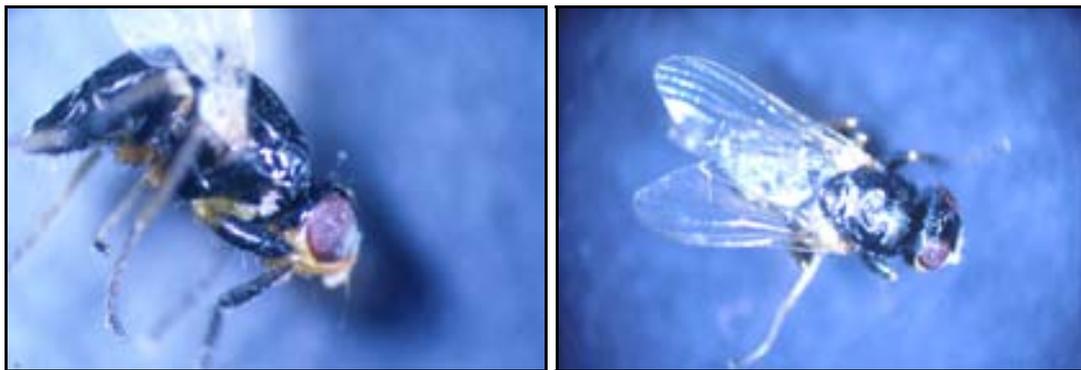


Figura 51. *Piophilidae casei*. Principal insecto parásito del jamón curado.

En lo que al tamaño de los secaderos se refiere, sugieren que es preferible disponer de salas pequeñas y en gran número, en lugar de pocas salas y muy grandes, ya que esto dificultaría el control de los ácaros si se localizase un foco en alguna de ellas.

Las estructuras o bastidores para el soporte de los jamones son una de las potenciales fuentes de infestación si no se lavan y desinfectan, siendo preferible la utilización de bastidores que faciliten ese lavado. Por ello señalan que es conveniente utilizar estructuras de aluminio o hierro galvanizado, evitando las estructuras mixtas con base metálica y barras de madera y las fabricadas de hierro. Los cordajes para la sujeción de los jamones deben ser sometidos a una limpieza y desinfección rigurosa, ya que pueden ser portadores de ácaros, principalmente huevos y larvas que darán lugar a un nuevo contagio.

Respecto a la distribución de los jamones en los secaderos, los mismos autores desaconsejan la ubicación en un mismo secadero de jamones de distintas edades, dado que los jamones más antiguos, en caso de estar infestados, pueden contaminar a los recién incorporados.

Asimismo, el hecho de que los jamones se encuentren demasiado juntos facilita el contagio. Generalmente, las piezas situadas en la parte inferior de los secaderos suelen contaminarse más. Esto se debe al polvillo o arenilla que va cayendo sobre los jamones situados en los pisos inferiores,

por lo que es desaconsejable utilizar secaderos de gran altura. Este polvillo, también conocido como "arena de ácaro", cuando cae al suelo, representa, como se ha mencionado anteriormente, la mayor fuente de contagio en los secaderos. Por este motivo, la limpieza y desinfección del suelo de las instalaciones es fundamental (Escudero y López, 2001).

Por lo que se refiere al proceso de elaboración, Arnau *et al.*(1987) aconsejan que éste sea lineal, evitando los caminos cruzados entre diferentes partidas. De esta forma, se limitarían las contaminaciones en estadios anteriores. Asimismo, sostienen que a partir del salado todo el proceso se realice en la misma sala, con objeto de evitar las posibles contaminaciones que se producirían en otras salas durante el traslado de las piezas por parte de los operarios.

Tradicionalmente, se vienen desarrollando diferentes acciones profilácticas para proteger al jamón de los ácaros. Aún sin ser métodos completamente efectivos, en ocasiones, su empleo ayuda al control de las poblaciones. Sin embargo, si no se realizan con sumo cuidado e higiene, pueden llegar a ser perjudiciales facilitando incluso el contagio de unas piezas a otras.

El empleo de manteca de cerdo es una de las medidas más utilizadas para evitar la proliferación de los ácaros. Su aplicación suele realizarse tras la entrada a secado en la región ósea del corte del coxal. En los jamones a los que se les corte pezuña y caña, se recubrirá el corte del codillo. Posteriormente, deberán taparse las diferentes grietas que se van produciendo durante el secado y el agujero de cala, a fin de evitar la entrada de ácaros en el interior del jamón (Arnau *et al.*, 1987).

Algunas industrias jamoneras proceden a untar la pieza con brocha, esponjas y paños o a la inmersión completa del alimento en manteca derretida para que éste adquiera una capa protectora. Similares actuaciones se realizan en Italia en jamones con denominación de origen

de San Daniele. En este caso, emplean una mezcla de grasa de cerdo, harina y sal conocida como *sugna*, que recubre toda la cara muscular del producto.



Figuras 52 y 53. Recubrimiento de los jamones con manteca de cerdo

Además de la manteca, se utilizan otras cubiertas protectoras de tipo textil o plástico. Pese a ello, no es una solución si el jamón no está limpio, agravando incluso en ocasiones el problema. Si hay alguna oquedad, éstas pueden dar lugar a la aparición de fermentaciones anaerobias, que producen un olor desagradable y dañan el producto (Lorenzo, 1989).

La inmersión de las piezas en aceite es otro procedimiento utilizado con frecuencia. Con ello se protege el producto impidiendo la respiración de los ácaros. Sin embargo, dado que no destruye los huevos, viene a ser un método paliativo al que habría que recurrir periódicamente (Jorrín, 2001). Además, en el caso de que los ácaros hubieran penetrado en el interior del jamón, solo eliminaría los especímenes localizados en superficie. En ocasiones, algunas industrias proceden al saneamiento de los jamones infestados mediante la inmersión en aceite hirviendo. En este caso, conviene tener en cuenta que la alta T^a a la que se somete el jamón puede dañar seriamente las grasas. Por su parte, Schmidt y Cremmling (1975) aconsejan la inmersión en agua hirviendo durante dos minutos.

El cepillado de los jamones también es una práctica muy usual. A pesar de ello, existe un elevado riesgo de contaminación de unos jamones a otros y ha de realizarse en un local aislado, especialmente si están infestados por ácaros (Arnau *et al.*, 1987). Si se procede al cepillado de la totalidad de una partida, conviene examinar convenientemente aquellos jamones que aparentemente no están infestados aislándolos. De esta forma evitaremos la contaminación por parte de las piezas infestadas.

Por último, el flameado de las piezas es también una de las actuaciones más habituales en la industria para el saneamiento de las piezas contaminadas. Conviene realizarlo en el momento preciso para no inhibir determinados microorganismos esenciales (flora fúngica) para el desarrollo de los procesos madurativos del jamón.

3.4.2. MÉTODOS FÍSICOS

3.4.2.1. Altas y bajas temperaturas

En el ámbito de métodos físicos, el empleo de altas y bajas temperaturas podría jugar un importante papel para contener estas plagas. El control de ambos parámetros permitiría prevenir la presencia de los ácaros en granos almacenados (Wilkin, 1990, Zdářková y Voráček, 1993). Sin embargo, por lo que se refiere al jamón y otros productos curados, su empleo, sobre todo de altas temperaturas, puede infligir en el producto graves daños: alteración de las grasas, desnaturalización de proteínas, un secado excesivo o el desarrollo de microorganismos (Arnau y Guerrero, 1994)

Marazza y Persiani (1959) constatan que una congelación rápida elimina los ácaros en productos cárnicos. A 45°C son eliminados en una hora, pero un 70% de los huevos resiste este tratamiento. Después de 5 h a esta T^a, Fleurat (1978) escribe que todos los estadios son eliminados.

Los efectos que ejercen las altas y bajas temperaturas, junto con una atmósfera baja sobre diferentes familias de ácaros, entre ellas la Familia

Acaridae, fueron estudiados por Zdářková y Voráček (1993). Para las especies de esta familia, una presión de 95 mm Hg durante 48 h, combinada con una Tª de -15°C durante una hora, mostró un efecto acaricida del 100%.

Por su parte Gemmer y Lamina (1967) observan la eliminación de los ácaros así como de sus diferentes estadios evolutivos, después de un tratamiento a -20°C durante 24 h. Sin embargo, estos resultados no se corresponden con los obtenidos por Arnau y Guerrero (1994). Dichos autores congelan piezas de jamón contaminado a -28°C durante periodos comprendidos entre 1 y 48 h, constatando la eliminación de los adultos y de los diferentes estadios inmaduros en determinados rangos de tiempo, pero en ningún caso la eliminación de los huevos.

El empleo de aire caliente fue estudiado por Pagani (1987) para el control de los ácaros en el salami, exponiendo piezas de los mismos a temperaturas variables entre 65 y 170°C durante rangos de tiempo de dos a siete segundos. Para producir algún efecto acaricida, la Tª del horno debe ser superior a 145°C durante al menos tres segundos, lo que produce la alteración de las grasas. Asimismo, Arnau y Guerrero (1994) introducen piezas de jamón en un horno a temperaturas de 30 a 45°C y HR del 85-90% durante rangos de tiempo de 30 m a 24 h, observando que no se alcanza ningún efecto acaricida cuando la temperatura es inferior a 40°C. Sin embargo, después de 24 h de exposición a 45°C, todos los estadios son eliminados, pero el jamón puede sufrir alteraciones en sus grasas, un secado excesivo, desnaturalización de las proteínas y desarrollo de microorganismos dañinos.

3.4.2.2. Radiaciones

El espectro electromagnético está compuesto por radiaciones de diferentes longitudes de onda. A ambos extremos, fuera del espectro visible, aquél que el hombre percibe visualmente, encontramos radiaciones de baja

energía (ondas de radio, microondas e infrarrojas), y de alta energía (ultravioletas, rayos X y rayos gamma) capaces de inducir cambios estructurales en los seres vivos, algunas de las cuales han sido estudiadas como posible método de control de las plagas alimentarias.

3.4.2.2.1. *Microondas*

Entre las radiaciones de baja energía, el empleo de microondas se ha investigado como método físico para el control de los ácaros del jamón y de otros alimentos curados como el salami. Pese a haber dado muestras de su eficacia en otro tipo de productos como cereales (Fleurat, 1980; Nakakita *et al.*, 1989) o frutos secos (Nauman, 1986), su utilización en productos cárnicos no parece tan fácil. Esto es debido a que, para lograr el efecto acaricida adecuado, se deben alcanzar durante el tratamiento temperaturas en torno a 60°C (Nakakita *et al.*, 1989), que podrían ocasionar importantes daños en el alimento, principalmente a nivel superficial, alterando las grasas.

Estos inconvenientes fueron puestos de manifiesto en estudios realizados por Arnau y Guerrero (1994) al introducir piezas de jamón contaminadas por ácaros en un horno microondas con una potencia máxima de 725 W. A potencias variables del 10 al 40% sobre el total, y en tiempos de exposición que variaban entre 10 y 60 segundos, se constató la ausencia general de efecto acaricida, aparte de una seria alteración de las grasas en el producto.

Por otra parte, estudios similares llevados a cabo por Pagani (1987), para comprobar el posible efecto acaricida de las microondas asociado al empleo de aire caliente sobre salami, arrojan resultados parecidos a los obtenidos sobre jamones y que no auguran una fácil aplicación a escala industrial. A baja potencia, las microondas no dañan el salami pero tampoco se observa efecto acaricida alguno. Sin embargo, potencias más altas sí producen daños importantes en los ácaros. A cambio, el alimento

sufre serias alteraciones, desde un ligero trasudado de las grasas hasta la cocción del producto. Cuando el horno alcanza temperaturas elevadas y se utilizan potencias bajas de microondas, el trasudado de las grasas no es muy evidente y se observan algunos efectos sobre los ácaros. Sin embargo, con el horno a baja temperatura y elevadas potencias de microondas, se produce un importante efecto acaricida, pero el alimento experimenta altas temperaturas que incluso lo cuecen. Se concluye que los mejores resultados se obtienen con un uso muy reducido del microondas asociado al empleo de aire caliente en el horno.

3.4.2.2.2. Infrarrojos

Las radiaciones infrarrojas son aquellas cuyas longitudes de onda se encuentran inmediatamente por debajo del espectro visible. Su empleo ha sido estudiado sobre salami contaminado (Pagani, 1987), sin que se observaran modificaciones sustanciales sobre la acarofauna presente (*T. putrescentiae*, *T. longior*, *C. lactis* y *A. casalis casalis*) en la superficie de los productos tratados.

3.4.2.2.3. Radiaciones ultravioletas

Las radiaciones ultravioletas (UV) se corresponden, dentro del espectro electromagnético, con las ondas que tienen una energía ligeramente superior a las de la región visible. Éstas, a su vez, se pueden dividir en 3 bandas en función de sus longitudes de onda: UV-A, UV-B y UV-C. Son principalmente estas últimas (UV-C) las que producirán lesiones en el ADN de los microorganismos, mediante la distorsión de la conformación natural de la doble hélice de aquél, interfiriendo en su replicación normal y conduciendo a la muerte de las células o provocando mutaciones genéticas (Ayala, 1984; Ortuño, 1996).

Este tipo de radiaciones ha sido utilizado en la industria alimentaria para el ablandamiento y maduración de la carne, en el curado y envasado

de quesos, para la prevención del desarrollo superficial de hongos en productos de panadería, en la purificación de aire en establecimientos alimentarios, etc. (Herson y Hulland, 1985; Valea y Alonso, 1998)

Su uso como método de control de los ácaros en productos cárnicos, como jamón y salami, ha sido estudiado con resultados variables. En laboratorio, con tiempos de exposición elevados, se ha comprobado que el periodo de desarrollo, la fecundidad y el porcentaje de eclosión de los huevos en *T. putrescentiae* disminuyen (Kumud y Mathur, 1989; Escudero y López, 2001). Asimismo, cuando los huevos son expuestos a radiaciones directas, se produce una elevada tasa de mortalidad en comparación con otros estados del desarrollo de los ácaros. Sin embargo, cuando las hembras con huevos en su interior son expuestas a radiaciones, éstos aceleran su transformación en huevos larvados o en fase de prelarva (Kumud y Mathur, 1989).

Pruebas experimentales realizadas en laboratorio por Escudero y López (2001), exponiendo los jamones a radiaciones de 253'7 nm a una distancia aproximada de 20 cm entre el foco de radiación y el alimento, demuestran que 3 h de radiación diaria provocan la muerte en el 99% de los ácaros. Asimismo, llevando a cabo una pequeña experiencia a escala industrial, auguran resultados esperanzadores para el control de los ácaros mediante una exposición diaria de 180 m de radiaciones durante una semana. Sin embargo, estos resultados no se corresponden con los obtenidos por Pagani (1987) sobre salami infestado, quien expuso las cámaras de secado a radiaciones sin resultados favorables en la reducción del número de colonias.

3.4.2.2.4. Radiaciones ionizantes

Entre las radiaciones de alta energía que componen el espectro electromagnético, se han utilizado los rayos gamma, los rayos X y los rayos beta como desinfectantes de alimentos por su capacidad para neutralizar

bacterias, mohos y levaduras (Escudero y López, 2001). Asimismo, se sabe que las radiaciones ionizantes por aceleración de electrones provocan efectos físico-químicos y biológicos nocivos en diferentes organismos por alteración de su ADN, siendo más sensibles a ellas cuanto más compleja sea la composición molecular de los mismos.

Por ello, el empleo de este tipo de radiaciones se presenta como una seria alternativa de futuro para el control de todo tipo de organismos dañinos en diferentes productos alimenticios. Sin embargo, el mayor inconveniente hasta la fecha es la prohibición de su uso en casi todos ellos. Actualmente, sólo se permite irradiar las hierbas aromáticas secas, especias y condimentos vegetales, que se comercialicen en toda la Unión Europea. Así lo establece el Real Decreto 348/2001 de 4 de abril, por el que se regula la elaboración, comercialización e importación de productos alimenticios e ingredientes alimentarios tratados con radiaciones ionizantes. Dicho Decreto traspone a la legislación española las directrices 2 y 3 CE de 1999 que, por la vía del consenso, armonizan las legislaciones existentes en los estados miembros sobre este sistema de conservación de alimentos, que en alguno de ellos ya se estaba utilizando.

Por otra parte, en algunos países de la Unión Europea como Francia, Holanda y Gran Bretaña, se está empleando desde hace años este sistema de conservación en una amplia gama de productos alimentarios como frutas, verduras, quesos y carnes de pollo y porcino, mostrándose partidarios de la ampliación de esta lista de productos. Otros países, como Estados Unidos o México, también permiten la irradiación de ciertos alimentos, tanto destinados a la alimentación humana como animal (Anónimo, 2001).

En España existe un problema de rechazo social hacia este tipo de tratamientos, ya que los alimentos comercializados que hayan recibido radiaciones deben indicarlo en la etiqueta e indudablemente causará

alarma entre los consumidores. Actualmente se está intentando ampliar la lista de productos sobre los cuales se permitiría irradiación (Anónimo, 2001).

El objetivo de la mayoría de los estudios realizados hasta la fecha, mediante el empleo de radiaciones a diferentes dosis sobre arácnidos e insectos, se centra en ocasionar algún tipo de alteración o trastorno de sus sistemas reproductores, con el fin de producir efectos sobre su fertilidad.

Las radiaciones ionizantes causan pérdidas de fertilidad inmediatas y temporales en muchas especies de insectos (Rieman, 1967; Rieman y Flint, 1967; Ashrafi *et al.*, 1972; Ashrafi y Brower, 1974; Jafari y Dar, 1976) pero el proceso es reversible en los siguientes siete-diez días, cuando las células se regeneran por espermatogonia, al ser más resistentes a la irradiación. Asimismo, es bien conocida la modificación del comportamiento sexual de los artrópodos por alteración de las células somáticas y gonadales después de someterlos a irradiación (Tilton y Browe, 1983; Tilton y Burditt, 1983; Szlendak *et al.*, 1985, 1987, 1990).

A este respecto, Szlendak *et al.*(1992) describen las alteraciones de la espermatogénesis y anatomía del tracto reproductivo masculino causadas por radiaciones sobre *A. siro*, que inducen cambios severos en las células gonadales, incluyendo dilataciones del retículo endoplasmático y disrupción de las criptas mitocondriales. Esta alteración sobre las células de desarrollo causa una interrupción de la espermatogénesis y reduce el número de espermátidas producido, concluyendo que altas dosis pueden provocar esterilidad.

Por su parte, Ignatowicz y Boczeck (1984) estudian los efectos de las radiaciones gamma emitidas a partir de cobalto-60 sobre la reproducción de *T. putrescentiae*. Señalan que dosis de 40 Krad en los machos y 60 Krad en las hembras producen esterilidad. Asimismo, apuntan que los individuos adultos son más resistentes a la irradiación que los estadios inmaduros. Por otra parte, demuestran que la irradiación de los machos con 60-100 Krad

puede producir diferentes reacciones: esperma no competitivo, esperma inviable y espermatozoides viables pero con mutaciones letales dominantes, o espermatozoides viables con mutaciones letales dominantes durante un corto periodo de tiempo, para posteriormente cesar la producción de esperma.

El empleo de radiaciones ionizantes en piezas de jamón fue estudiado por Diehl (1972) y Arnau y Guerrero (1994), sometiéndolas a dosis de 200 y 500 Krad respectivamente, y constatando la eliminación de todos los estados biológicos de los ácaros. Sin embargo, el primero sugiere que, mientras con dosis de 200 Krad no se alteran las propiedades organolépticas del producto, esa alteración sí se produce con dosis de 500 Krad.

Por lo que respecta a otros productos almacenados, Bachmanowa *et al.*(1969) eliminan *T. putrescentiae* de cereales mediante radiaciones ionizantes con una dosis de 30-60 Krad.

3.4.2.2.5. Ultrasonidos

Los ultrasonidos son ondas sonoras con frecuencias superiores a los 20.000 Hz, es decir, que se encuentran por encima de nuestro umbral máximo de audición. Su empleo como método de control de plagas de artrópodos no está muy estudiado. Sin embargo, dado que en la mayoría de ellos sus sistemas sensoriales son táctiles y acústicos, es de suponer que el empleo de ultrasonidos provoque algún tipo de alteración en estos receptores, logrando que los artrópodos se alejen de la fuente de sonido (Escudero y López, 2001)

Su estudio como método de control de las plagas de ácaros en jamones fue llevado a cabo por estos mismos autores, mediante el empleo de dos fuentes de sonido con frecuencias diferentes (30.000-60.000 Hz y 20.000-40.000 Hz) y radios y áreas de acción de 1'5 m y 70 m², respectivamente. Situando las fuentes de sonido a una distancia

aproximada de 15-20 cm de las piezas de jamón, constatan la disminución sucesiva de los ácaros durante los ocho primeros días de exposición, cuando los ultrasonidos son dirigidos hacia la región de la caña y la pezuña. Posteriormente, parece ser que la población se restablece. Sin embargo, cuando la fuente de sonido es dirigida hacia regiones musculares más blandas, babilla y contra, los ultrasonidos no logran ahuyentar a los ácaros.

Dichos autores concluyen que este método de control únicamente sería efectivo si las poblaciones de ácaros en el jamón son reducidas. Cuando las colonias de ácaros son numerosas, el método pierde eficacia. Asimismo, sugieren que su utilización puede ser beneficiosa para crear barreras físicas que impidan el paso de los ácaros a los secaderos, o como método complementario al uso de radiaciones ultravioletas, con el fin de reducir la dosis de las mismas.

3.4.3. MÉTODOS QUÍMICOS

3.4.3.1. Plaguicidas industriales. Vacío sanitario.

Existe una amplia gama de principios activos efectivos y con propiedades acaricidas sobre las especies presentes en el jamón. A pesar de ello, la legislación actual prohíbe la aplicación de cualquier plaguicida sobre alimentos. A tenor de aquella, su empleo únicamente queda restringido a la realización de un vacío sanitario con las instalaciones completamente vacías de alimentos, llevado a cabo por profesionales acreditados y derivándose toda responsabilidad al empresario de la industria, toda vez que su uso inadecuado pueda ocasionar problemas de salud a los consumidores o afectar al medio ambiente.

De esta forma, la desinfección y desinsectación de las instalaciones mediante la realización de un vacío sanitario constituye uno de los principales ejes para el control de los ácaros del jamón. Esta acción debería practicarse, si las instalaciones lo permitieran, periódicamente.

Actualmente, para llevar a cabo un vacío sanitario en las instalaciones, los principios activos más utilizados son las piretrinas. Éstas, debido a su escasa toxicidad para el hombre, presentan una aplicación más segura que otro tipo de compuestos. Asimismo, se utilizan organofosforados, carbamatos, soluciones alcohólicas, desnaturizantes de proteínas, etc, como pirimifos-metilo, benzoato de bencilo, butóxido de piperonilo, propargita, metacrifos, etrimfos, propenfos, malation, ácido tánico o esbiol, entre otras moléculas, algunas de las cuales son altamente tóxicas y deben de ser manejadas por personal acreditado (Fain *et al.*, 1990; Pérez-Santos y Moreno, 1991, Jorrín, 2001).

Para la realización del vacío sanitario conviene hacer una buena programación evitando los momentos críticos de actuación del ácaro. Así, además de elegir el producto acaricida deseado, se debe proceder a una buena limpieza mediante el uso de detergentes y desinfectantes como las sales de amonio cuaternario, que impedirán el desarrollo de bacterias y hongos. Por otra parte, debido al continuo goteo de grasa de los jamones durante su curado, también se recomienda la aplicación de desengrasantes como álcalis y detergentes tensioactivos.

Al proceder a la aplicación del insecticida-acaricida, Arnau *et al.*(1987) recomiendan dejar la sala vacía, cerrada y aumentar la Tª a 30° C y la HR al 85% de modo que se facilite la eclosión de los huevos. Ello se debe a que los huevos son mucho más resistentes a este tipo de compuestos, y de esta forma nos aseguramos que hayan eclosionado para realizar una siguiente aplicación transcurridos 10-20 días, tiempo suficiente para completar su ciclo biológico bajo estas condiciones ambientales.

Por otra parte, conviene en ocasiones combinar diferentes tipos de moléculas para evitar la aparición de resistencias. Incluso con los productos más efectivos como el piromifos-metilo, tal resistencia ya se ha constatado en varias especies de ácaros, como *T. putrescentiae* y *T. palmarum* (Stables,

1984) o *A. siro* (Starzewski, 1991; Prickett, 1992; Thind y Muggleton, 1998) entre otros.

3.4.3.2. **Atmósferas modificadas y empleo de gases**

El empleo de atmósferas modificadas y gases se presentó en un principio como una buena alternativa para el control de los ácaros del jamón (Flores *et al.*, 1989; Guerrero y Arnau, 1995). Sin embargo, pese a haber dado evidencia de su eficacia, sus posibilidades de utilización son discutidas, dado que necesita de estructuras industriales costosas, complejas y específicas para su puesta a punto, con el inconveniente añadido de trabajar a veces con gases peligrosos para la salud de los manipuladores.

Se sabe que una atmósfera modificada de CO₂ es un buen método para eliminar algunas plagas de alimentos (Sharp y Banks, 1979; Frati y Atilio, 1989; Frati, 1990), y puede neutralizar la acción de algunos microorganismos a altas presiones (Hass *et al.*, 1989). Así mismo, Zdářková y Voráček (1993) demuestran que un vacío de 190 mm Hg sería capaz de proteger los alimentos contra los ácaros de almacenamiento.

Lungshu *et al.*(1998) estudian la influencia de la temperatura y las atmósferas controladas sobre el desarrollo y reproducción de *T. putrescentiae*. Para ello, exponen huevos, larvas, protoninfas, tritoninfas y hembras adultas de dicha especie a tres atmósferas diferentes: 10% CO₂, 5% O₂ y 85% N₂; 16% CO₂, 9% O₂ y 75% N₂ y una atmósfera natural, a seis temperaturas diferentes (15, 20, 25, 28, 30 y 32°C). Los resultados observados demuestran que las atmósferas controladas tienen una marcada influencia sobre el desarrollo y la reproducción del ácaro en comparación con la atmósfera natural. El 10% de CO₂ y 5% de O₂ presentaron una inhibición más fuerte que el 16% de CO₂ y 9% de O₂. Dicha inhibición fue más fuerte a altas temperaturas. La larva fue el estadio más sensible, seguido de la protoninfa, tritoninfa y el huevo.

El estudio de la eficacia acaricida de diferentes gases (N_2 , CO, CO_2 y SO_2) fue llevado a cabo por Flores *et al.* (1989), al objeto de conocer su acción y su efectividad como medio de eliminación de los ácaros del jamón, tanto aisladamente como combinados entre sí. Las diferentes pruebas fueron realizadas en una máquina diseñada específicamente para este fin. El N_2 se utilizó en concentraciones del 100% y con tiempos de exposición de 12 y 24 h, no observando efectos sobre la letalidad de la población acarina en ninguno de los casos. El CO, por tratarse de un gas peligroso para la salud, fue utilizado a bajas concentraciones y en un tiempo muy corto (3 h). En las concentraciones más bajas ensayadas (2%) no observan efectos sobre su letalidad, mientras que si aumenta dicha concentración (10%), la mortalidad es aparente, es decir, los ácaros quedan inmóviles tras el tratamiento, pero posteriormente se recuperan en su totalidad. El CO_2 fue suministrado en concentraciones del 100% y con tiempos de tratamiento de 3 y 24 h

En ninguna de las experiencias consiguen una mortalidad total. Los huevos eclosionan durante la incubación de las muestras tratadas y al cabo de unos días comienza a restablecerse la población acarina. Con posterioridad sometieron piezas contaminadas a dos tratamientos. Uno en concentración del 100% durante 24 h a T^a y HR ambiente, seguido de otro, en las mismas condiciones ambientales, a los diez días del primero, una vez eclosionados los huevos. En este caso se consigue una mortalidad total. De los cuatro gases ensayados, fue con el SO_2 con el que obtienen resultados más esperanzadores. Para la realización de las diferentes pruebas utilizaron el gas a concentraciones del 25 y 10% durante una hora, a T^a y HR ambientales, consiguiendo una mortalidad total de todas las formas evolutivas.

Concluyen que, a fin de no alterar las características del jamón, los tratamientos más eficaces se logran con una atmósfera no uniforme de SO_2

al 5% durante 3 h a T^a y HR ambientes, y con una atmósfera uniforme mediante ventilación del SO_2 al 2% durante 2 h y las mismas condiciones ambientales. Aplicando esos tratamientos, en especial el primero por ser más enérgico, tras la realización de una cata con panel especializado, los jueces no encuentran diferencias entre piezas tratadas y grupos control. Sin embargo, señalan ciertos inconvenientes a su empleo, como el bajo efecto residual (la pérdida del gas es prácticamente total a los 10 días de almacenamiento), pudiendo producirse reinfestación durante ese tiempo. También se sabe que dicho gas destruye la vitamina B1, y que puede provocar alergias en sujetos hipersensibles, así como una actividad corrosiva en condiciones de HR elevada sobre determinados metales, por lo que resulta difícil su implantación en secaderos.

En 1990, Pagani y Ciampitti realizan unas pruebas preliminares para el control de ácaros presentes en productos curados sometiéndolos a atmósferas modificadas. Utilizaron piezas de salami infestadas por *T. longior* y *A. farris* en atmósferas con N_2 al 100%, CO_2 al 100%, una mezcla de O_2 (20%), CO_2 (40%) y N_2 (40%) y otra de O_2 (5%) y N_2 (95%). Los salamis fueron expuestos a estas atmósferas durante periodos de tiempo de 3, 4, 6 y 8 días dependiendo del caso, siendo repetida cada experiencia dos veces. Los resultados obtenidos demuestran que el empleo de determinadas atmósferas modificadas podría ser una buena solución. Concentraciones del 100% de CO_2 dieron los mejores resultados y con mayores garantías, mientras que atmósferas con el 100% de N_2 obtuvieron escasas prestaciones, resultando prácticamente inocuas. A su vez, la combinación de varios gases no conllevó una mejora apreciable, de manera que en algún caso fue absolutamente ineficaz, tal como señalan para la mezcla de N_2 al 95% con O_2 al 5%.

Estudios similares realizaron Guerrero y Arnau (1995) ensayando cuatro gases (N_2O , NH_3 , N_2 y CO_2) sobre jamones o piezas contaminados por

ácaros. Las pruebas realizadas con N_2O se llevaron a cabo en recipientes de $0'25\text{ m}^3$ conteniendo una concentración del 99% durante periodos de entre 1 h y 15 días, para posteriormente almacenarlos durante 45 días en bolsas herméticas y observar su eficacia sobre los diferentes estados biológicos. Transcurridas 24 h no observan ningún efecto. Sí se constatan resultados satisfactorios sobre formas móviles tras 15 días de exposición. Sin embargo, a las 3 semanas de su aplicación reaparecen nuevos especímenes, demostrando que los huevos no son eliminados completamente. Por los efectos anestésicos de este gas, así como por el largo periodo de tiempo necesario para la eliminación de los ácaros, concluyen que tales factores lo hacen inadecuado para el control de los mismos.

Por lo que respecta al NH_3 , almacenan jamones contaminados en recipientes de $0'25\text{ m}^3$ conteniendo aire saturado con dicho gas. Los tiempos de exposición variaron entre 1 minuto y 24 h. Los resultados obtenidos demuestran efectos contundentes sobre todos los estados. Las formas móviles mueren en 3 minutos, y la mayoría de los huevos perdieron su actividad tras 12 horas de exposición. Después de una hora de almacenamiento todos los estados quedan eliminados. Pero afirman que, a pesar de su efectividad, es un gas altamente irritante y afecta al flavor del producto, detectándose su presencia incluso siete días después del tratamiento.

Para estudiar los efectos del nitrógeno y del dióxido de carbono, introducen piezas de jamón en recipientes conteniendo N_2 o concentraciones de CO_2 que varían del 20 al 100%, a presiones entre $0'4$ y 1 atmósfera y con tiempos de tratamiento entre 1 y 72 h, para posteriormente almacenarlas a $25^\circ C$ durante 45 días. Observan que, tras 24 h a 1 atmósfera, el efecto fue escaso o nulo, corroborando los resultados obtenidos por Flores *et al.* (1989), pero mejorando tras 72 h con resistencias de algunos huevos al

tratamiento. Sugieren que esta escasa actividad podría deberse a la baja concentración de oxígeno, reduciendo la actividad metabólica de los ácaros.

En cuanto al CO₂, los ácaros fueron seriamente afectados a concentraciones del 100%. Las formas móviles son eliminadas tras 48 h a concentraciones superiores al 80%, resistiendo los huevos a este tratamiento. Concluyen que el CO₂ es más efectivo que el N₂ posiblemente debido a su mayor solubilidad y reactividad acuosa. Por otra parte, hacen notar que esta efectividad disminuye en función de la presión ambiental.

3.4.3.3. Nitrógeno líquido

Colloff (1986) sugiere el empleo de nitrógeno líquido combinado con una limpieza al vacío para la eliminación de ácaros presentes en el polvo doméstico de alfombras y mantas. Sin embargo, este tipo de compuesto no sería de utilidad en el caso de la industria jamonera por las alteraciones que produciría en el alimento, así como por las condiciones específicas de curación para que éste sea aceptado como un producto de máxima calidad.

3.4.3.4. Aceites esenciales

Desde la antigüedad, se han venido utilizando con fines medicinales o terapéuticos diferentes plantas o extractos de las mismas para un sinnúmero de indicaciones. En lo tocante a nuestro tema, se sabe que varios de estos productos podían ser empleados como repelentes de insectos en los hogares, práctica que aun continúa en uso en la actualidad.

En los últimos años, el estudio y empleo de plantas o partes de estas, así como de los aceites esenciales extraídos de las mismas, ha cobrado un especial énfasis. Diferentes autores han demostrado el efecto antibacteriano, insecticida, antifúngico y acaricida de este tipo de compuestos, siempre en busca de alternativas naturales a las resistencias

que genera el empleo de productos químicos de síntesis. Estos aceites esenciales son básicamente compuestos naturales extraídos de determinadas familias de plantas, fundamentalmente las labiadas, así como de árboles y otros vegetales. En su composición, estos productos presentan mezclas de sustancias orgánicas pertenecientes a diversas series químicas, perfectamente cuantificables y cualificables por cromatografía gaseosa y que incluyen compuestos alifáticos, cromáticos, terpénicos, a veces isocíclicos y heterocíclicos, pudiendo detectarse en su composición hidrocarburos (limoneno), alcoholes (linalol, mentol), aldehídos (citrál), cetonas (mentona), ácidos (cinámico, valeriánico), ésteres (acetato de linalilo) y fenoles (eugenol, timol) entre otros. La mayoría son polimoleculares, ya que contienen 3 o 4 moléculas mayoritarias, un cierto número de moléculas minoritarias y, en ocasiones, centenares de moléculas distintas que sólo están presentes a nivel de trazas (Olalla, 1998).

Los primeros estudios llevados a cabo con aceites esenciales fueron realizados por Chamberland en 1887, quien constata la acción inhibitoria de estos compuestos sobre bacterias. Posteriormente, trabajos más recientes han demostrado el efecto bactericida, bacteriostático y antifúngico de los aceites esenciales (Chaumont y Bardey, 1989; Larrondo *et al.*, 1995; Perrucci *et al.*, 1993, 1995).

La búsqueda de productos naturales para el control de diferentes plagas de insectos en granos y cultivos dio el impulso necesario para la realización de diferentes trabajos con estos compuestos (Ivbijaro, 1983; Haque, 1987; Don Pedro, 1989; Stamopoulos, 1991). Paralelamente, ante la aparición de resistencias hacia los piretroides como el fluvinato para el control de *Varroa Jacobsoni* y *Acarapis woodi* en colmenas de *Apis mellifera*, varios autores han buscado en este tipo de sustancias naturales alternativas al uso de tales compuestos obteniendo buenos resultados

(Colin, 1990; Gal *et al.*, 1992; Kraus *et al.*, 1994; Sammataro y Needham, 1996; Higes *et al.*, 1997).

Asimismo, se ha demostrado que esos compuestos son de gran utilidad para el tratamiento de diferentes sarnas (psoróptica, knemidocóptica, etc.) ocasionadas por ácaros parásitos de nuestros animales domésticos (Perrucci *et al.*, 1996, 1997a, 1997b)

Por lo que respecta al uso de estas sustancias sobre ácaros domésticos, los primeros trabajos se deben a Potts y Rodríguez (1978) y Rodríguez *et al.* (1979), quienes describen los efectos acaricidas de diferentes aceites esenciales de especias, salvia, limón, cebolla, naranja, almendra y clavo sobre *T. putrescentiae*. A partir de estos resultados, se han llevado a cabo distintas investigaciones encaminadas a conocer con detalle las acciones que esos compuestos ejercen sobre estas familias de ácaros, tanto los presentes en el polvo como los colonizadores de productos almacenados.

Dada su enorme trascendencia sanitaria, la mayoría de los estudios realizados se centran en especies tipo entre estos ácaros, como son *D. pteronyssinus* o *D. farinae*. Merecen especial atención los trabajos realizados, al respecto, por investigadores japoneses (Miyazaki *et al.*, 1989; Watanabe *et al.*, 1989; Furuno *et al.*, 1994; Miyazaki, 1996a, 1996b; Oribe y Miyazaki, 1997; Yamamoto *et al.*, 1998; Hiramatsu y Miyazaki, 2001), quienes llevaron a cabo pruebas en laboratorio para determinar la eficacia acaricida de un amplísimo número de aceites esenciales extraídos de maderas de árboles y plantas, así como de sus principales constituyentes, muchos de ellos autóctonos de su país, obteniendo resultados más que satisfactorios.

En nuestro país, Olalla (1998) estudió el efecto acaricida sobre *D. pteronyssinus* de diferentes aceites esenciales (lavanda, tomillo, menta, clavo, melisa y geranio), así como de sus principales componentes activos,

por contacto directo y por inhalación, comprobando también el efecto residual de los compuestos que mejores resultados habían ofrecido para apreciar su eficacia en el tiempo. Concluyó que todos los aceites esenciales estudiados presentaban un potente efecto acaricida por contacto directo a corto plazo, destacando los de lavanda, menta y clavo por ser los primeros en reducir la población a cero. A su vez, todos los aceites estudiados, salvo el clavo, tuvieron efectos acaricidas a corto plazo sin contacto directo. Al analizar el efecto acaricida residual de los aceites esenciales, comprobó que todos los ensayados provocaban efectos residuales por contacto directo excepto el aceite de geranio. Pero, sin contacto directo, los únicos que no mostraron efecto residual fueron los aceites de clavo y tomillo.

En el Reino Unido, Priestley *et al.* (1998) estudian el efecto acaricida de tres aceites esenciales: lavanda (*Lavandula spp.*), té (*Melaleuca spp.*) y limón (*Citrus limon*) sobre especies de *D. pteronyssinus*, a volúmenes de 0'1 ml en un papel de filtro de 3 cm. La inmovilidad fue constatada a los 30 m., la mortalidad a las dos h y los títulos fueron del 100% y 100%, 87% y 87%, y 63% y 80% para el té, la lavanda y el limón respectivamente.

Gulati y Mathur (1995) analizan el efecto de un preparado en polvo de hojas de eucalipto y menta, así como de rizomas de *Curcuma* sobre cultivos de *T. putrescentiae*, constatando importantes efectos en la fecundidad y desarrollo de los ácaros. En el caso del eucalipto y la menta, ambos reducen la producción de huevos por hembra de 51'66 a 25'49 en comparación con el grupo control, donde se dan medias de oviposición de 98'16 huevos. Por su parte, los rizomas de *Curcuma* fueron efectivos en concentraciones muy bajas (0'1% con relación al cultivo), reduciendo la oviposición a 7'66 huevos por hembra. Asimismo, señalan mejores resultados en formas inmaduras (huevos y larvas) que sobre estados maduros (ninfas y adultos).

Perrucci (1995) probó el efecto acaricida de varios aceites esenciales (dos tipos de lavanda, menta y eucalipto) y algunos de sus principales constituyentes (linalol, acetato de linalilo, fenchona, mentona, mentol y eucaliptol) sobre *T. longior*, introduciéndolos en placas de Petri. Con las dosis más altas (6 μ l), ambas lavandas y la menta demostraron un poder acaricida del 100%, tanto por contacto directo como por inhalación, mientras que el eucalipto, aun siendo efectivo, no tiene la misma eficacia. A su vez, todos los compuestos mostraron muy buen efecto acaricida por contacto directo e inhalación, siendo especialmente eficaz el mentol. Consiguientemente, sugiere por primera vez la importancia de este tipo de compuestos como alternativa para el control de los ácaros en el jamón curado, dado su carácter atóxico para el alimento y para el consumidor.

Por su parte, Guerrero y Arnau (1995) prueban 99 sustancias químicas diferentes, algunas de ellas aceites esenciales y sus constituyentes, como repelentes de ácaros del jamón curado, concluyendo que 16 de las mismas ofrecen un índice de repelencia superior al 90%.

Escudero y López (2001) estudiaron la efectividad sobre *T. putrescentiae* de aceites esenciales de limón, salvia y clavo disueltos en aceite al 0'01%, 0'1% y 1% y en alcohol etílico al 0'1% y 1%, cubriendo el jamón con papeles absorbentes de 1 cm² impregnados de estas sustancias. Constataron que producen repelencia sobre los ácaros a partir de concentraciones del 0'1%.

Sánchez Ramos y Castañera (2001) experimentaron sobre la misma especie el posible efecto acaricida de 13 monoterpenos extraídos de aceites esenciales (fenchona, linalol, acetato de linalilo, mentona, terpineol, γ -terpineno, α -terpineno, cariofileno, mirtanol, pulegona, pineno, eucaliptol y terpineol). Los siete primeros lograron una mortalidad del 100% sobre las hembras en las concentraciones estudiadas, estimando que en el caso de la pulegona, mentona, linalol y fenchona, la LC₉₀ era menor o igual a 14 μ l/l.

Asimismo, constatan ausencia de efectividad sobre los huevos y una mayor tasa de mortalidad en larvas y machos. Al observar los especímenes muertos, descubren una depresión en su idiosoma y sugieren que tales compuestos actúan provocando una deshidratación, al interferir en sus procesos respiratorios.

3.4.4. CONTROL BIOLÓGICO

3.4.4.1. Ácaros predadores

El control biológico mediante el empleo de ácaros predadores ha sido uno de los métodos más empleados en plagas de granos almacenados y semillas. Éste se basa en las relaciones naturales entre el predador y su presa (Zdárková, 1991a).

Hasta la fecha, únicamente *C. eruditus* ha sido la especie que ha mostrado un verdadero potencial en la predación y control de ácaros Astigmata presentes en semillas y granos. Determinados caracteres de su biología lo hacen idóneo para el control de los ácaros colonizadores de este tipo de productos, principalmente *A. siro*, *L. destructor* y *T. putrescentiae*: presenta una fecundidad muy alta en la cual la hembra puede poner un gran número de huevos con un elevado porcentaje de progenie hembras; los requerimientos ecológicos son muy similares a los de su presas; muestra gran habilidad en su búsqueda, incluso cuando éstas están presentes en baja densidad; son resistentes a los organofosforados; puede sobrevivir en anaerobiosis a 0°C durante seis meses, y recurre al canibalismo para sobrevivir si las presas son escasas, entre otras características (McMurtry, 1984; Ottoboni *et al.*, 1984; Zdárková, 1991b).

Pulpan y Verner (1965), en la extinta Checoslovaquia, fueron los primeros en demostrar el potencial de *C. eruditus* para el control biológico de ácaros en granos almacenados. Constatan que si el predador está presente antes del comienzo del mes de julio, y la tasa de infestación no es

superior a los 1000 ácaros por 500 g de grano, se puede producir un control espontáneo, si existe un predador por cada 75-100 presas. Sin embargo, sugieren que en condiciones normales, la tasa predador-presa se sitúa en una proporción de 1:100 o 1:1000. Como método preventivo de control, aconsejan la introducción artificial en grano no infestado de un individuo por cada 100 Kg de grano.

Del mismo país, estudios realizados más recientemente por Zdárková (1991b) ratifican la eficacia de este sistema. Dicho autor incluso ha puesto a punto y patentado un biopreparado (CHEYLETIN®) a base de *C. eruditus*, con una población de 2000-3000 individuos, capaz de reducir 8'4 veces la acarofauna de Astigmata presente en el alimento.

Pese a todo lo expuesto, y sobre la base de los estudios realizados hasta hoy en día, el control biológico de los ácaros en la industria jamonera no ha mostrado resultados tan satisfactorios como los obtenidos con *C. eruditus* en granos.

A tenor de las referencias bibliográficas de las que disponemos, parece ser que las especies de ácaros predadores más prevalentes en el jamón curado son *A. casalis* y *B. dentriticus*. Poco se sabe respecto de la primera en cuanto a su tasa de predación. Si está demostrado que se reproduce rápidamente, es hábil en la búsqueda de sus presas y sobrevive largas periodos de tiempo sin comida, pero no se han realizado estudios que demuestren su potencial uso como alternativa de control biológico (McMurtry, 1984). Por su parte, *B. dentriticus* no parece tener una capacidad de predación suficiente para controlar las poblaciones de *T. putrescentiae* en secaderos de jamón (Escudero y López, 2001). Dichos autores demuestran que en condiciones de laboratorio el control si puede ser efectivo. Sin embargo, atribuyen a las condiciones ecológicas de curación del producto, entre ellas la elevada salinidad del mismo, el fracaso de *B. dentriticus* en el control de los ácaros en los jamones.

3.4.5. CONTROL BIOQUÍMICO

3.4.5.1. Feromonas

La comunicación entre animales puede ser llevada a cabo mediante el uso de sustancias químicas o por una gran variedad de cambios físicos en el medio ambiente del animal. En conjunto, las diferentes sustancias químicas utilizadas por los seres vivos para su comunicación constituyen un lenguaje químico. En cada especie, este lenguaje puede involucrar sólo algunas sustancias químicas, los mismos compuestos en diferente proporción, o varias sustancias separadas, a menudo en un orden jerárquico, con diferentes propósitos. Estos mensajes pueden informar al animal de la presencia de comida, búsqueda de pareja o estimular la copulación entre otras muchas funciones (Sonenshine, 1984).

La clasificación de los componentes del lenguaje químico de los diferentes seres vivos se basa en sus funciones biológicas. Una de las principales sustancias químicas que constituyen la base de la comunicación entre los animales son las feromonas. Éstas afectan al comportamiento de otros individuos de la misma especie, favoreciendo la viabilidad de las poblaciones de los mismos.

En los ácaros Astigmata se han identificado tres tipos de feromonas: de alarma, de agregación y sexuales. Desde el descubrimiento del formato de nerilo como principal feromona de alarma de *T. putrescentiae* por Kuwahara en 1975, esta feromona se ha identificado en once especies pertenecientes a seis familias de ácaros Astigmata. El citral, otro compuesto de estructura química similar, sirve como feromona de alarma de al menos otras cuatro especies de ácaros, entre ellas *C. lactis* o *Lardoglyphus Kono* (Matsumoto *et al.*, 1979; Sonenshine, 1984; Kuwahara, 1991). Un importante estudio realizado por este último autor, sobre un total de 18 especies pertenecientes a siete familias de ácaros Astigmata, encuentra que la feromona de alarma está presente en once especies, mientras que las

feromonas de agregación y sexuales, se hallan en dos y tres especies respectivamente.

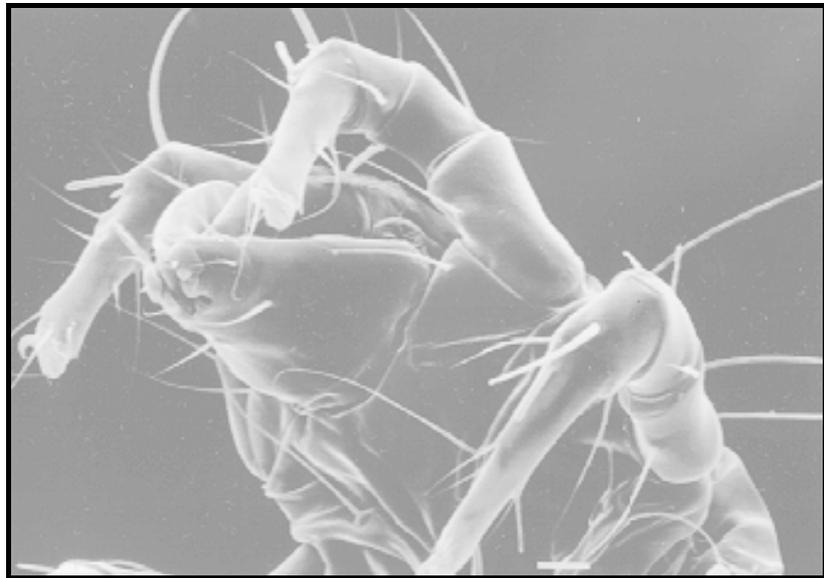
La mayoría de los estudios realizados hasta la fecha mediante el empleo de sustancias químicas naturales de los seres vivos, para un hipotético control de la Subclase Acari, se han llevado a cabo sobre garrapatas (Sonenshine, 1984). Sin embargo, existen algunos estudios a escala de laboratorio sobre el efecto de estas sustancias en los ácaros de los alimentos. A este respecto, Rodríguez *et al.*(1979) logran buenos efectos sobre ácaros presentes en comida de perro mediante el empleo de citral y formato de nerilo. Sin embargo, son necesarios estudios ulteriores que posibiliten el empleo de este tipo de sustancias, ya que ofrecen una serie de limitaciones que dificultan su puesta a punto.

Tal como sugiere Jorrín (2001), su efectividad es cuestionada dado el comportamiento gregario del ácaro. Cabe suponer que podrían neutralizarse los efectos de aquellas sustancias, al entrar en competencia con las hormonas naturales de los propios ácaros.

De igual manera, las feromonas son sustancias de gran actividad bioquímica, cuyos efectos sobre las personas y sobre el medio ambiente son todavía poco conocidos. Por ello, su utilización sobre alimentos o en las proximidades de los mismos ha de realizarse con grandes reservas. Normalmente las legislaciones internacionales prohíben su aplicación, y el consumidor rechazará de plano, con toda seguridad, los alimentos así tratados (Lorenzo y Flores, 1988).

4

MATERIAL Y MÉTODOS



4.1

AISLAMIENTO Y MONTAJE DE LOS ÁCAROS

Los ácaros fueron aislados a partir de muestras de jamón naturalmente infestadas. La mayor parte se recogió en secaderos y bodegas de diferentes industrias y, en algunos casos, fueron proporcionadas por particulares y recogidas en nuestro laboratorio durante los tres años que duró la experiencia. Por zonas geográficas, las muestras analizadas procedieron de industrias localizadas en diferentes Comunidades Autónomas, principalmente Extremadura (Cáceres y Badajoz) y Castilla la Mancha (Toledo), y en menor medida Castilla y León (Salamanca y León) y Andalucía (Huelva). Complementariamente, se recogieron para su identificación especímenes de una fábrica de San Daniele, en la región italiana de Friuli – Venezia Giulia.

Para aislar los ácaros se emplearon dos técnicas diferentes en función del tamaño de la muestra. Si éstas contenían un número escaso de individuos, los ácaros fueron separados directamente de la misma con la ayuda de una aguja enmangada muy fina e introducidos en un tubo eppendorf® con etanol al 70%. Pero cuando se disponía de muestras con un elevado contenido de ácaros, a fin de concentrarlos al máximo, se siguió un método de aislamiento sugerido por Cardona (Com. Pers.). Para ello, se colocó un embudo muy pequeño en el interior de un tubo eppendorf®, se precintó herméticamente con parafilm® y se recubrió con papel de aluminio. Posteriormente, se aplicó una gasa doble al embudo y se introdujo la muestra en el mismo. Dada la tendencia lucífuga de los ácaros, al aplicar un foco de luz potente sobre el embudo, éstos huyen abandonando la muestra para refugiarse en el interior del eppendorf®. Una vez concentrados, se añadió etanol al 70% para su ulterior proceso o conservación.

Antes de proceder a su montaje, los ácaros permanecieron un tiempo mínimo de 15 días en alcohol de 70% con el fin de eliminar las partículas de suciedad adheridas a su cuerpo y conseguir un mayor grado de transparencia.

Transcurrido el proceso de aclarado, se colocó el contenido del tubo en una placa de Petri con papel de filtro en su interior facilitando el secado de los mismos. Con la ayuda de un estereomicroscopio, los individuos considerados más aptos para el montaje se colocaron dorsal y ventralmente en un portaobjetos utilizando una aguja enmangada. Con el fin de disponer de preparaciones definitivas, se depositó sobre el cubreobjetos una gota de la solución de Hoyer según la composición sugerida por Baker *et al.* (1956), presionándose ligeramente sobre el mismo para eliminar el exceso de líquido. Esa preparación se dejó secar quedando lista para ser expuesta al microscopio.

4.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS ÁCAROS

Para la identificación de los especímenes hallados se emplearon diferentes claves (Hugues, 1976; Ottoboni y Piu, 1990; Fain *et al.*, 1990; Colloff y Spiexsma, 1992; Pérez-Santos, 1995).

Por lo que respecta a la elaboración de nuestras propias claves de identificación específicas aplicables a los ácaros del jamón, se tuvieron en cuenta los criterios establecidos por los mencionados autores. A ese fin, se llevó a cabo una primera descripción morfológica para encuadrarlos en los diferentes órdenes, así como una segunda atendiendo a los distintos estadios de su ciclo biológico. Posteriormente, se detallan las principales características morfológicas para la identificación de las familias de ácaros comensales propiamente dichos, encuadrados dentro del Orden Astigmata, hasta llegar al nivel genérico y específico. Por último, se describen los rasgos morfológicos más notables de los predadores colonizadores del jamón, desde su encuadre en órdenes hasta niveles específicos. Dichas claves quedan circunscritas a las diferentes especies de ácaros que han sido citadas en la bibliografía disponible como presentes en el jamón curado (ANEXO: CAPÍTULO 12).

4.3

ESPECIES ESTUDIADAS

La totalidad de las pruebas se llevaron a cabo sobre *Tyrophagus putrescentiae* aislado de jamones infestados naturalmente y cultivado en la Cátedra de Parasitología y Enfermedades Parasitarias de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Extremadura (UEX).

4.4

MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO

Para la obtención de fotografías mediante microscopía electrónica de barrido se siguió el siguiente procedimiento:

Se aislaron los ácaros directamente de los medios de cultivo y se fijaron en formaldehído al 4% durante aproximadamente 1 h. La deshidratación se llevó a cabo mediante pases sucesivos en una cadena de alcoholes (70°, 80°, 90°, 96° y absoluto), permitiéndose su posterior secado y colocación en un cubreobjetos. Una vez secos, fueron mineralizados en oro y expuestos al microscopio para su investigación.

Las fotografías se procesaron en el Servicio de Microscopía Electrónica y Fotografía de la Facultad de Veterinaria de la UEX.

4.5

CULTIVO DE ÁCAROS

Con objeto de disponer de especímenes suficientes para llevar a cabo nuestras experiencias en laboratorio, una vez aislados e identificados los ácaros, se procedió a su cultivo. A este fin, se siguió el protocolo utilizado por Eraso (1996) para el cultivo de ácaros del género *Dermatophagoides*.

4.5.1. PREPARACIÓN Y COMPOSICIÓN DE LOS MEDIOS DE CULTIVO

El medio de cultivo utilizado se introdujo en matraces Erlenmeyer de 50 ml, cerrados con una tapón compacto de algodón rodeado de gasa, con el fin de permitir el intercambio gaseoso entre cultivo y exterior. Previamente, los matraces habían sido esterilizados a 160°C durante 1h 30m. Para ese cultivo se utilizaron dos tipos de medios, con objeto de valorar el más adecuado para la realización de las pruebas en laboratorio.



Figura 54. Matraz Erlenmeyer con medio P-L en su interior.

4.5.1.1. Medio Pienso-Levadura (P-L)

En su preparación se empleó pienso nutritivo comercial de ratón y levadura de cerveza, cuya composición se detalla:

- ☛ *Pienso completo para ratones de experimentación RODENT T. DIET.* Fabricado por B. K. Universal G. I., S. L. Sant Viçenc dels Horts. Composición: proteína bruta 16'5%; celulosa bruta 3'6%; grasa bruta 2'4%; cenizas brutas 5'2%; fósforo 0'55%; calcio 0'75%; vitamina A: 18.000 U. I.; vitamina D₃: 1.800 U. I./Kg; vitamina E (α -tocoferol): 24 mg/Kg; antioxidante (etoxiquin): 150 mg/Kg.
- ☛ *Levadura de cerveza desamargada SOTYA.* Velilla de San Antonio (Madrid). Análisis aproximado por 100 g: energía 395 kcal (1660 Kj); proteínas 43 g; carbohidratos 35 g y grasas 7 g.

El medio de cultivo se mezcló en la proporción 1:1. Con el fin de obtener un polvo fino y homogéneo, el compuesto se trituró en un molinillo eléctrico. Una vez introducido el medio en los matraces, éstos son esterilizados de nuevo durante 1 h a 110°C para evitar posibles contaminaciones. Antes de proceder a la inoculación, los matraces reposaron 24 h en un recipiente cerrado junto a un vaso de solución sobresaturada de NaCl para hidratar el medio.

4.5.1.2. Medio jamón

Para los cultivos realizados con este medio se utilizaron muestras de jamones serranos e ibéricos, cedidos por la Cátedra de Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Veterinaria de la UEX, y por el Grupo Campofrío Alimentación S. A. En ambos casos, las muestras de jamón se introdujeron directamente en los matraces previamente esterilizados.

4.5.2. SIEMBRA DE LOS CULTIVOS

En la siembra de cultivos con el medio P-L, se aislaron ácaros con la ayuda de un pincel fino y se colocaron en un matraz con 1 g de compuesto. El número de ácaros para comenzar el cultivo osciló entre 50 y 100 especímenes para facilitar el encuentro entre machos y hembras. Una vez que el cultivo se hubo desarrollado, se transfirió una muestra de ese medio infestado a otro matraz con 10 g de medio. A fin de evitar posibles contaminaciones fúngicas, la siembra se realizó en campana de flujo laminar.

Por su parte, los matraces con muestras de jamón como medio de cultivo fueron inoculados introduciendo directamente en los mismos una cantidad variable de ácaros (entre 50-100 especímenes).



Figura 55. Inoculación de los cultivos P-L

4.5.3. MANTENIMIENTO DE LOS CULTIVOS

Los cultivos se mantuvieron en cámara climática a 25°C y 80% de HR, en el interior de recipientes herméticos y en condiciones de total oscuridad. Una vez por semana se procedió a su ventilación y, en el caso de los medios P-L, se homogeneizaron para permitir la aireación de las capas inferiores y la distribución uniforme de los ácaros por todo el medio. La Tª de la cámara

climática estaba controlada por un dispositivo de alarma, que se activaba cuando aquélla sobrepasaba por exceso o por defecto determinados rangos establecidos por nosotros mismos. Los cultivos eran examinados semanalmente mediante lupa estereoscópica para observar su evolución.

Asimismo, determinados cultivos cuyo medio era jamón, fueron mantenidos en el laboratorio a T^a y HR ambiental para comprobar su viabilidad fuera de las condiciones preestablecidas.

4.5.4. CUANTIFICACIÓN DE LOS CULTIVOS

Si bien el objetivo principal del mantenimiento de los cultivos fue disponer de especímenes suficientes para llevar a cabo las diferentes pruebas experimentales, periódicamente se procedió a la cuantificación de los cultivos con medio P-L con el fin de comprobar el estado de evolución y supervivencia de los ácaros. A tal efecto, se homogeneizó bien cada uno de los cultivos y se pesó una muestra significativa (20-50 mg) en una placa de Petri. A continuación se separaron los ácaros vivos uno a uno (larvas, ninfas y adultos machos y hembras) con una aguja enmangada para traspasarlos a un tubo eppendorf® con etanol al 70%. El resultado vendría expresado en número de ácaros vivos por gramo de medio de cultivo.

4.6 MÉTODOS DE LUCHA EN LABORATORIO

A fin de optar por el método de control más viable a la hora de llevar a cabo las pruebas a escala industrial, se realizaron diferentes experiencias en laboratorio con productos químicos naturales, métodos físicos y otras alternativas profilácticas frecuentemente empleadas.

Como métodos de control químico, se estudiaron en primer lugar los efectos que provocaban en los ácaros diferentes aceites esenciales extraídos de plantas por inhalación de sus constituyentes. Una vez conocidos tales efectos, en una segunda fase, se comprobó la eficacia acaricida por inhalación y contacto directo de determinados compuestos activos presentes en aquellos aceites esenciales que habían ofrecido mejores resultados. Por último, y tras elegir el compuesto que por circunstancias de diversa índole había resultado más eficaz, se aplicó directamente sobre muestras de jamón curado para estudiar sus efectos sobre la población acarina.

Una vez conocidos los resultados, se realizó una valoración sensorial de los jamones para comprobar si el uso de dichas sustancias producía alguna alteración en las características organolépticas del producto.

Como métodos físicos de control, se utilizaron las microondas y los ultrasonidos analizando sus efectos sobre la viabilidad de los ácaros, sopesando la posibilidad de extrapolar su uso a la industria jamonera como alternativa junto con el empleo de las sustancias químicas naturales.

Por último, dado que la aplicación de grasa de cerdo es una de las prácticas más habituales en la industria del jamón curado para crear barreras físicas que impidan su colonización por ácaros, se realizó una prueba para constatar la eficacia *in vitro* de la misma.

4.6.1. PRUEBAS DE CONTROL QUÍMICO

4.6.1.1. Aceites esenciales

Para la realización de esta prueba se utilizaron los siguientes aceites esenciales: menta, tomillo, romero, eucalipto, geranio, melisa, clavo y lavanda (Turzo Velos & Co, Burgos).

La composición de los aceites esenciales empleados es muy variada, dependiendo a veces del tipo de cultivo o de la variedad de planta de la que es extraído (Font-Quer, 1990; Muñoz-López de Bustamante, 1993).

- ☛ **Clavo** (*Zuzygium aromaticum*): el principal componente es el eugenol (80%). Posee otros elementos en menor proporción como el acetileugenol, cariofileno, pineno, salicilato de metilo, taninos y mucílagos.

- ☛ **Melisa** (*Melissa officinalis*): contiene terpenos, pineno, limoneno, alcoholes (geraniol y linalol) y, en mayor cantidad, aldehídos (citral 30% y citroneal 40%). También contiene ácidos fenólicos y mucílagos.

- ☛ **Lavanda** (*Lavandula officinalis*): su aceite esencial es un líquido claro, cuyos principales componentes son: carburos terpénicos; alcoholes libres (del 30 al 40%), sobre todo linalol (del 25 al 38%) y, en pequeña proporción, geraniol y borneol; ésteres (del 40 al 58%), especialmente acetato de linalilo (del 25 al 45%) y un 0'6% como máximo de alcanfor.

- ☛ **Romero** (*Rosmarinus officinalis*): su aceite esencial está compuesto principalmente por derivados terpénicos, carburos como pineno y canfeno; cineol (32%), borneol (18%), acetato de bornilo, alcanfor (12%), dipenteno, etc.

- ☛ **Eucalipto** (*Eucalyptus globulus*): su principal componente es el cineol o eucaliptol, que predomina hasta alcanzar más del 80% de la esencia; *d*- α -pineno, canfeno, etc.; los aldehídos valeriánico, butílico, caproico; los alcoholes etílico y amílico; los ácidos fórmico y acético esterificados, etc.

- ☛ **Menta** (*Mentha piperita*): está compuesto básicamente por esencia de mentol, que se halla en proporción de 45-70%; parte de él en estado libre y parte combinado con ésteres. También se han identificado: mentona, acetato de mentilo, mentofurano, α -pineno, felandreno, cadineno, ácido iso-valeriánico, iso-valerianato de mentilo, pulegona, timol, carvacrol, alcohol amílico, terpineno, alcohol iso-amílico, cineol, etc.

- ☛ **Geranio** (*Pelargonium graveolens*): los componentes principales son los alcoholes monoterpénicos (citronelol, geraniol, linalol), los ésteres terpénicos (formiatos de citronelilo y de geranilo) y el aldehído geranial. Tiene, asimismo, numerosos compuestos en menor proporción como felandrenos, cadineno y alcohol β -feniletílico.

El protocolo fue establecido tras varios ensayos preliminares. Para su puesta a punto, se tomó como modelo el empleado por Perruci (1995) al estudiar el efecto acaricida de determinadas sustancias sobre *T. longior*. De ellos el más efectivo, y a *posteriori* utilizado, es el que se detalla.

Se depositó en una placa de Petri rayada de 9 cm de diámetro, con ayuda de un esteromicroscopio, una muestra de jamón de 1 cm² y 20 ácaros, larvas, ninfas y adultos machos y hembras.

Dentro de esta primera placa se colocó también una segunda de 6 cm de diámetro sin la tapa en la cual se depositaron los aceites esenciales no diluidos, a volúmenes de 3, 6 y 10 μ l.

Una vez emplazados los ácaros, el aceite esencial y la muestra de jamón, se cerró y precintó la placa de Petri grande con Parafilm® para evitar el escape de aquéllos. Las placas se mantuvieron en cámara climática a 25°C y 80% de HR en condiciones de total oscuridad.



Figura 56. Disposición de las placas de Petri

Se estableció un grupo control sujeto a las mismas condiciones climáticas para cada ensayo, sustituyendo los aceites esenciales por suero fisiológico. Las placas fueron expuestas al estereomicroscopio a las 24 y 48 h, para computar los ácaros vivos en esos intervalos de tiempo. A fin de constatar su muerte, fueron estimulados con una aguja. La ausencia de cualquier reacción y la persistencia de inmovilidad serían signos evidentes de la misma (Stendel y Fuchs, 1984). Dicha experiencia se repitió cuatro veces para cada aceite y dilución. Los resultados se expresaron en estadísticos de promedio –porcentaje medio de ácaros muertos- y de dispersión –desviación típica- a partir de los cuatro ensayos realizados.

4.6.1.2. Componentes de los aceites esenciales

Sobre la base de los resultados obtenidos en la experiencia precedente, se planteó la conveniencia de estudiar la actividad acaricida por inhalación y contacto directo de alguno de los constituyentes presentes en aquellos aceites que habían demostrado mayor eficacia. A ese fin, fueron seleccionados seis compuestos (**linalol, carvacrol, timol, acetato de linalilo, α -terpineol y γ -terpineno**, SIGMA-ALDRICH Química, S. A.) que se encuentran como elementos mayoritarios o minoritarios, comunes en ocasiones, en la composición de varios aceites.

Al igual que en la prueba anterior, el protocolo fue puesto a punto siguiendo, con ligeras modificaciones, el establecido por Perruci (1995). No obstante, se tuvieron en cuenta determinados aspectos de los ensayos precedentes, con el fin de mejorar los resultados que, como en pruebas anteriores, se expresaron en los estadísticos de promedio y dispersión ya conocidos.

4.6.1.2.1. Contacto directo

Con la ayuda de un pincel fino, mientras eran observados al estereomicroscopio, se colocaron 10 ácaros, larvas, ninfas y adultos machos y hembras, en una placa de Petri de 6 cm de diámetro. Seguidamente, se prepararon diluciones de cada sustancia en suero fisiológico y aceite de vaselina al 20% a concentraciones de 0'125%, 0'25% y 1%. Se pipeteó directamente sobre los ácaros 0'5 ml de dicha disolución. Por otra parte, en el caso de aquellos compuestos que *a posteriori* demostraron mayor efectividad, se estudió su eficacia acaricida a concentraciones del 0'04%. Asimismo, se estableció un grupo control para cada ensayo, al que únicamente se le añadió 0'5 ml de una dilución de suero fisiológico y aceite de vaselina al 20%.

5.6.1.2.2. *Inhalación*

Siguiendo las mismas pautas que por contacto directo, se introdujeron 10 ácaros, larvas, ninfas y adultos machos y hembras en una placa de Petri de 6 cm de diámetro. Sobre un pequeño recipiente en el interior de la placa fueron depositadas las diferentes sustancias no diluidas a volúmenes de 1, 3 y 6 μl . La decisión de disminuir el volumen de las sustancias estudiadas se había adoptado como consecuencia de los buenos resultados obtenidos con los aceites esenciales en pruebas anteriores. Como en otros ensayos, se estableció un grupo control para cada ensayo, al cual se le añadió suero fisiológico a idénticas dosis.

En ambas pruebas, las placas fueron precintadas convenientemente con parafilm® y mantenidas en cámara climática a 25°C y 80% de HR en condiciones de total oscuridad. A las 24 h los ácaros fueron observados al estereomicroscopio. Previa estimulación con una aguja, la ausencia de cualquier reacción y la persistencia de inmovilidad venía a indicar la muerte de los mismos (Stendel y Fuchs, 1984). Dicha experiencia se repitió cinco veces para cada sustancia y concentración-volumen.

4.6.1.3. **Estudio con linalol en jamón**

Fue seleccionado el linalol entre los demás compuestos como consecuencia de los resultados obtenidos en la experiencia precedente, así como por su demostrada eficacia acaricida sobre otros especímenes, tal como se refleja en la bibliografía al uso. Una vez más, el objetivo principal de este diseño experimental era constatar la eficacia acaricida y repelente de dicho compuesto sobre trozos de jamón infestados experimentalmente o por proceso natural.

4.6.1.3.1. *Efecto acaricida*

Se seleccionó un trozo de jamón curado no infestado de aproximadamente 20x20x15 cm, que incluía corteza y cara muscular. La muestra fue colocada

en el interior de un recipiente hermético, en el que se introdujo, asimismo, un número abundante de ácaros, procedentes de los cultivos y en cantidad suficiente para colonizar totalmente la pieza en 24 h.

Posteriormente, se preparó una dilución de linalol al 1% en aceite de girasol y se aplicó directamente sobre el trozo de jamón con una brocha. La muestra se mantuvo en el interior del recipiente, constatándose posteriormente la evolución de los ácaros en la misma. Como grupo control se utilizó otro trozo de jamón colonizado por ácaros y mantenido en idénticas condiciones, salvo la variable objeto de estudio.

4.6.1.3.2. Efecto repelente

Para este diseño, se colocaron dos trozos de jamón curado de aproximadamente 12x12x10 cm en el interior de un recipiente. Ambas muestras estaban completamente libres de ácaros y procedían de la misma pieza. Sobre uno de ellos, se aplicó con brocha una dilución de aceite de girasol y linalol al 1%, dejando el otro como control. Seguidamente, se introdujeron ácaros directamente aislados de los cultivos y se cerró herméticamente el recipiente para observar su evolución en el tiempo.

4.6.1.4. Evaluación sensorial

Al objeto de comprobar la influencia que ejercía el linalol sobre las características organolépticas de las piezas de jamón tratadas según el diseño experimental del apartado 4.6.1.3., se realizó una prueba objetiva de evaluación sensorial en la Cátedra de Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Veterinaria de la UEX, en la que participaron 18 personas, tanto panelistas entrenados como semientrenados.

Esa experiencia tuvo lugar en el interior de cabinas normalizadas para la realización de evaluaciones sensoriales. El propósito de la misma era conocer si existían diferencias organolépticas entre la muestra tratada y la no tratada, para lo cual se llevó a cabo una prueba discriminativa triangular

(Figura 57). Se prepararon tres muestras de los dos trozos de jamón (una del tratado y dos del no tratado) y cada catador realizó la evaluación dos veces, con dos jamones control distintos.

Para el tratamiento de los resultados, se empleó el paquete estadístico SPSS 11.0. Los datos fueron sometidos al Test de Chi-cuadrado con un nivel de significación del 0'1%.

PRUEBA TRIANGULAR

NOMBRE _____ FECHA _____

Tiene ante usted 3 muestras de 2 jamones diferentes

A B C

Marque en la casilla cual es la muestra diferente

Figura 57. Prueba triangular empleada para la valoración sensorial

4.6.2. MÉTODOS DE CONTROL FÍSICO

4.6.2.1. Microondas

Para la realización de estas pruebas se utilizó un microondas doméstico con una potencia máxima de 700W, regulable en tres niveles de potencia diferentes y con sistema de rotación del plato interior.

Dado que el incremento de temperatura en el medio irradiado depende de las propiedades dieléctricas del material, de la cantidad de medio, del diámetro de las formas empleadas y de la posición de éstas en el microondas (Walzl, 1991), se estudió el efecto de las microondas sobre los ácaros en varios tipos de recipientes tanto por irradiación directa como por irradiación en medio líquido.

4.6.2.1.1. Irradiación directa

Se introdujeron entre 15-25 ácaros en el interior de placas de Petri de 6 cm de diámetro y se irradiaron a las tres potencias del microondas durante tiempos variables

Una vez irradiadas, las placas se expusieron al estereomicroscopio con el fin de valorar la viabilidad de los ácaros y se reservaron para realizar una segunda observación transcurridos 30 minutos. Hecha ésta, los ácaros fueron estimulados con una aguja, comprobándose la muerte de los mismos ante la ausencia de cualquier tipo de reacción.

4.6.2.1.2. Irradiación en medio líquido

Se utilizaron también placas de Petri de 3, 6 y 9 cm de diámetro y cunas de lavado en cuyo interior se colocó agua destilada a diferentes volúmenes entre 3 y 100 ml. Seguidamente, se introdujeron entre 15 y 25 ácaros en el interior de los recipientes. Las muestras se irradiaron a la máxima potencia del microondas durante tiempos variables en función de los resultados obtenidos.

Al igual que en el caso anterior, se analizó con posterioridad la muerte o supervivencia de los ácaros.

Por otra parte, se establecieron grupos control sujetos a las mismas condiciones para cada ensayo.

4.6.2.2. Ultrasonidos

Para comprobar los efectos que producen los ultrasonidos sobre los ácaros se introdujeron aproximadamente 100 especímenes en el interior de tubos eppendorf.

Del mismo modo, se introdujo aceite de girasol dentro de los tubos y se colocaron en el interior de una cuna de lavado con hielo triturado para su sonicación, mediante un vástago Microtips con las siguientes condiciones: 175 W de salida, durante tiempos variable de 5, 8, 10 y 15 segundos, con ciclo continuo de sonicación y un efecto útil del 50% a las potencias 8 y 10 del sonicador.

Posteriormente, los ácaros fueron extraídos de los tubos y colocados en una placa de Petri con papel de filtro en su interior para observar la evolución de los mismos. Como en todos los casos precedentes se establecieron grupos control adecuados a la experiencia planteada.

4.6.3. ESTUDIO DEL EFECTO BARRERA DE LA MANTECA DE CERDO DE APLICACIÓN AL JAMÓN CURADO.

Este diseño pretendía constatar la eficacia acaricida de la manteca de cerdo al aplicarla derretida directamente sobre trozos de jamón contaminado por ácaros, así como el efecto preventivo que ejerce sobre el producto para evitar la colonización del mismo por parte de aquéllos.

Para ello se prepararon dos trozos de jamón curado de un tamaño aproximado de 20x20x15 cm, uno de ellos naturalmente infestado por ácaros y el otro sin contaminación aparente. Posteriormente se derretió en un recipiente manteca de cerdo de aplicación al jamón (proporcionada por el grupo Campofrío S. A) y se aplicó con una brocha sobre ambas muestras.

Cuando la manteca se enfrió solidificándose de nuevo, ambos trozos de jamón fueron introducidos en el interior de recipientes herméticos. En el

fondo del recipiente destinado a la muestra no contaminada, se colocaron ácaros directamente aislados de los cultivos para comprobar su actividad frente al empleo de manteca.

Las muestras se mantuvieron a temperatura ambiental y se observó su evolución en el tiempo para constatar el posible efecto acaricida en el jamón infestado y el efecto profiláctico en el jamón no contaminado.

4.7 PRUEBAS EN SECADERO EXPERIMENTAL

Una vez obtenidos y analizados todos los resultados de las pruebas laboratoriales ya descritas, se estableció un protocolo de trabajo valorando la posibilidad de extrapolar dichos resultados a escala industrial.

Así pues, al comprobar el efecto acaricida que producían las sustancias químicas estudiadas, específicamente el linalol, y teniendo en cuenta la valoración sensorial realizada tras su empleo en muestras de jamón, se decidió estudiar los efectos que producía la utilización del linalol sobre la población acarina durante la curación de jamones en un secadero experimental.

Por otra parte, además de estudiar el posible efecto acaricida y profiláctico del citado compuesto, se pretendía evaluar su persistencia en el tiempo durante el curado de los jamones y comprobar los efectos residuales que dejaba sobre el alimento.

Por último, se realizó así mismo una prueba objetiva de valoración sensorial para comprobar la influencia de dicha sustancia en el sabor del jamón tras su curación.

4.7.1. MATERIALES

4.7.1.1. Secadero experimental

La experiencia se llevó a cabo en un secadero experimental de la planta piloto del Departamento de Calidad e Investigación del grupo Navidul (Campofrío S. A.) en Torrijos (Toledo). Dicho secadero disponía de un panel de control exterior para regular automáticamente las condiciones ecológicas de curación, que fue programado durante la experiencia conforme a nuestras necesidades. Con anterioridad, el secadero había sido meticulosamente lavado y desinsectado con humo.

Como estructura para el soporte de los jamones se utilizó un bastidor de dos perchas, con cuatro filas de soporte y capacidad para 30 piezas, que también había sido lavado y desinsectado con agua caliente y detergente a presión.



Figuras 58 y 59. Secadero experimental y panel de control.

4.7.1.2. Jamones

Se seleccionaron aleatoriamente 30 jamones proporcionados por el grupo Navidul S. A., todos de la misma partida, sin pezuña y en fases iniciales del proceso de secado. Asimismo, al realizar una observación previa, se constató la presencia aislada de algunos ácaros en determinados jamones. A este respecto, tratamos en todo momento de respetar al máximo las condiciones naturales de curación, no realizando ningún tipo de acción previa a nuestra experiencia.

4.7.2. METODOLOGÍA

Se establecieron tres grupos diferentes con diez jamones cada uno. Uno de ellos se utilizaría como grupo control (C) y los otros dos como grupos experimentales (B e I). La distribución de los jamones en el bastidor queda reflejada en la figura.

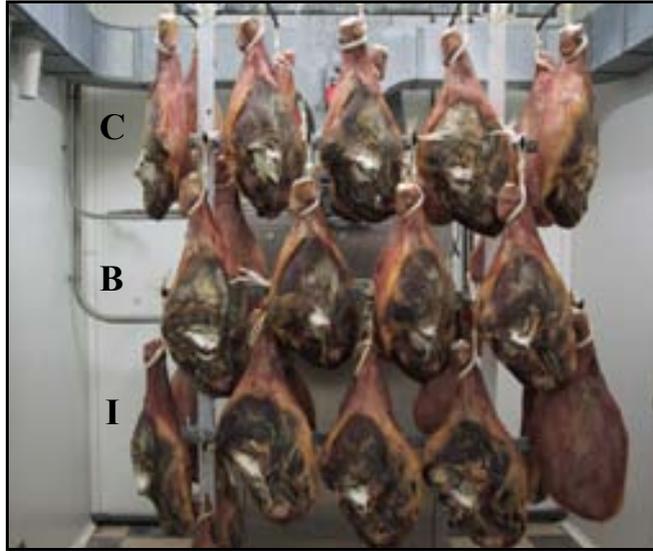


Figura 60. Disposición de los jamones en el bastidor

Para el tratamiento de los jamones, se planteó el siguiente protocolo de actuación:

1. Aplicación de una solución de linalol a una concentración determinada sobre los dos grupos experimentales de jamones en que se dividió la muestra según la técnica empleada para cada uno de ellos.
2. Control periódico de los jamones para comprobar la evolución de la población acarina.
3. Valorar la necesidad de realizar otros tratamientos en función de los resultados obtenidos.

Inicialmente, se preparó una dilución de linalol al 1% en agua. Dicha dilución se administró de manera diferente a ambos grupos. Al grupo B le fue aplicada mediante el untado de los jamones con brocha. Por su parte, el grupo I fue sometido a la inmersión de las piezas en el interior de un recipiente de aproximadamente 15 litros de capacidad.

Tras la primera aplicación, se realizaron visitas periódicas para seguir la evolución de los ácaros en los jamones y controlar su estado de curación.

En tales inspecciones se observó detenidamente cada una de las piezas para constatar la presencia de diferentes estadios evolutivos, y se estableció una escala para determinar el grado de colonización:

(Grado I): hasta 5 ácaros.

(Grado II): hasta 25 ácaros.

(Grado III): desde 25 y hasta más de 100 ácaros.

(Grado IV): colonia.



Figura 61. Inspección visual de los jamones

Los tratamientos ulteriores fueron realizados en todos los casos en función de los resultados obtenidos.

En este segundo caso, se preparó una dilución de aceite de girasol y linalol al 0'5% y se aplicaron las mismas técnicas que en el primer tratamiento pero sólo a la mitad de la muestra, cinco del grupo B y cinco del grupo I. El objetivo de este tratamiento fue observar posibles diferencias entre los primeros y los sujetos a doble aplicación.

La experiencia tuvo una duración de aproximadamente 4'5 meses, concluyendo en el momento en el cual los jamones finalizaron su curación.

Las condiciones ecológicas de curación fueron respetadas en todo momento. A tal efecto, se emplearon los parámetros de T^a y HR utilizados habitualmente en la empresa para el curado de tales productos. Siguiendo esas pautas, los jamones seleccionados completaron el periodo previo de secado a 18°C hasta el día 50 de iniciada la experiencia. Posteriormente, se aumentó la T^a hasta los 25°C con una humedad entre 75 y 80%, y se programó un control dependiente de esta última durante esta fase, que se prolongó aproximadamente hasta el día 107. Por último, se incrementó la temperatura 5°C hasta el final del tratamiento (día 126), momento en el que los jamones finalizaron su curación.

4.7.3. VALORACIÓN SENSORIAL

Una vez finalizada la curación de los jamones, se seleccionaron piezas pertenecientes a los tres grupos utilizados, se limpiaron, se deshuesaron y se envasaron al vacío, al objeto de realizar una prueba objetiva de valoración sensorial.

A tal efecto, se siguió el mismo procedimiento empleado en el apartado 4.6.1.4. El objetivo de la cata consistía en encontrar diferencias significativas entre las muestras tratadas con linalol y las utilizadas como control. Debido a que pensamos que se trataba de una prueba de aceptación, la valoración sensorial se realizó con 20 panelistas semientrenados y no entrenados.

4.8

PRINCIPALES MATERIALES EMPLEADOS

- ⌘ Estereomicroscopio NIKON, Mod. SMZ-10.
- ⌘ Microscopio NIKON, Mod. Labophot.
- ⌘ Mineralizador (*Sputter Coater*) BALZERS, Mod. SCD 004.
- ⌘ Microscopio electrónico de barrido JEOL, Mod. JSM-5400.
- ⌘ Campana de flujo laminar TELSTAR, Mod. AV-100.
- ⌘ Cámara climática CLIMAS, Mod. AGP / 425 / HR.
- ⌘ Microondas DAEWOO, Mod. KOR-6485
- ⌘ Sonicador Sonics & Materials. Mod. Vibra cells.
- ⌘ Secadero SECMATIC-920, EFC.

RESULTADOS

5



5.1

IDENTIFICACIÓN DE LOS ÁCAROS

Tras el montaje de un elevado número de especímenes aislados a partir de muestras de jamón ibérico y serrano, se identificaron cuatro especies de ácaros pertenecientes a los Órdenes Astigmata y Mesostigmata. Del primero se encontraron tres especies pertenecientes a la Familia Acaridae, encuadrados dentro de los Géneros *Tyrophagus*: *T. putrescentiae* y *T. longior*, y *Tyrolichus*: *T. casei*. La única especie que se identificó del Orden Mesostigmata estuvo representada por *Blattisocius dentriticus*, ácaro predador perteneciente a la Familia Ascidae.

ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
Astigmata	Acaridae	<i>Tyrophagus</i>	<i>T. putrescentiae</i> <i>T. longior</i>
		<i>Tyrolichus</i>	<i>T. casei</i>
		Mesostigmata	Ascidae

Tabla 3. Acarofauna identificada en el jamón curado

T. putrescentiae fue, con diferencia, la especie prevaleciente en las muestras recibidas. Fue hallada tanto en jamón ibérico como serrano. Por su parte, *T. casei* y *T. longior* fueron identificados en menor proporción, también en ambos tipos de jamones. Asimismo, *T. putrescentiae* y *T. longior* se encontraron en jamones con Denominación de Origen de San Daniele. Sin embargo, en las muestras recogidas de esta población italiana de Udine prevaleció mayoritariamente *T. longior* sobre *T. putrescentiae*.

Por lo que se refiere a *B. dentriticus*, fue identificado en jamón ibérico, siempre asociado como predador a la presencia en el mismo de *T. putrescentiae* y en una proporción bastante inferior con relación a su presa.

Por lo que respecta a la distribución geográfica de las diferentes especies, *T. putrescentiae* fue hallado en muestras procedentes de Extremadura (Cáceres y Badajoz), Castilla la Mancha (Toledo), Castilla y León (Salamanca), Andalucía (Huelva) y en la región italiana de Friuli – Venezia Giulia (San Daniele), tal como se ha mencionado previamente. *T. longior* se identificó en muestras procedentes de Extremadura (Cáceres y Badajoz), Castilla y León (León) y San Daniele, mientras que *T. casei* se encontró en Extremadura (Cáceres y Badajoz) y Castilla la Mancha (Toledo). Por su parte, *B. dentriticus* fue identificado en muestras recogidas en el sur de Badajoz.

5.2

CULTIVO DE LOS ÁCAROS

Ambos medios de cultivo empleados, pienso-levadura y jamón, resultaron muy adecuados para el crecimiento de las poblaciones de *T. putrescentiae*, no requiriendo demasiadas exigencias para su viabilidad. Sin embargo, y debido a la mayor facilidad a la hora de aislar los ácaros del medio, resultó más práctica en ocasiones la utilización del medio compuesto de jamón curado. Los ácaros son capaces de sobrevivir y desarrollarse más fácilmente en este medio cuando se les somete a temperaturas y humedades ambientales de laboratorio. Por el contrario, perecieron cuando los cultivos en el medio pienso-levadura fueron apartados de las condiciones climáticas preestablecidas y mantenidos a Tª y HR ambientales.

La hidratación del medio pienso-levadura, mediante una solución de NaCl 24 horas antes de la siembra de los cultivos, fue necesaria para que éstos se desarrollaran con éxito. Tal hidratación no fue precisa en los cultivos con jamón curado. Sin embargo, cuando se utilizaron muestras de jamón, especialmente ibérico, con un alto contenido de grasa, se desprendía abundante agua dificultándose el desarrollo del cultivo.

Por otra parte, los ácaros se desarrollaron y adaptaron más rápidamente a los cultivos de jamón ibérico que a los de jamón de cerdo blanco.

Debido a que nuestro único objetivo con la realización de los cultivos era la obtención de especímenes suficientes para llevar a cabo las diferentes pruebas laboratoriales, no se procedió a la cuantificación de los mismos.

5.3 MÉTODOS DE LUCHA EN LABORATORIO

5.3.1. PRUEBAS DE CONTROL QUÍMICO

5.3.1.1. Aceites esenciales

Tal como fue expuesto en el apartado 4.6.1.1., se estudió la capacidad acaricida de siete aceites esenciales, por inhalación de sus constituyentes sobre *T. putrescentiae*, constatándose los resultados a las 24 y 48 h de exposición del mismo.

Los resultados de las diferentes pruebas se expresan en tablas con estadísticos de promedio –media de efectividad- y de dispersión –desviación típica-.

☪ Romero

En la tabla 4 se reflejan los resultados de los cuatro ensayos realizados con las tres dosis diferentes de aceite esencial de romero.

Volumen	Tiempo expos.	Repeticiones (% mortalidad)				% eficacia	D. Típica
		1	2	3	4		
3 µl	24 h	85	95	100	100	95	7'07
	48 h	85	95	100	100	95	7'07
6 µl	24 h	100	100	100	100	100	----
	48 h	100	100	100	100	100	----
10 µl	24 h	100	100	100	100	100	----
	48 h	100	100	100	100	100	----

Tabla 4. Aceite esencial de romero

La eficacia acaricida del aceite de romero es patente en las dosis de 6 y 10 μl donde alcanza valores del 100% a las 24 h de exposición al mismo. Respecto a la dosis más baja de 3 μl , pese a mantener una eficacia del 100% en dos de las repeticiones realizadas, su porcentaje disminuye ligeramente en las otras dos, alcanzado un valor medio del 95%, que se mantuvo constante cuando se controló a las 48 h de su aplicación.

Menta

En la tabla 5 se representan los resultados de la eficacia acaricida del aceite esencial de menta a las diferentes dosis y tiempos de exposición estudiados.

Volumen	Tiempo expos.	Repeticiones (% mortalidad)				% eficacia	D. Típica
		1	2	3	4		
3 μl	24 h	95	100	100	100	98'75	2'5
	48 h	95	100	100	100	98'75	2'5
6 μl	24 h	100	100	100	100	100	----
	48 h	100	100	100	100	100	----
10 μl	24 h	100	100	100	100	100	----
	48 h	100	100	100	100	100	----

Tabla 5. Aceite esencial de menta

La menta fue el aceite esencial con una mayor eficacia acaricida en las tres dosis estudiadas, alcanzando valores del 100% con volúmenes de 6 y 10 μl . Su efectividad, cuando se aplicaron dosis de 3 μl , arrojó una media del $98'75 \pm 2'5$ a las 24 h de exposición al mismo, valor que se mantuvo constante a las 48 h, lo que indica la supervivencia de un único ejemplar de los 80 utilizados a lo largo de los cuatro ensayos realizados.

☪ Melisa

En la tabla 6 se expresan los porcentajes de efectividad del aceite esencial de melisa tras la realización de las cuatro repeticiones a las diferentes dosis y tiempos de exposición estudiados.

Volumen	Tiempo expos.	Repeticiones (% mortalidad)				% eficacia	D. Típica
		1	2	3	4		
3 μ l	24 h	65	65	95	85	77'5	15
	48 h	80	70	100	90	85	12'90
6 μ l	24 h	100	100	100	100	100	----
	48 h	100	100	100	100	100	----
10 μ l	24 h	100	100	100	100	100	----
	48 h	100	100	100	100	100	----

Tabla 6. Aceite esencial de melisa

Los valores estadísticos alcanzados con el aceite de melisa fueron idénticos a los obtenidos con el aceite de romero en los dos volúmenes más altos, logrando una efectividad del 100%. Con dosis de 3 μ l se observa un ligero descenso de la actividad acaricida, con una media del $77'5 \pm 15\%$ a las 24 h, que se recupera hasta alcanzar valores del $85 \pm 12'90\%$ a las 48 h de exposición al mismo.

Geranio

En la tabla 7 se muestran los resultados obtenidos con el aceite esencial de geranio.

Volumen	Tiempo expos.	Repeticiones (% mortalidad)				% eficacia	D. Típica
		1	2	3	4		
3 μ l	24 h	50	60	70	65	61'25	8'53
	48 h	70	60	90	75	81'25	10'30
6 μ l	24 h	100	95	100	90	96'25	4'78
	48 h	100	95	100	100	98'75	2'5
10 μ l	24 h	100	100	90	95	96'25	4'78
	48 h	100	100	100	95	98'75	2'5

Tabla 7. Aceite esencial de geranio.

En los cuatro ensayos realizados con el aceite de geranio a volúmenes de 6 y 10 μ l se alcanzan idénticos resultados del $96'25 \pm 4'78\%$ tras las 24 h de exposición al mismo, valores que aumentan ligeramente a las 48 h, rozando prácticamente la eficacia total, ya que sobrevivió un único individuo en una de las pruebas. Sin embargo, cabe señalar que con dosis de 3 μ l, este aceite fue el que demostró menor efectividad de todos los estudiados a las 24 h de exposición, al presentar valores del $61'25 \pm 8'53\%$. A pesar de ello, su eficacia aumenta considerablemente a las 48 h, arrojando un porcentaje del $81'25 \pm 10'30$.

☼ Lavanda

En la tabla 8 se representan los porcentajes de eficacia obtenidos con el aceite esencial de lavanda.

Volumen	Tiempo expos.	Repeticiones (% mortalidad)				% eficacia	D. Típica
		1	2	3	4		
3 μ l	24 h	60	85	90	95	82'5	15'45
	48 h	65	95	95	100	88'75	16'007
6 μ l	24 h	90	90	95	90	91'250	2'5
	48 h	95	90	100	100	96'25	4'78
10 μ l	24 h	90	100	100	100	97'50	4'78
	48 h	100	100	100	100	100	----

Tabla 8. Aceite esencial de lavanda

Los resultados obtenidos con el aceite de lavanda muestran una eficacia acaricida elevada que se incrementa a las 48 h de exposición al mismo. A las dosis de 6 y 10 μ l, salvo ligeras excepciones en alguno de los ensayos realizados, el porcentaje de efectividad es del 100%. De igual manera ocurre a volúmenes de 3 μ l donde, exceptuando un ensayo que mostró un valor atípico del 65%, en el resto supera el 95%, arrojando, pues, un promedio del 88'75%.

☛ Clavo

En la tabla 9 se expresan los resultados obtenidos con el aceite esencial de clavo en los diferentes ensayos realizados.

Volumen	Tiempo expos.	Repeticiones (% mortalidad)				% eficacia	D. Típica
		1	2	3	4		
3 μ l	24 h	65	60	80	50	63'75	12'5
	48 h	70	85	90	65	77'5	11'90
6 μ l	24 h	70	90	90	75	81'25	10'3
	48 h	90	100	95	80	91'25	8'5
10 μ l	24 h	80	80	95	65	80	12'24
	48 h	95	80	100	70	86'25	13'76

Tabla 9. Aceite esencial de clavo.

Como se observa en la tabla, el aceite esencial de clavo fue el compuesto que demostró menor efectividad. Asimismo, ofreció resultados a veces bastante aleatorios, como se constata por el hecho de poseer una mayor eficacia acaricida a volúmenes de 6 μ l que de 10 μ l. Pese a ello, en ambos casos mantiene valores que se sitúan entre el 85-90% de efectividad tras 48 h de exposición al mismo. Por su parte, los diferentes ensayos realizados a volúmenes de 3 μ l presentan resultados muy variables, con una eficacia acaricida más baja y estadísticos de dispersión muy altos.

Eucalipto

En la tabla 10 se reflejan los resultados obtenidos con el aceite esencial de eucalipto.

Volumen	Tiempo expos.	Repeticiones (% mortalidad)				% eficacia	D. Típica
		1	2	3	4		
3 μ l	24 h	65	70	100	95	82'5	17'55
	48 h	90	70	100	95	86'25	13'76
6 μ l	24 h	100	95	85	100	95	7'07
	48 h	100	100	90	100	97'5	5
10 μ l	24 h	100	100	95	100	98'75	2'5
	48 h	100	100	100	100	100	----

Tabla 10. Aceite esencial de eucalipto.

Después de 48 h de exposición a los volúmenes de 6 y 10 μ l, el aceite esencial de eucalipto alcanzó porcentajes de eficacia muy elevados, del $97'5 \pm 5$ y del 100 % respectivamente. Por lo que respecta a su respuesta a dosis de 3 μ l, durante los cuatro ensayos realizados, se observan porcentajes de actividad acaricida muy variados, que cifran su eficacia en el 86'25% con una desviación típica alta (13'76).

Grupo control

Por lo que respecta al grupo control, el porcentaje de ácaros vivos en los mismos se mantuvo, exceptuando un grupo que presentó un 75%, por encima del 95%.

5.3.1.2. Componentes de los aceites esenciales

Una vez analizados los resultados del efecto acaricida de los aceites esenciales, se seleccionaron seis sustancias presentes en la composición de aquéllos que habían demostrado mayor efectividad, a fin de estudiar sus efectos sobre *T. putrescentiae* aplicándolos por contacto directo y mediante la inhalación de sus constituyentes.

5.3.1.2.1. Contacto directo

De las seis sustancias estudiadas, el timol y el carvacrol ofrecieron porcentajes de eficacia del 100% en las diferentes concentraciones durante los cinco ensayos realizados (Tablas 11 y 12).

[]%	Repeticiones					Media	D. Típica
	1	2	3	4	5		
1	100	100	100	100	100	100	----
0'25	100	100	100	100	100	100	----
0'125	100	100	100	100	100	100	----

Tabla 11. Efecto del timol por contacto directo

[]%	Repeticiones					Media	D. Típica
	1	2	3	4	5		
1	100	100	100	100	100	100	----
0'25	100	100	100	100	100	100	----
0'125	100	100	100	100	100	100	----

Tabla 12. Efecto del carvacrol por contacto directo

Asimismo, linalol y α -terpineol mantuvieron a las concentraciones del 0'25 y 1% porcentajes del 100% de efectividad en casi la totalidad de las pruebas llevadas a cabo, descendiendo ligeramente el primero en las concentraciones más bajas ($90 \pm 10\%$), mientras que el α -terpineol conservó una eficacia del $98 \pm 4'47\%$ (Tablas 13 y 14).

[]%	Repeticiones					Media	D. Típica
	1	2	3	4	5		
1	100	100	100	100	100	100	----
0'25	90	100	100	100	80	94	8'94
0'125	80	80	100	100	90	90	10

Tabla 13. Efecto del linalol por contacto directo

[]%	Repeticiones					Media	D. Típica
	1	2	3	4	5		
1	100	100	100	100	100	100	----
0'25	100	100	100	100	100	100	----
0'125	100	90	100	100	100	98	4'47

Tabla 14. Efecto del alfa-terpineol por contacto directo

Por contra, acetato de linalilo y γ -terpineno dieron resultados de eficacia acaricida muy bajos, principalmente este último, que no superó el 10% de efectividad en las diferentes concentraciones ensayadas (Tablas 15 y 16).

[]%	Repeticiones					Media	D. Típica
	1	2	3	4	5		
1	30	30	0	40	30	26	15'16
0'25	20	20	10	10	20	16	5'47
0'125	0	0	0	10	0	2	4'47

Tabla 15. Efecto del acetato de linalilo por contacto directo

[]%	Repeticiones					Media	D. Típica
	1	2	3	4	5		
1	10	0	10	0	0	4	5'47
0'25	10	10	0	10	10	8	4'47
0'125	10	0	0	0	0	2	4'47

Tabla 16. Efecto del gamma terpineno por contacto directo

Por lo que respecta al grupo control (Tabla 17), el promedio de supervivencia de los ácaros fue en todos los casos superior al $96 \pm 5'47 \%$.

[]%	Repeticiones					Media	D. Típica
	1	2	3	4	5		
1	100	100	90	100	100	98	4'47
0'25	100	100	90	90	100	96	5'47
0'125	100	90	100	100	100	98	4.47

Tabla 17. Grupo control (contacto directo)

5.3.1.2.2. Inhalación

Al igual que en las pruebas por contacto directo, timol, linalol y carvacrol obtuvieron unos porcentajes de efectividad muy elevados (100%). Cabe señalar un único ensayo con este último donde la eficacia fue del 80%, lo que hizo disminuir su promedio en volúmenes de $3 \mu\text{l}$ al $96 \pm 8'94 \%$. (Tablas 18, 19 y 20).

[]%	Repeticiones					Media	D. Típica
	1	2	3	4	5		
$1 \mu\text{l}$	100	100	100	100	100	100	----
$3 \mu\text{l}$	100	100	100	100	100	100	----
$6 \mu\text{l}$	100	100	100	100	100	100	----

Tabla 18. Efecto del timol por inhalación

[]%	Repeticiones					Media	D. Típica
	1	2	3	4	5		
$1 \mu\text{l}$	100	100	100	100	100	100	----
$3 \mu\text{l}$	100	100	100	100	100	100	----
$6 \mu\text{l}$	100	100	100	100	100	100	----

Tabla 19. Efecto del linalol por inhalación

[]%	Repeticiones					Media	D. Típica
	1	2	3	4	5		
1 μ l	100	100	100	100	100	100	----
3 μ l	100	100	100	80	100	96	8'94
6 μ l	100	100	100	100	100	100	----

Tabla 20. Efecto del carvacrol por inhalación

Acetato de linalilo, γ -terpineno y α -terpineol presentaron, en líneas generales, una eficacia acaricida muy baja. Este último, a volúmenes de 6 μ l, se mantuvo en torno al $42 \pm 10'95$ %, llegando a ser el valor más alto de todos los ensayos. (Tablas 21, 22 y 23).

[]%	Repeticiones					Media	D. Típica
	1	2	3	4	5		
1 μ l	0	0	0	0	0	0	----
3 μ l	10	0	10	0	0	4	5'47
6 μ l	30	50	50	30	50	42	10'95

Tabla 21. Efecto del alfa-terpineol por inhalación

[]%	Repeticiones					Media	D. Típica
	1	2	3	4	5		
1 μ l	0	0	0	0	0	0	----
3 μ l	10	10	0	0	0	4	5'47
6 μ l	10	0	10	20	10	10	7'07

Tabla 22. Efecto del acetato de linalilo por inhalación

[]%	Repeticiones					Media	D. Típica
	1	2	3	4	5		
1 μ l	0	10	0	0	0	2	4'47
3 μ l	10	10	0	0	10	4	5'47
6 μ l	0	10	0	0	0	2'5	5

Tabla 23. Efecto del gamma-terpineno por inhalación

Al igual que en las pruebas por inhalación, el grupo control presentó un porcentaje de supervivencia muy elevado, superior al $96 \pm 5'47$ %. (Tabla 24).

[]%	Repeticiones					Media	D. Típica
	1	2	3	4	5		
1 μ l	100	90	100	100	100	98	4'47
3 μ l	100	90	100	90	100	96	5'47
6 μ l	100	90	90	100	100	96	5'47

Tabla 24. Grupo control (inhalación).

5.3.1.3. Estudio con linalol en jamón

Tal como se explicó en el apartado 4.6.1.3., una vez conocidos los efectos acaricidas de los compuestos previamente estudiados, se optó por el linalol como el producto más adecuado para continuar nuestros estudios *in vitro*. La elección de este compuesto se basó en los buenos resultados acaricidas obtenidos, tanto por inhalación como por contacto directo, sobre *T. putrescentiae*. Asimismo, se valoró su ausencia de toxicidad demostrada al ser componente mayoritario de determinados aceites esenciales, entre ellos el de lavanda, e igualmente esa opción era avalada por los buenos efectos acaricidas demostrados sobre otros ácaros, según consta en la literatura previamente consultada.

A este respecto, se planteó el estudio del efecto acaricida y repelente del mismo sobre jamones experimentalmente infestados, con objeto de extrapolar ese diseño a la industria como posible alternativa de control químico.

Efecto Acaricida

Tras la aplicación de la dilución de linalol al 1% en aceite de girasol sobre la pieza contaminada, se observa una reducción importante en el número de ácaros a las 24 h de iniciar la experiencia. Los pocos especímenes que sobreviven se localizan, principalmente, en la cara muscular de la muestra.

A las 48 y 72 h, se aprecian escasísimos ejemplares en la muestra y la presencia de hongos en la cara muscular del jamón, localizándose los pocos especímenes vivos en las proximidades de la tapa del recipiente.

Una semana después del tratamiento, se constata la ausencia total de ácaros en la pieza. Transcurrido el tiempo suficiente para que se produzca el desarrollo de una nueva generación, se procede a abrir la muestra de jamón y se comprueba que no hay ejemplar alguno en el interior del mismo.

Efecto repelente

A las 24 h de la aplicación de la dilución del linalol al 1% en aceite de girasol sobre la muestra experimental y de la introducción de los ácaros en el recipiente, se observa la ausencia total de ácaros en la misma. Por el contrario, la muestra no tratada y utilizada como control se encuentra profusamente contaminada, tanto al nivel de la corteza como del corte muscular del mismo.

Al cabo de tres días se observa una ligera proliferación de flora fúngica en las muestras, si bien los ácaros se mantienen en la pieza no tratada. Transcurrida una semana, se observa la presencia de un solo ácaro en la muestra tratada, mientras que en la no tratada continúa el crecimiento continuado y desarrollo de los mismos, sobre todo en la región de la corteza y en menor medida en la cara muscular, incrementándose con el tiempo.

5.1.3.4. Valoración sensorial

Una vez finalizadas las pruebas de control químico, como ya se mencionó en el pertinente capítulo de material y métodos, se decidió realizar una valoración sensorial sobre las muestras de jamones empleados en la experiencia precedente con el fin de observar diferencias organolépticas entre las muestras sometidas a la aplicación del linalol y las muestras control.

Llevada a cabo la prueba de valoración sensorial bajo las condiciones normalizadas ya descritas, únicamente 6 de los 17 panelistas encontraron diferencias entre las muestras de jamones tratados con linalol y las no tratadas. Tras el pertinente análisis estadístico, se puede concluir con un nivel de significación del 0'1% que entre el grupo control y el experimental tratado con linalol no existieron diferencias significativas a la cata.

5.3.2. PRUEBAS DE CONTROL FÍSICO

5.3.2.1. Microondas

Con este diseño experimental se pretendió valorar la eficacia acaricida de las microondas al aplicarlas directamente sobre los ácaros, así como al irradiarlos en un medio líquido utilizando recipientes distintos con diferentes volúmenes de agua destilada.

5.3.2.1.1. Irradiación directa

En la tabla 25 se representan los resultados obtenidos con las tres potencias diferentes del microondas y durante los tiempos de exposición que se especifican.

Potencia	Tiempo exposición	Efectos sobre los ácaros	Observaciones
1	1'	Ligera excitabilidad	
	2'	Inmovilidad parcial	Se restablece actividad transcurridos 30'
	3'	Inmovilidad total	Calentamiento excesivo del plato del microondas
2	20''	Excitabilidad	
	40''	Excitabilidad	
	1'	Inmovilidad parcial	Se restablece actividad transcurridos 30'
	1'30''	Inmovilidad parcial	
3	30''	Excitabilidad	
	1'	Excitabilidad	
	1'30''	Inmovilidad parcial	Se restablece actividad transcurridos 30'

Tabla 25. Efecto de las microondas por irradiación directa

En líneas generales, tiempos de exposición inferiores al minuto a cualquier potencia no produjeron ningún tipo de alteración en los ácaros. Como se puede apreciar en la tabla 25, sólo a partir de 1'5 y 2 minutos de exposición comienzan a verse afectados. Sin embargo, a pesar de constatarse una inmovilidad parcial o total, aquéllos son capaces de regenerarse transcurrido un tiempo, a menos que el calentamiento producido por las microondas sobre la placa de Petri haya sido tal que les ocasione la muerte. Así pues, se concluye que las microondas aplicadas directamente no producen efectos nocivos en la población acarina, en las condiciones en que se realizó la experiencia.

Por contra, sometiendo muestras de jamón a irradiación durante tiempos de exposición muy inferiores a los utilizados para los ácaros, se produce cocción y un deterioro irreversible de las mismas por calentamiento excesivo.

5.3.2.1.2. Irradiación en medio líquido

En la tabla 26 se expresan los resultados obtenidos mediante la irradiación de ácaros a la máxima potencia del microondas en los distintos recipientes, según volúmenes y tiempos de exposición relacionados.

Recipiente empleado	Volumen	Tiempo de exposic.	Efecto sobre los ácaros	Efectos sobre el líquido
Placa de Petri 3 cm diámetro	3 ml	3''	Algunos ácaros vivos	Ausencia de calentamiento
		5''	Muerte de la totalidad	Calentamiento moderado
		10''	Muerte de la totalidad	Calentamiento moderado
		15''	Muerte de la totalidad	Calentamiento excesivo
	6 ml	10''	Algunos ácaros vivos	Calentamiento moderado
		15''	Muerte de la totalidad	Calentamiento moderado
Placa de Petri 6 cm	8 ml	10''	Muerte de la totalidad	Calentamiento excesivo
		15''	Muerte de la totalidad	Calentamiento excesivo
	10 ml	10''	Muerte de la totalidad	Calentamiento excesivo
Placa de Petri 9 cm	20 ml	8''	Algunos ácaros vivos	Ausencia de calentamiento
		10''	Muerte de la totalidad	Calentamiento moderado
		15''	Muerte de la totalidad	Calentamiento elevado
		20''	Muerte de la totalidad	Calentamiento excesivo
Cuna de Lavado	40 ml	10''	Muerte de la totalidad	Ausencia de calentamiento
		15''	Muerte de la totalidad	Ligero calentamiento
		20''	Muerte de la totalidad	Calentamiento moderado
	60 ml	10''	Algunos ácaros vivos	Ausencia de calentamiento
		15''	Muerte de la totalidad	Calentamiento moderado
	80 ml	15''	Muerte de la totalidad	Ligero calentamiento
	100 ml	30''	Muerte de la totalidad	Ligero calentamiento

Tabla 26. Efecto de las microondas por irradiación en medio líquido

En todos los casos la eficacia de la irradiación en el medio líquido fue muy superior a la directa. Las pruebas realizadas en las placas de Petri ofrecen resultados muy satisfactorios en función de los diferentes tiempos de exposición. No obstante, podría argüirse que la irradiación en volúmenes de líquido tan pequeños produce un calentamiento tal que ocasiona la muerte de los ácaros. Sin embargo, se constata que tiempos menores de exposición, que no conllevan un excesivo calentamiento, produjeron igualmente la muerte de la totalidad de los especímenes.

Asimismo, el empleo de recipientes más grandes y con más cantidad de líquido ofreció resultados mucho más eficaces y alentadores. Tal como se aprecia en la tabla, las relaciones volumen/tiempo de irradiación de 40ml/15 sg, 60 ml/15 sg, 80 ml/15 sg y 100ml/30 sg, lograron causar la muerte de todos los ácaros irradiados. Y sin embargo, el consiguiente calentamiento del líquido no llegó a tal grado que pudiera atribuírsele la extinción de los mismos.

Por otra parte, observando los grupos control, cuyos especímenes fueron introducidos en recipientes con líquido según volúmenes preestablecidos, se pudo comprobar que la inmersión de los mismos durante un tiempo determinado no afectaba a su supervivencia. Cabe, pues, concluir que los efectos acaricidas en el grupo experimental eran producidos por irradiación de las microondas y no por la inmersión en agua destilada.

5.3.2.2. Ultrasonidos

En la tabla 27 se muestran los resultados de la sonicación de los ácaros a las diferentes potencias y tiempos de exposición.

Ambas potencias de sonicación fueron capaces de afectar a los ácaros causándoles la muerte con los diferentes tiempos de exposición

empleados. Asimismo, los escasos ácaros que resistieron el tratamiento sobrevivieron un corto periodo de tiempo una vez sometidos al sonicador.

La sonicación de los ácaros produjo, en ocasiones, la ruptura de determinadas estructuras morfológicas en los mismos, fácilmente observables tras la aplicación de las distintas pruebas.

Potencia del sonicador	Tiempo de exposición	Efecto sobre los ácaros	Observaciones
8	5''	Mitad de los ácaros muertos	
	8''	Elevada mortalidad	Se observa movimiento en algunos ácaros
	10''	Elevada mortalidad	Se observan dos o tres ácaros vivos
	15''	Elevada mortalidad	Se observan dos o tres ácaros vivos
10	5''	Elevada mortalidad	Se observa movimiento en algunos ácaros
	8''	Muerte de la totalidad	
	10''	Muerte de la totalidad	
	15''	Muerte de la totalidad	

Tabla 27. Efecto de los ultrasonidos sobre *T. putrescentiae*

Por su parte, los grupos utilizados como control resistieron bien la inmersión en aceite sin alteraciones aparentes durante los mismos tiempos que duró la experiencia

5.3.3. ESTUDIO DEL EFECTO BARRERA DE LA MANTECA DE CERDO DE APLICACIÓN AL JAMÓN CURADO.

Los efectos que produjo el empleo de manteca de cerdo en el jamón fueron estudiados utilizando dos muestras de jamón, una contaminada por ácaros para evaluar la posible eficacia acaricida de esa barrera, y la otra libre de contaminación, cuyo objetivo era profiláctico.

En el primer caso, la aplicación de la manteca derretida y caliente sobre la muestra de jamón contaminada produjo, aparentemente en un principio, la inmovilidad de los ácaros presentes en la misma. Sin embargo, tras el proceso de enfriamiento y solidificación, aquéllos afloraron a la superficie atravesando la barrera de manteca. Pese a ello, el calentamiento producido por la manteca, al aplicarla sobre la superficie del jamón, comporta que el número de supervivientes no sea muy elevado.

A las 24 h, momento en el que la manteca ya está plenamente solidificada, se aprecia cómo los ácaros recuperan su actividad normal, tanto en la cara muscular como en la corteza. Observaciones posteriores verifican la completa colonización final del jamón pese al recubrimiento con manteca.

En el caso de la muestra no contaminada, tras aplicar la manteca, los ácaros depositados en el fondo del recipiente comienzan la colonización de la pieza una vez que aquélla se solidifica. A las 24 h, se observa que han penetrado la barrera de la manteca instaurándose en la capa muscular de la muestra. Días más tarde el jamón se halla totalmente colonizado.

5.4

PRUEBA EXPERIMENTAL EN SECADERO

5.4.1. ESTUDIO DEL EFECTO ACARICIDA Y PREVENTIVO DEL LINALOL EN SECADERO EXPERIMENTAL DURANTE EL CURADO DE LOS JAMONES

5.4.1.1. CURADO DE LOS JAMONES

Como se explica en el apartado 4.7.1.2., los treinta jamones aleatoriamente seleccionados para la realización de la experiencia fueron apartados en las primeras fases del secado de los mismos, momento en que la contaminación por ácaros es menos intensa, aunque ya en una inspección previa se había observado la presencia aislada de algunos ejemplares. Esa presencia garantizaba la infestación al menos de los jamones del grupo control.

Pero, fieles a nuestro propósito de respetar escrupulosamente las condiciones naturales de curación, no se llevaron a cabo intervenciones previas que pudieran alterar ese proceso natural.

A ese respecto, se puso especial cuidado en seguir las pautas habitualmente marcadas por la empresa por lo que a condiciones ecológicas de curación se refiere, específicamente los parámetros de T^a y HR.

Por ello, durante el tiempo que duró la experiencia, aproximadamente 4,5 meses hasta la curación final de los jamones, se modificaron convenientemente ambas variables de acuerdo con el plan regularmente preestablecido. La evolución de ambos parámetros durante el desarrollo de la experiencia queda reflejada en las tablas 28 y 29 de T^a y HR.

Como se observa en la gráfica, al día 40 de ensayo se produce un primer aumento de la T^a hasta los 25° . Posteriormente se aumenta la misma

hasta los 30° a partir del día 110 hasta el final del proceso de curación. La HR, sin embargo, se mantuvo salvo ligeras excepciones entre 70-80%, dependiendo de las temperaturas de secado.

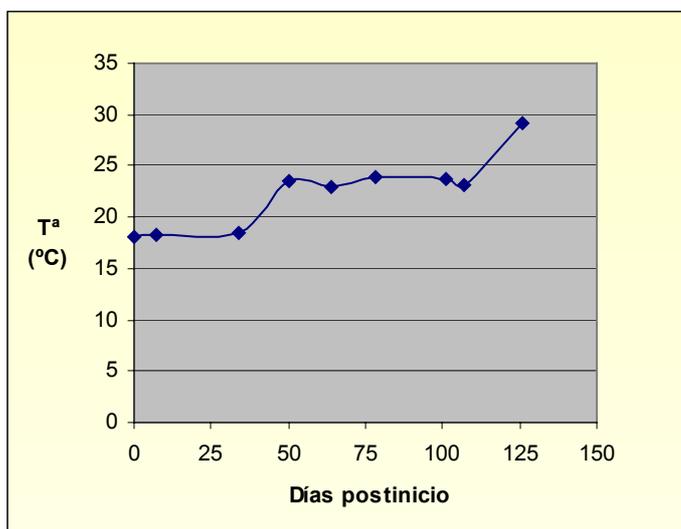


Tabla 28. Evolución de la temperatura durante el secado

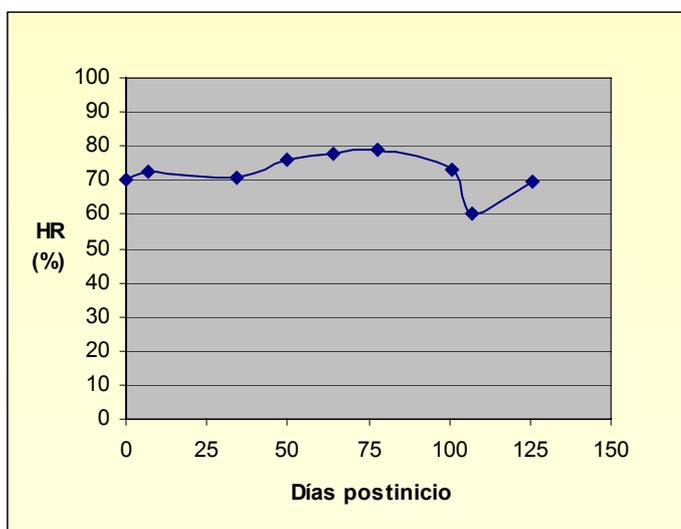


Tabla 29. Evolución de la Humedad Relativa durante el secado

5.4.1.2. EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN ACARINA SOBRE LOS JAMONES

5.4.1.2.1. Lote control (C)

En las gráficas 30 (jamones C1 a C5) y 31 (jamones C6 a C10) queda reflejada la evolución de la población acarina en los diez jamones pertenecientes al lote control.

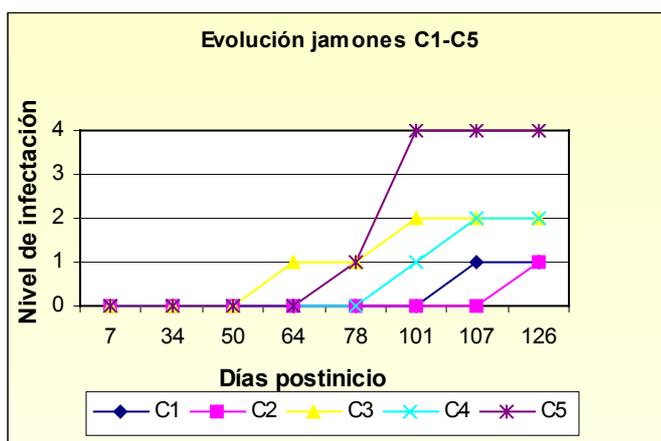


Tabla 30. Evolución de la población acarina en los jamones C1 a C5

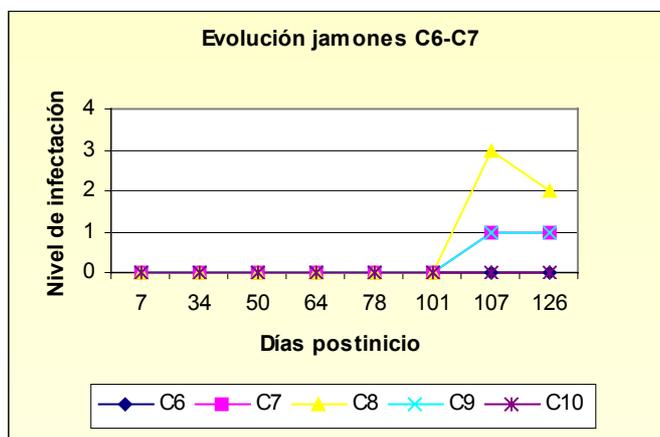


Tabla 31. Evolución de la población acarina en los jamones C6 a C10

Las piezas de dicho grupo fueron las primeras en ser colonizadas por ácaros. Se observa que, a partir del día 50 de iniciada la experiencia, comienzan a aparecer ácaros en C3. Pero la colonización de la mayoría de las piezas se inicia a partir del día 78 en adelante, apreciándose que, al final de los ensayos, están infestados ocho de los diez jamones de ese lote.

C5 y C8, especialmente el primero, presentaron niveles de infestación muy elevados. Durante los últimos días de curación el nivel de contaminación de C8 disminuye ligeramente. Asimismo, la proximidad de C3 y C4 respecto a C5 facilitó el contagio entre las piezas. Otro tanto ocurre, en menor medida, con C1 y C2, jamones que, al igual que los anteriores, se encontraban en la misma línea del bastidor. Por contra, los jamones C6 a C10, exceptuando C8, situados en la misma línea del bastidor, aparentaban una infestación muy baja o nula de ácaros.

Respecto a los parámetros climáticos, la colonización de los jamones comienza con el incremento paulatino de temperatura desde los 18°C a los 25°C. Pero, en líneas generales, el mayor aumento de la población acarina se produce entre los días 101 y 107, coincidiendo con el incremento de la Tª en el secadero de 25 a 30°C. Sin embargo, el mayor crecimiento exponencial de ácaros en una pieza se produce en C5, que pasa de niveles de infestación bajos a la colonización total, cuando la temperatura se mantiene en los 25°C. Los valores de HR no produjeron cambios relevantes en la colonización acarina, debido a que la humedad relativa se mantuvo más o menos estable durante el proceso de secado.

5.4.1.2.2. Lote tratado por inmersión (I)

En las gráficas 32 (jamones I1 a I5) y 33 (jamones I6 a I10) queda reflejada la evolución de la población acarina en los jamones pertenecientes al lote experimental tratado por inmersión en aceite de girasol y linalol.

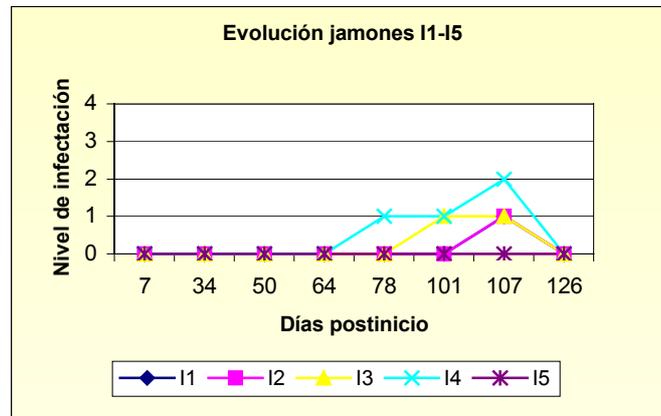


Tabla 32. Evolución de la población acarina en los jamones I1 a I5

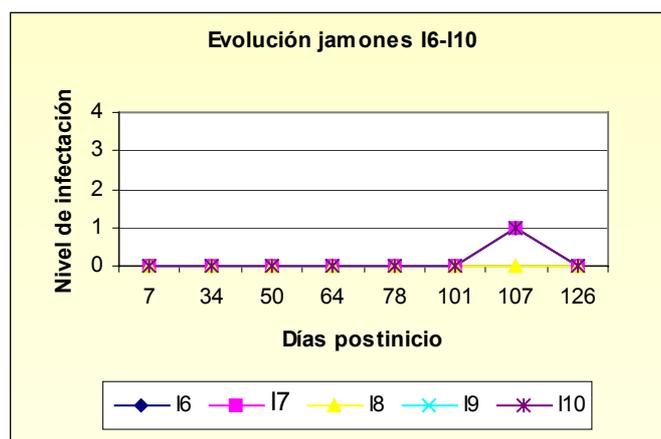


Tabla 33. Evolución de la población acarina en los jamones I6 a I10

La respuesta de este grupo al primer tratamiento realizado fue muy positiva. Exceptuando los jamones I4 e I3, que registraron una leve presencia de ácaros a los 64 y 78 días respectivamente de iniciado el tratamiento, el

resto mantiene una ausencia total de los mismos hasta el día 101, momento que coincide con el comienzo del incremento paulatino de la temperatura.

Por otra parte, a lo largo de toda la experiencia, este grupo experimental mantuvo niveles mínimos de población acarina, no superando en ningún caso el grado II en la escala de infestación, salvo la pieza I4. Llegado al día 107, momento en que se aplica el segundo tratamiento sobre la mitad de la muestra (I2, I4, I6, I7, I8, I9), ocho de los diez jamones tienen ácaros, siete en grado I y uno solo en grado II. Tras la segunda aplicación, a pesar del incremento de temperatura en esta etapa de 25 a 30°C, ninguna pieza está contaminada al final de la experiencia.

Llama la atención el hecho de que antes de proceder al segundo tratamiento sobre la mitad de la muestra, tres de los jamones no sometidos a dicha aplicación de refuerzo (I1, I3 e I10) estaban contaminados. Sin embargo, realizado el segundo tratamiento, en esas tres piezas no reforzadas había desaparecido la infestación cuando se dieron por finalizados los ensayos.

5.4.1.2.3. Lote tratado mediante untado con brocha (B)

En las gráficas 34 (jamones B1 a B5) y 35 (jamones B6 a B10), se recoge la evolución de la población acarina en el grupo experimental tratado con aceite de girasol y linalol mediante untado con brocha.

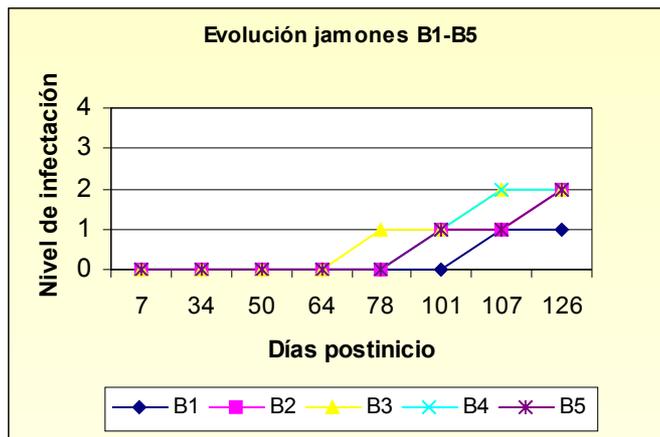


Tabla 36. Evolución de la población acarina en los jamones B1 a B5.

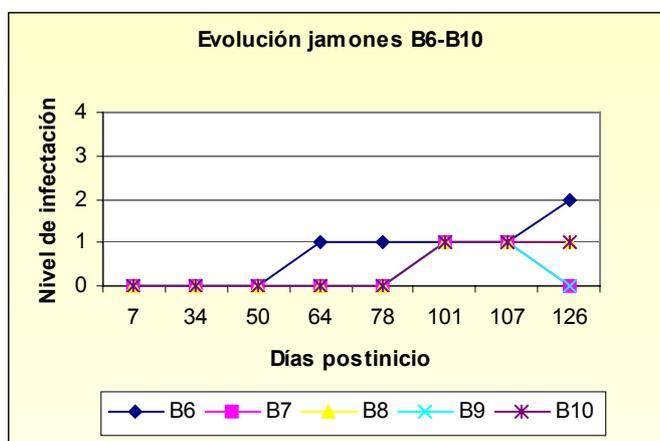


Tabla 37. Evolución de la población acarina en los jamones B6 a B10

Tras la aplicación del primer tratamiento y hasta los 50 días de iniciada la experiencia, el lote se mantiene en niveles de infestación similares a los mostrados en el grupo control. Sin embargo, a partir del día 64 comienzan a aparecer ácaros en los jamones B3 y B6, que posteriormente llegaron a alcanzar el grado II de contaminación. El máximo incremento de la población acarina en las piezas se produce entre los días 78 y 101, coincidiendo con valores de temperatura en torno a 25°C.

Por otra parte, antes de aplicar el segundo tratamiento a la mitad de este grupo experimental (B2, B4, B7, B9, B10), la totalidad del lote estaba infestado. Tras llevarse a cabo dicho tratamiento, ocho de los diez jamones seguían parasitados. Al final de la experiencia, las únicas piezas no infestadas de la muestra total fueron dos jamones sometidos a esa aplicación de refuerzo (B7 y B8).

Al aumentar la temperatura hasta los 30°C, coincidiendo con el segundo tratamiento, se observa un aumento en la población de ácaros en los jamones B2, B5 y B6.

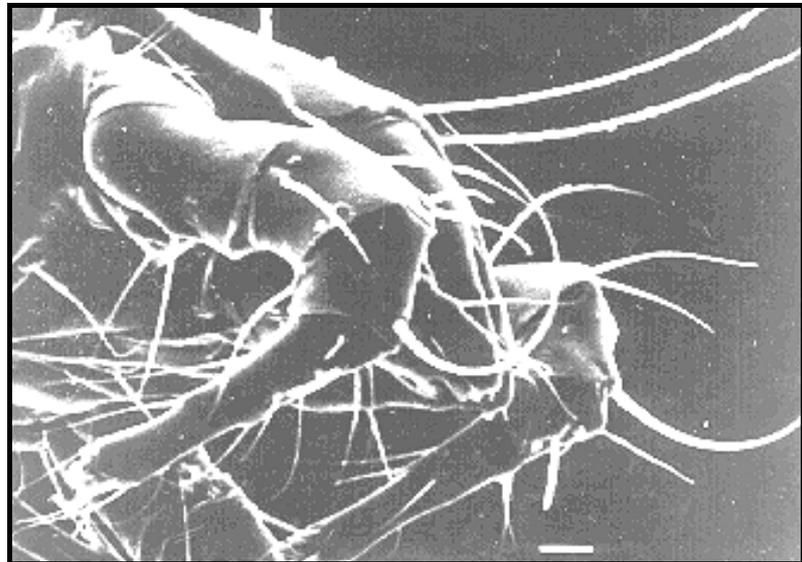
5.4.2. VALORACIÓN SENSORIAL

Una vez finalizada la experiencia en el secadero experimental, se planteó una prueba discriminativa (triangular) al objeto de valorar el método empleado.

Tras la realización de la cata, en la que participaron 20 personas, únicamente cuatro de ellas encontraron diferencias entre los jamones tratados con linalol y los utilizados como grupo control. De esta forma, llevado a cabo el pertinente análisis estadístico, se puede afirmar con una nivel de significación del 0'1% que no existen diferencias entre ambos grupos de jamones.

DISCUSIÓN

6



6.1 ACAROFAUNA DEL JAMÓN CURADO

Una vez realizada la identificación de la población acarina presente en las muestras aisladas de jamón en los tres años de duración de nuestra experiencia, podemos asegurar, sin ningún género de duda, que la especie más prevalente en jamón curado es *Tyrophagus putrescentiae*.

Tras la primera cita fiable de esta especie por Cantoni *et al.* (1970), se han llevado a cabo con posterioridad múltiples trabajos que verifican tales resultados, en jamones de nuestro país (Lorenzo y Flores, 1988; Arnau y Guerrero, 1994; García-Cuadrado *et al.*, 1997; Sánchez-López, 2000; Navarrete *et al.*, 2000; Escudero y López, 2001; Jorrín *et al.*, 2001), en el Alentejo portugués (García-Cuadrado *et al.*, 1997), en Alemania (Weidner y Rack, 1982), y en Italia, donde su identificación ha sido avalada por notables acarólogos (Ottoboni *et al.*, 1984, 1987; Di Loreto *et al.*, 1985).

Al tratarse de una especie ubicua y cosmopolita, ampliamente expandida por todo el mundo, no es de extrañar que fuera identificada en casi todas las comunidades autónomas de las que se habían tomado muestras: Extremadura (Cáceres y Badajoz), Castilla la Mancha (Toledo), Castilla y León (Salamanca) y Andalucía (Huelva), donde, exceptuando Toledo y Salamanca, su presencia ya había sido reiteradamente denunciada (Jorrín *et al.*, 2001). Asimismo, dicha especie también fue hallada en muestras procedentes de San Daniele (Italia), constatando los resultados obtenidos por Ottoboni *et al.* (1984, 1987) y Di Loreto *et al.* (1985), siendo una de las especies más prevalentes en jamones curados con Denominación de Origen de Parma y San Daniele.

La segunda especie identificada del Género *Tyrophagus*, *T. longior*, es otra de las que con mayor frecuencia ha sido citada como colonizadora del jamón (Lorenzo y Flores, 1988; Acha-Gutiérrez *et al.*, 1994; García-

Cuadrado *et al.*, 1997; Sánchez-López, 2000; Jorrín *et al.*, 2001). Si bien su presencia no es tan abundante como la de su congénere, se identificó en muestras procedentes de Extremadura (Cáceres y Badajoz) y de Castilla y León (León), cuya primera cita se atribuye a esta última provincia. Asimismo, fue identificada como la especie mayoritaria de las muestras recogidas de jamón con Denominación de Origen de San Daniele, cohabitando en el mismo producto con *T. putrescentiae*, sin que existiera una marcada competencia interespecífica. El hecho de que ambas especies del Género *Tyrophagus* fueran halladas en el mismo producto había sido constatado en estudios previos (Ottoboni *et al.*, 1987; Sánchez-López, 2000).

La tercera de las especies descubiertas de la Familia Acaridae, *Tyrollichus casei*, completa el conjunto de los principales ácaros colonizadores del jamón curado. Durante la década de los años 80, con los primeros trabajos realizados en nuestro país en el IRTA de Cataluña (Suñer *et al.*, 1985; Arnau *et al.*, 1987), fue considerada como la principal especie capaz de infestar los secaderos. Sin embargo, pese a haber sido identificada en algunas de las muestras recogidas y disponer de referencias bibliográficas previas a su localización en otras zonas geográficas como Extremadura y Andalucía (García-Cuadrado *et al.*, 1997; Sánchez-López, 2000; Navarrete *et al.*, 2000; Jorrín *et al.*, 2001), debe considerarse como colonizador habitual en la industria jamonera, pero no tan frecuente como *T. putrescentiae*.

Por su parte, *Blattisocius dentriticus* fue la única especie identificada entre los ácaros predadores, hecho que concuerda con las citas previas conocidas por otros estudios (Arnau *et al.*, 1990; García-Cuadrado *et al.*, 1997; Sánchez-López, 2000; Escudero y López, 2001). Su descubrimiento en jamones ibéricos del sur de Badajoz hace suponer que la distribución esté más condicionada por este tipo de producto, justamente al suroeste peninsular y asociado a *T. putrescentiae*, especie predilecta de su dieta

(Hughes, 1976) sobre la que fue identificado alimentándose, hecho corroborado por García-Cuadrado *et al.* (1997) y Escudero y López (2001). Avala, asimismo, esta hipótesis la circunstancia de que dicha especie nunca ha sido descrita en jamones italianos, donde aparecen otros predadores del orden Astigmata, principalmente *Androlaelaps casalis*, y en menor proporción u ocasionalmente *Cheyletus eruditus* y *Cheletomorpha lepidopterorum* (Di Loreto *et al.*, 1985; Ottoboni *et al.*, 1987).

Junto a las tres especies de Astigmata identificadas se han citado en la bibliografía al uso hasta un total de nueve especies de ácaros comensales propiamente dichos colonizadores del jamón curado. A este respecto, conviene hacer algunas consideraciones relevantes.

En primer lugar, la identificación de las distintas especies acarinas es una labor que requiere de buenos conocimientos morfológicos y mucha experiencia, en ocasiones propia de especialistas, por lo que indudablemente los errores a la hora de encuadrar taxonómicamente a las especies han sido y siguen siendo frecuentes.

Asimismo, determinadas especies como *Tyroborus lini*, *Acarus siro* o *Carpoglyphus lactis* (Estrada-Peña *et al.*, 1981; Sánchez-Acedo *et al.*, 1984; Arnau *et al.*, 1990), son mucho más frecuentes en otro tipo de productos (granos, quesos y alimentos con elevado contenido en azúcares) que en el jamón curado, no siendo éste el sustrato habitual de tales especies, por lo que su presencia en el mismo debe ser considerada excepcional o, como se ha dicho anteriormente, imputable a errores de identificación.

En tercer lugar, es muy probable que otras especies de ácaros Astigmata, como los pertenecientes a las Familias Glycyphagidae y Pyroglyphidae, se encuentren de manera habitual en las instalaciones de las fábricas de curado de los jamones y tengan la posibilidad de acceder al producto sin ser éste el sustrato natural. Tal hecho ha sido constatado por Suñer *et al.* (1985) y Ottoboni *et al.* (1987), quienes encuentran a *G.*

domesticus y *D. pteronyssinus* en fábricas de curado españolas e italianas. En todo caso, la presencia de alguna de estas especies no constituye un riesgo tan elevado como la de los Acaridae.

Por último, con relación a la distribución geográfica de las diferentes especies, podemos afirmar que los parámetros ecológicos de una determinada zona influyen en la presencia de unas u otras especies en las distintas fábricas tanto de ámbito regional como a escala internacional, como lo prueba el hallazgo de diferentes especies de ácaros en España y en Italia. Sin duda, de tales parámetros, el más influyente es la HR. La actividad crítica de equilibrio (CEA) de cada especie, descrita por Arlian y Vaselica (1981) como la HR más baja en la que un ácaro puede extraer suficiente cantidad de agua para sobrevivir, podría explicar la presencia de una determinada especie en una región concreta (Cardona, 2002).

6.2

CULTIVO DE ÁCAROS *IN VITRO*

Para el cultivo de ácaros domésticos en condiciones de laboratorio existe una amplia variedad de medios de cultivo descritos en la bibliografía al respecto. Como bien apuntaban Voorhorst *et al.* (1969), las escamas cutáneas constituyen el componente del medio de cultivo más adecuado para los ácaros del polvo doméstico, siendo, con frecuencia, mezclados con levadura de cerveza. Pero, asimismo, se han citado otros muchos productos alternativos para el cultivo de dichas especies. Si bien los ácaros de almacenamiento o de depósito tienen exigencias nutricionales diferentes a los del polvo, ocasionalmente ambos taxones pueden ser cultivados en medios similares. Como exigencia principal, los ácaros de productos almacenados precisan de medios con un elevado contenido en grasa y proteína (Hughes, 1976).

En nuestro caso, para el cultivo *in vitro* de *T. putrescentiae* empleamos con éxito dos medios de cultivo diferentes: una combinación homogénea de pienso comercial para ratón y levadura de cerveza en proporción 1:1, o bien muestras de jamón tanto de cerdo blanco como ibérico. Tan importantes como el medio de cultivo fueron los parámetros climáticos elegidos para su mantenimiento, principalmente en lo que se refiere a HR y T^a. Estudios realizados previamente (Ottoboni *et al.*, 1984; Hart, 1990) demuestran que, para lograr un crecimiento óptimo en los cultivos *in vitro* de *T. putrescentiae*, dichos parámetros deben estar en torno a los 25°C de T^a y con un 75-80% de HR, valores empleados en nuestra experiencia.

El medio pienso-levadura es uno de los más utilizados para el cultivo de ácaros domésticos, habiendo dado excelentes resultados tanto en cultivos de ácaros de polvo: *Dermatophagoides* spp. (Eraso, 1996), *Blomia* spp. (Cardona, 2002) como de almacenamiento: *Tyrophagus* spp. (Ree y

Lee, 1997; Sánchez-López, 2000). Ese medio tiene además la ventaja de ser muy económico y fácil de obtener con relación a otros (Eraso, 1996).

Por su parte, el empleo de jamón como medio de cultivo para *T. putrescentiae* fue muy adecuado tal como se había comprobado con anterioridad (Sánchez-López, 2000). Sin duda, el hecho de que el jamón constituya uno de los sustratos predilectos para la alimentación de esta especie de ácaros permite que éstos se adapten perfectamente al medio de cultivo. Asimismo, el elevado contenido en grasa y proteína del mismo cubre sobradamente las necesidades nutritivas de aquéllos. Cabe señalar, igualmente, que el alto grado de humedad en las muestras de jamón conlleva que los cultivos requieran menos exigencias climáticas que el medio pienso-levadura, hecho corroborado por el cultivo en condiciones climáticas laboratoriales a lo largo de todo el año.

Otra de las ventajas de este medio de cultivo respecto a otros es su duración en el tiempo, de manera que su deterioro es más lento y no es necesario sustituirlo hasta que la elevada producción de detritus y los cadáveres de los ácaros muertos lo exigen.

Por otra parte, el hecho de que los ácaros se desarrollen más rápidamente y muestren, por así decir, sus preferencias por el jamón ibérico como medio de cultivo frente al jamón de cerdo blanco, puede atribuirse a la presencia en el primero de determinados ácidos grasos monoinsaturados (C16-C18), por los que, según ha podido demostrarse, *T. putrescentiae* tiene especial predilección (Saleh *et al.*, 1987; Sato *et al.*, 1993). Igualmente, la presencia de determinados compuestos responsables del sabor y el olor característicos del jamón ibérico, cetonas 2-heptanona y 2-octanona, que se sabe resultan atractivos para esta especie (Escudero y López, 2001), podría explicar también aquellas preferencias por el producto.

6.3 MÉTODOS DE LUCHA EN LABORATORIO

6.3.1. PRUEBAS DE CONTROL QUÍMICO

6.3.1.1. Aceites esenciales y sus principios activos

Tal como fue comentado, el diseño de las diferentes pruebas de control químico en laboratorio se planteó con vistas a seleccionar una sustancia natural que permitiera establecer un protocolo de trabajo a escala industrial. Para ello se tuvieron en cuenta varias características: su eficacia acaricida, la ausencia de toxicidad y el hecho de que no se produjeran modificaciones apreciables en las propiedades organolépticas del producto.

La actividad biológica de varios aceites esenciales extraídos de plantas, principalmente las labiadas, contra una gran variedad de microorganismos patógenos, hongos, artrópodos e insectos, ha sido confirmada por un gran número de investigaciones laboratoriales. Tras la realización de nuestra experiencia, hemos podido comprobar la actividad acaricida que ofrecieron siete de estos aceites, aplicándolos sobre diferentes estadios de *T. putrescentiae*, por inhalación de sus constituyentes, en dosis de 3, 6 y 10 μl durante 24 y 48 h de exposición.

En líneas generales, la totalidad de los aceites utilizados en la experiencia muestran una excelente actividad acaricida, corroborando los trabajos previos realizados al respecto. Con dosis de 6 y 10 μl sus efectos son excelentes, alcanzando, con escasas excepciones, valores superiores al 90% de eficacia a las 48 h de exposición al mismo. Con dosis más bajas, no es de extrañar que su eficiencia disminuya progresivamente en determinados aceites. Aun así, algunos alcanzan valores de efectividad próximos a los conseguidos con las mayores dosis.

La menta es sin duda el aceite, entre todos los estudiados, que ofrece mejores resultados y en un tiempo más corto. Tales resultados de eficacia acaricida total concuerdan con los expuestos por Perrucci (1995) al analizar los efectos de este mismo aceite sobre *T. longior*. Esta autora obtiene resultados igualmente satisfactorios, aplicando sobre la misma especie mentol y mentona, principales constituyentes del aceite de menta. Asimismo, Sánchez-Ramos y Castañera (2001) señalan una eficacia acaricida del 100% al estudiar los efectos de la mentona sobre *T. putrescentiae*. Por lo que respecta a otros géneros de ácaros domésticos como *Dermatophagoides*, y de ácaros parásitos como *Psoroptes*, también se han constatado excelentes resultados mediante el uso de dicho aceite y de sus principios activos, según apuntan Olalla (1998) y Perrucci *et al.* (1995).

Los aceites de romero y melisa mantienen también una actividad acaricida del 100%. Pese a no disponer de referencias específicas previas respecto a la eficacia acaricida de ambos aceites sobre *T. putrescentiae*, no es de extrañar que presenten valores tan elevados. Varios de sus constituyentes (pineno, geraniol, linalol, citral, etc.), han sido citados en la amplia bibliografía al respecto como principios activos de gran poder acaricida. Asimismo, sobre otras especies de ácaros, en cultivos de *D. pteronyssinus*, el aceite de melisa sí consta que ha demostrado tal efectividad (Olalla, 1998).

Por lo que respecta a los aceites de geranio, lavanda y eucalipto, sus efectos son igualmente muy nocivos. A pesar de disminuir ligeramente su eficacia acaricida con dosis de 3 μ l, presentan valores muy elevados en las dosis más altas.

Del primero llama la atención el hecho de que pese a ser muy eficaz en dosis de 6 y 10 μ l, hecho confirmado sobre otras especies y con el estudio de sus principales constituyentes (Perrucci *et al.*, 1995; Olalla, 1998), su eficacia acaricida disminuye con dosis de 3 μ l, siendo a las 24 h la más baja

de todos los aceites estudiados, al alcanzar valores del 61'25%, que aumentan ligeramente a las 48 h. Aunque no disponemos de datos que nos permitan contrastar este hecho, cabe suponer que dicho aceite es más eficaz con esa dosis, cuando es aplicado a más largo plazo.

La lavanda también ofrece mejores resultados en las mayores dosis estudiadas. No disponemos de referencias previas sobre la eficacia de este aceite en *T. putrescentiae*. Sin embargo, sobre *T. Longior* (Perrucci, 1995) los resultados de efectividad son ligeramente más bajos por inhalación de sus constituyentes y se logra eficacia total al aplicarlo por contacto directo. Con referencia a otras especies de ácaros, su efectividad ha sido patente al aplicarlo sobre *Psoroptes cuniculi* (Perrucci *et al.*, 1994, 1996) y sobre cultivos de *D. pteronyssinus* (Olalla, 1998). Los potentes efectos acaricidas de este aceite no son de extrañar si tenemos en cuenta que algunos de sus principales constituyentes, entre ellos el linalol, han sido citados como principios activos muy eficaces contra la especie objeto de nuestro estudio (Watanabe *et al.*, 1989; Sánchez-Ramos y Castañera, 2001).

El eucalipto presenta igualmente resultados muy satisfactorios con las dosis más altas. Estos datos difieren ligeramente de los obtenidos por Perrucci (1995) sobre *T. longior*, quien constata en el mismo menos efectividad. Si bien es cierto que con dosis de 3 μ l presenta una dispersión bastante elevada (16'007 tras 48 h), en tres de los ensayos en ese intervalo de tiempo alcanzó una eficacia del 95%, lo que corrobora sus efectos acaricidas.

El último de los aceites estudiados, el clavo, presenta la actividad acaricida más aleatoria de todos. El hecho de que muestre mayor eficacia con dosis de 6 μ l que de 10 μ l, nos plantea serias dudas sobre su efectividad. Tales datos son ratificados por Olalla (1998) sobre cultivos de *D. pteronyssinus*, al constatar que el clavo ofrece un bajo o nulo efecto acaricida a corto plazo sin contacto directo.

Es obvio que, en ocasiones, alguno de los resultados obtenidos en nuestro estudio no son fácilmente contrastables por no disponer de referencias de su empleo sobre otras especies. A pesar de que se pueda tratar de individuos que comparten unas características biológicas muy similares, se ha demostrado que existe una mayor susceptibilidad de determinadas especies hacia los aceites esenciales. Al respecto, Miyazaki (1996) señala una mayor susceptibilidad de *D. pteronyssinus* que de *T. putrescentiae*. Este hecho puede ser igualmente aplicable a los constituyentes de los aceites esenciales.

Una vez conocida la capacidad acaricida de los aceites esenciales, se estudiaron los efectos de algunos de sus constituyentes, pero en esta ocasión por el procedimiento de inhalación y de contacto directo.

Parece claro que el empleo de una sustancia concreta, aislada de los demás compuestos de los aceites, produce un mayor efecto acaricida. A tal efecto, se seleccionaron seis monoterpenos teniendo en cuenta principalmente los resultados previos obtenidos con los aceites ensayados, cuya actividad biológica se debe mayoritariamente a los monoterpenos (Perrucci *et al.*, 1997 cit. Charlwood y Charlwood, 1991), y atendiendo a los datos aportados por la literatura al uso.

Puede parecer extraño que, pese a ser la menta el aceite esencial de mayor eficacia entre todos los experimentados, no se estudiaran en esta segunda fase la actividad de sus principales principios activos, ya contrastada por otros autores, ni que fueran estos últimos compuestos los seleccionados a la hora de proseguir las experiencias laboratoriales. Sin embargo, tras la realización de unas pruebas experimentales previas a la aplicación a escala industrial, se decidió descartar tanto el aceite esencial de menta como sus principales principios activos por su olor extremadamente fuerte e incompatible con el flavor del jamón.

De los monoterpenos estudiados, linalol, carvacrol y timol ofrecen los mejores resultados con ambos tipos de procedimiento, contacto directo e inhalación, alcanzando valores con las tres dosis y concentraciones estudiadas de prácticamente el 100 % en casi todos los ensayos realizados.

El potente efecto acaricida del linalol ya era conocido por diversos estudios sobre varias especies de ácaros: *T. putrescentiae* (Watanabe *et al.*, 1989; Sánchez-Ramos y Castañera, 2001) principalmente por inhalación, mas no por contacto directo, *T. longior* (Perrucci, 1995) y *P. cuniculi* (Perrucci *et al.*, 1994, 1995, 1996). Tal efectividad no parece casual, teniendo en cuenta que es uno de los constituyentes principales de distintos aceites, la lavanda, la melisa y el geranio, igualmente con demostrada capacidad acaricida.

Sin embargo, por lo que respecta al timol y al carvacrol, revisadas las referencias de que disponemos, se puede afirmar que por primera vez se utilizan aislados de sus correspondientes aceites esenciales sobre *T. putrescentiae* mediante ambos procedimientos, inhalación y contacto directo. La eficacia del primero sí ha sido contrastada sobre *P. cuniculi* (Perrucci *et al.*, 1995), con valores del 100% en ambos tipos de exposición, directa e inhalatoria. Igualmente se había probado la eficiencia del timol sobre *Varroa jacobsoni* (Higues *et al.*, 1997). Asimismo, el carvacrol había demostrado una actividad acaricida del 100% al emplearlo sobre *D. pteronyssinus* (Ottoboni *et al.*, 1992). Por todo lo cual, parece lógico que la eficacia obtenida en nuestros ensayos concuerde con los datos resultantes de su aplicación a otras especies.

Llama la atención el comportamiento de α -terpineol. Mientras que por contacto directo su efectividad es total en las diferentes concentraciones estudiadas, su eficacia por inhalación disminuye de manera importante. Únicamente en dosis de 6 μ l mantiene un porcentaje de efectividad mínimamente relevante. El resto de concentraciones arroja

una ausencia de efectividad total. Tales valores no son fácilmente contrastables al no disponer de referencias sobre *T. putrescentiae*. A este respecto, cabe decir que Sánchez-Ramos y Castañera (2001) aplicaron a esta misma especie un monoterpeneo de estructura química prácticamente idéntica, el terpineol, con resultados por inhalación similares a los obtenidos en nuestro estudio. La coincidencia de tales datos permitiría concluir que tal compuesto no surte efecto aplicado por inhalación. Sin embargo, Perrucci *et al.* (1995) obtienen resultados mucho más satisfactorios al estudiar el mismo compuesto por inhalación y contacto directo sobre *P. cuniculi*.

Por último, acetato de linalilo y γ -terpineno carecen prácticamente de eficacia acaricida bajo las condiciones estudiadas. Respecto al primero, Sánchez-Ramos y Castañera (2001) obtuvieron resultados idénticos a los nuestros por inhalación sobre *T. putrescentiae*. De igual manera, Perrucci *et al.* (1995) constatan los escasos efectos de este compuesto sobre *P. cuniculi*, por ambos procedimientos, inhalación y contacto directo. En cuanto al γ -terpineno, Sánchez-Ramos y Castañera (2001) descubren efectividad total sobre *T. putrescentiae* por inhalación. Carecemos de otras referencias que nos permitan contrastar este hecho.

Por tanto, se puede concluir que la efectividad de los diferentes aceites esenciales y de sus principios activos es un hecho contrastado. Sin embargo, no son tan evidentes los resultados del estudio sobre determinados aspectos relativos a estos compuestos como, por ejemplo, su mecanismo de acción.

La observación al microscopio de los ácaros muertos tras la aplicación de los diferentes compuestos descubre un estado de muerte distinto al producido por procesos naturales. Los ácaros presentan una sintomatología clara de deshidratación o desecación con una depresión idiosomal evidente y con las patas recogidas hacia el interior del cuerpo. Ese estado había sido ya reconocido por estudios de Furuno (1994) sobre *D.*

farinae y posteriormente de Sánchez-Ramos y Castañera (2001) en *T. Putrescentiae*, quienes no descartan la posibilidad de que, además de intervenir procesos de desecación, se produzcan interferencias en los procesos respiratorios.

Por otra parte, Perrucci *et al.* (1995) sugieren que puede existir cierta relación entre la estructura de los compuestos y su actividad. De hecho, al estudiar la actividad de diferentes monoterpenos, obtienen los mejores resultados con los de una determinada estructura: los de grupos funcionales alcohólicos terpénicos (linalol, geraniol, mentol y α -terpineol), que son grupos oxigenados funcionales inductores de propiedades acaricidas, y los que poseen grupos fenólicos libres (timol y eugenol). Por el contrario, los monoterpenos que contienen hidrocarburos monoterpénicos, tanto alicíclicos como cíclicos (limoneno, γ -terpineno), y los que poseen una esterificación de la función oxigenada como el éster acetato de linalilo, no demuestran actividad acaricida.

Otro de los factores que podría mermar la eficacia de estos compuestos es la posible ausencia de actividad ovicida (Sánchez-Ramos y Castañera, 2001). Este hecho puede atribuirse al gran recubrimiento exterior de los huevos, que impide la penetración de determinadas sustancias químicas (Witalinski, 1993). Sin embargo, tal carencia puede ser compensada por el efecto residual de los aceites esenciales o de sus principios activos, según demuestra Olalla (1998). De hecho, transcurrido el tiempo necesario para la eclosión, los compuestos siguen manteniendo cierta actividad acaricida.

6.3.1.2. Empleo del linalol

Una vez conocidos los efectos acaricidas de los principios activos estudiados, se seleccionó, según hemos comentado, el linalol como la sustancia más adecuada para proseguir nuestro diseño experimental. Cabe decir al respecto que la elección se basó en los buenos resultados

obtenidos, por inhalación y por contacto directo, no sólo sobre *T. putrescentiae*, sino también sobre otras especies de ácaros, como ha sido ampliamente referido, y además se ha demostrado que el linalol no es tóxico y posee un olor agradable y suave entre otras características. Asimismo, hasta la fecha no se han descrito en la bibliografía al uso alteraciones de olor, sabor, color y textura en productos tratados con estos monoterpenos (Perrucci, 1995). Fue precisamente Perrucci la primera en sugerir la posibilidad de su empleo como alternativa para el control de los ácaros contaminantes del jamón curado.

Así pues, al ser la primera vez que se plantea este tipo de estudio, carecemos de referencias bibliográficas que nos permitan contrastar los resultados obtenidos.

El empleo del linalol sobre muestras de jamón curado nos ha demostrado un doble efecto: acaricida y repelente. El efecto acaricida se hace patente a las 24 h de aplicación del mismo. Transcurridos dos o tres días, va disminuyendo progresivamente el número de ácaros y se constata su extinción total en un periodo inferior a una semana. Por otra parte, al abrir la muestra, transcurrido el tiempo suficiente para que se produzca el desarrollo de una nueva generación, se comprobó la ausencia de ácaros en el interior de la misma, demostrándose con ello el efecto residual del producto tras su aplicación. Tal efecto residual, constatado por Olalla (1998) sobre cultivos de *D. Pteronyssinus*, permite controlar posibles eclosiones de los huevos que han resistido a la aplicación previa del producto.

En cuanto al efecto repelente del linalol mezclado con aceite de girasol, sus resultados son manifiestos a partir del mismo momento de su aplicación. De hecho, al presentar los ácaros frente a dos muestras, una tratada con linalol y la otra no, éstos colonizan inmediatamente la no tratada. Tales efectos han sido corroborados por Guerrero y Arnau (1995) y posteriormente por Escudero y López (2001). Ambos estudios evalúan el

índice de repelencia de determinados aceites esenciales y de sus principios activos, entre ellos el linalol, constatándose un claro efecto repelente en la gran mayoría de las sustancias probadas. Por otra parte, su aplicación mantiene un efecto residual que dura el tiempo suficiente para dar paso a una nueva generación, momento en el que se dio por concluida nuestra experiencia en laboratorio.

El empujón definitivo que avaló la idoneidad del linalol para el planteamiento de un protocolo a escala industrial vino de la valoración sensorial realizada. Tras el análisis de la misma, el panel de catadores no encontró diferencias significativas entre las muestras tratadas con linalol y el grupo control.

6.3.2. PRUEBAS DE CONTROL FÍSICO

6.3.2.1. Microondas

El estudio de los efectos que producen las microondas sobre *T. putrescentiae* fue afrontado usando dos procedimientos: mediante irradiación directa y en un medio líquido.

La irradiación directa de los ácaros no demostró resultados nada satisfactorios a las diferentes potencias y tiempos de exposición. Tal exposición únicamente ocasionó una ligera excitación o inmovilidad parcial en los ácaros que, transcurrido un breve periodo de tiempo tras la irradiación, recobran su actividad. Por otra parte, tiempos de irradiación muy inferiores a los empleados en nuestra experiencia comportaron una seria alteración, principalmente de las grasas, en las muestras de jamón tratadas.

Tales efectos ya habían sido comprobados por Arnau y Guerrero (1994), quienes, además de señalar un daño importante en las grasas de las piezas tratadas, ponen de manifiesto la falta de efectividad sobre los ácaros. Estudios similares realizados por Pagani (1987) sobre salamis

infestados corroboran tales resultados. Este autor sostiene que para conseguir efectos acaricidas apreciables han de utilizarse potencias de microondas tan elevadas que conllevan una gran alteración de los productos, incluso su cocción. A este respecto, no dudamos que la muerte de los ácaros pueda deberse más a la excesiva T^a alcanzada por el alimento al ser irradiado que a la eficacia de las microondas en sí.

El fracaso de los experimentos realizados hasta la fecha mediante irradiación directa con microondas parece tener una fácil explicación. Como bien señala Walzl (1991), determinados experimentos con ácaros irradiados "en seco" demuestran que la cutícula de los mismos refleja las microondas. Para conseguir los efectos deseados, sería necesario el tratamiento en un medio líquido de forma que el calor producido por irradiación afecte al interior de los ácaros y ocasione una presión interna adicional capaz de dañar a los mismos.

Tales conclusiones concuerdan con los buenos resultados obtenidos en nuestra experiencia al irradiar los ácaros en un medio líquido. Pese a producirse un calentamiento del medio cuando se utilizan volúmenes muy bajos, en líneas generales, las microondas parecen mostrar una excelente eficacia acaricida aplicándolas sobre mayores volúmenes de líquido que no llegan a calentarse en la misma proporción.

Por ello, el empleo de microondas en la industria jamonera podría llegar a ser una buena alternativa para el control de los ácaros. Aunque habría que realizar ulteriores estudios que corroboraran tales hechos, cabe plantearse el diseño de maquinaria industrial capaz de permitir la irradiación de las piezas a una potencia muy elevada y con tiempos de exposición muy bajos, que ocasionen la muerte de los ácaros sin alterar el producto. Asimismo, el empleo de medios líquidos con un grado de ebullición superior al agua, como es el caso del aceite, disminuiría el calentamiento de las

piezas y evitaría cualquier tipo de daño en la superficie y, por consiguiente, en su interior.

6.3.2.2. Ultrasonidos

Al igual que con el uso de microondas, la sonicación de los ácaros en un medio líquido dio los resultados esperados. Al aplicar los ultrasonidos se constata la muerte de aquéllos en tiempos de exposición muy cortos, observándose al mismo tiempo un daño severo en diferentes estructuras morfológicas. Por otra parte, los pocos especímenes que seguían vivos tras la realización de las pruebas con potencias y tiempos de exposición más bajos no sobrevivieron mucho tiempo. A este respecto, es posible incluso que los ultrasonidos ocasionen algún tipo de trastorno en sus sistemas reproductores.

La única experiencia previa conocida de su empleo en jamones la realizaron Escudero y López (2001) mediante la emisión directa de los ultrasonidos hacia las piezas contaminadas. Estos autores señalan un efecto repelente cuando los ultrasonidos son dirigidos hacia zonas de la pezuña y caña. Sin embargo, tal efecto no se producía cuando se repitió el experimento en zonas más blandas como la babilla y la contra. Es posible, por tanto, que en un medio aéreo los ultrasonidos pierdan eficacia.

Así pues, el control de los ácaros mediante el empleo de ultrasonidos podría llegar a ser también una buena alternativa de control. El diseño de un sonicador industrial, que permitiera la inmersión de las piezas en un medio líquido y la aplicación de una potencia suficientemente alta, podría controlar las poblaciones de ácaros en las piezas si se aplicara en los momentos críticos de su colonización. En todo caso, serían necesarios ulteriores estudios para ratificar tales supuestos.

6.3.3. EFECTO BARRERA DE LA MANTECA DE CERDO DE APLICACIÓN AL JAMÓN

Para la realización de esta experiencia, se estudiaron los efectos que produce la manteca de cerdo al aplicarla derretida mediante untado con brocha sobre piezas de jamones infestados y no infestados por ácaros.

Sobre las muestras contaminadas inicialmente la manteca produce una cierta eficacia acaricida. Este hecho puede ser atribuido a dos factores: las elevadas temperaturas alcanzadas por la misma al derretirla o, como sugiere Jorrín (2001), a la inmovilización y asfixia del ácaro. Sin embargo, tal inmovilización y asfixia no es del todo eficaz ya que, antes de que se solidifique completamente la manteca, se observa que los ácaros afloran a la superficie. Una vez que aquélla se ha solidificado, estos recobran su actividad normal.

De manera similar ocurre cuando la manteca se aplica derretida con fines profilácticos. Una vez solidificada, los ácaros se desarrollan en la superficie terminando por colonizar la pieza.

En ambos casos hay que tener en cuenta una serie de factores que explicarían la colonización final de la pieza. Si el tratamiento no se realiza con precisión recubriendo la totalidad de la pieza, los ácaros terminan encontrando soluciones de continuidad que les permiten penetrar la capa protectora. Asimismo, las elevadas temperaturas de la manteca derretida facilitan su derramamiento al suelo, constituyendo un vehículo de contagio pasivo y permitiendo el acceso de los ácaros a la superficie del jamón.

Así pues, por una parte, el recubrimiento debe realizarse en el momento preciso, de lo contrario se puede impedir la salida de agua del producto durante el proceso de secado. Por otra parte, si la manteca se aplica con fines curativos, mediante el untado con brocha o con un paño, probablemente se inducirá el contagio de algunos jamones que no se

encuentran muy infestados por parte de los más contaminados (Arnau *et al.*, 1987).

A su vez, Jorrín (2001) señala la ausencia de eficacia ovicida, por lo que no deja de ser un método paliativo de uso periódico, y sugiere, asimismo, que los ácidos grasos de la manteca podrían ejercer un efecto atrayente adicional sobre poblaciones externas de ácaros presentes en las cámaras de maduración del producto.

El empleo de manteca sólida (en frío) podría ser útil para crear barreras que impidan el acceso de los ácaros al interior del jamón y evitar la coquera (Arnau *et al.*, 1987). En tal caso, debería aplicarse convenientemente en las zonas que presentan un mayor riesgo: hueso coxal, codillo, agujero de cala y las grietas producidas durante el secado.

6.4

PRUEBA EXPERIMENTAL EN SECADERO

6.4.1. ESTUDIO DEL EFECTO ACARICIDA Y PREVENTIVO DEL LINALOL EN SECADERO EXPERIMENTAL DURANTE EL CURADO DE LOS JAMONES

Una vez estudiados los resultados obtenidos de las diferentes pruebas en laboratorio, se planteó la posibilidad de diseñar un protocolo de actuación a escala industrial. Esa experiencia, basada en el empleo del linalol durante el curado de los jamones, perseguía varios objetivos. Principalmente, pretendía evaluar el efecto profiláctico que producía la aplicación de ese principio activo durante el proceso de curado de los jamones. Paralelamente, se trataba de valorar la eficacia acaricida en los periodos críticos de actuación de los ácaros. Por último, además de analizar ambas propiedades, acaricida y profiláctica, se estudió su persistencia en el tiempo durante el curado de los jamones y se comprobaron los posibles efectos residuales en las características organolépticas del producto, recurriendo a una prueba de valoración sensorial.

Como era de esperar, los diferentes lotes de jamones utilizados para la realización de la experiencia evolucionaron de manera distinta no por lo que respecta al proceso de curación, ya que todos estuvieron sometidos a las mismas condiciones marcadas por la empresa, sino en lo tocante a la contaminación por ácaros.

6.4.1.1. Lote Control

El lote de jamones utilizado como control siguió el proceso de colonización esperado. El hecho de que durante la selección de los jamones se observara la presencia de algún espécimen, nos garantizó que las piezas terminarían infestándose y así poder estudiar el crecimiento de los ácaros en

condiciones experimentales. En dicho lote los ácaros siguen un ritmo de crecimiento con varias fases:

Durante los días iniciales de la experiencia, coincidentes con el periodo de secado en el cual la T^a se mantiene en torno a los 18°C y HR del 70-75%, el desarrollo de los ácaros es prácticamente nulo. Este hecho se ajusta a lo esperado, si tenemos en cuenta que los pocos ácaros observados previamente a la experiencia aún se están adaptando a las nuevas condiciones climáticas del secadero, coincidiendo con la fase de latencia que señalan Escudero y López (2001). Dicha fase se prolongó durante aproximadamente los primeros 50 días, en los que la T^a y la HR se mantienen constantes según los parámetros señalados.

El momento de aparición de los ácaros, a los 50 días de iniciada la experiencia, coincide con el incremento de la T^a a 25°C . Sin embargo, el mayor crecimiento de las poblaciones se produce entre los días 101 y 107, siendo, por tanto, éste uno de los periodos críticos en la actividad acarina. Sin duda, tales temperaturas, con un mayor incremento de la HR (75-80%), vienen a ser condiciones óptimas para el crecimiento de los mismos, como ha sido reiteradamente descrito (Ottoboni *et al.*, 1984; Hart, 1990). En líneas generales, durante los dos meses y medio que se mantuvieron estos parámetros climáticos, los ácaros de los jamones infestados siguen un crecimiento rápido coincidente con la fase exponencial descrita por Escudero y López (2001).

Tras el incremento de la T^a hasta los 30°C a los 107 días de iniciada la experiencia y hasta la finalización de la misma (día 126), las poblaciones de ácaros no experimentaron cambios sustanciales. Esto puede ser debido a que la ligera disminución de la HR (60-70%) al incrementar la T^a , afecte de manera importante al desarrollo de las mismas, habiéndose comprobado que tal factor climático es el más influyente para el crecimiento de aquéllos (Arlan, 1992). En ausencia de tales condiciones hubiera cabido esperar que

los ácaros incrementarían exponencialmente sus poblaciones. Sánchez-Ramos y Castañera (1999) advierten que en esta fase con temperaturas de 29'5°C la población se duplica en 1'8 días.

Por último, cabe señalar que los jamones más infestados durante esta experiencia (C3, C4 y C5) se encontraban ubicados consecutivamente en el bastidor. Sin duda, la colonización total de C5, donde los ácaros se desarrollaron muy rápidamente, facilitó el contagio de los jamones adyacentes. Así pues, tal como señalaban Arnau *et al.* (1987), es obvio que la proximidad entre piezas facilita el contagio. Por el contrario, los jamones que presentaban, en líneas generales, menores niveles de infestación, se situaban en la misma fila del bastidor.

6.4.1.2. Lote tratado por inmersión

Los jamones pertenecientes al lote experimental tratado por inmersión en aceite de girasol y linalol presentan los mejores resultados y ello plantea alternativas serias para su empleo en la industria jamonera.

Tras el primer tratamiento realizado a los diez jamones al comienzo de la experiencia, se consigue una protección de aproximadamente 100 días hasta la aparición de los primeros ácaros. La presencia de los mismos llegado este punto puede ser atribuida a dos hechos:

En primer lugar, el desarrollo de los ácaros coincide con la fase final del secado en la cual las condiciones climáticas de curación son óptimas para que se produzca un elevado crecimiento de los mismos, como se constató en el grupo control y como ha sido reiteradamente señalado en la bibliografía al uso.

Asimismo, conviene señalar que en el conjunto del lote, los jamones que primero se vieron afectados por la presencia de ácaros y con un mayor nivel de infestación (en cualquier caso únicamente un jamón presenta grado II en la escala de infestación, el resto grado I) fueron I3 e I4, situados

justamente debajo de los jamones C4 y C5 (ambos del grupo control), que presentaban, sobre todo el último, una infestación generalizada llegado ese momento. Así pues, no hay que descartar la probabilidad de que los jamones del grupo control infestasen a los que se ubicaban debajo (Arnau *et al.*, 1987).

Por otra parte, el hecho de que los jamones tengan una protección de 100 días hasta la aparición de los primeros ácaros muestra un efecto residual elevado en el tiempo. Con ello se vería compensada la ausencia teórica de actividad ovicida del linalol (Sánchez-Ramos y Castañera, 2001). De hecho, tras la eclosión de los huevos, los diferentes estadios no logran desarrollarse satisfactoriamente y los jamones se mantienen con niveles mínimos de infestación.

Por ello, tras la aparición de los primeros ácaros se decide aplicar un segundo tratamiento a la mitad del lote, tratamiento que coincidió con uno de los momentos más críticos para la actividad acarina, cuando la temperatura se incrementa hasta los 30°C al final del secado (Sánchez-Ramos y Castañera, 1999). Tras su aplicación se constata la ausencia completa de ácaros en la totalidad de las piezas sometidas al tratamiento de refuerzo. Se observó, asimismo, que en tres de los jamones contaminados del subgrupo no sometido a refuerzo remitió totalmente la infestación. Este hecho puede deberse a que la proximidad de las piezas reforzadas indujera por inhalación efectos acaricidas.

Así pues, la eficacia acaricida demostrada en las pruebas experimentales por parte del linalol disuelto en aceite de girasol parece evidente, pues la ausencia de ácaros se mantiene hasta el final de la experiencia, momento que coincide con la curación de los jamones.

6.4.1.3. Lote tratado mediante untado con brocha

El tratamiento del grupo de jamones mediante untado con brocha no muestra resultados tan satisfactorios como los del lote anterior.

Tras llevar a cabo el primer tratamiento al inicio de la experiencia, el lote se mantiene en niveles de infestación similares a los del grupo control. A partir del día 64 comienza el crecimiento de los ácaros en las piezas. Sin llegar a presentar un nivel de infestación tan elevado como en el grupo control (la mayoría de los jamones presentan grado I y II) se observa que, tras el incremento de la temperatura a 25°C, la multiplicación de los ácaros es patente.

Al igual que sucedía en el lote tratado por inmersión, los jamones situados debajo de C4 y C5 (grupo control muy contaminado) presentaron un mayor nivel de infestación en un intervalo de tiempo más corto, por lo que se confirma la contaminación de las piezas inferiores por parte de las superiores.

Por otra parte, la aplicación de linalol disuelto en aceite mediante untado con brocha facilita el contagio entre las piezas, hecho ya señalado por Arnau *et al.* (1987). Estos autores sostienen razonablemente que el cepillado de las piezas para eliminar los ácaros viene a ser un mecanismo de transmisión de especímenes entre las mismas, y facilita el traspaso de huevos o formas inmaduras, que posteriormente eclosionarán o se desarrollarán hasta colonizar la pieza.

Pese a mostrar una cierta eficacia acaricida, que se manifiesta por la ausencia de ácaros en los jamones B7 y B8, la aplicación con brocha no permite un control tan exhaustivo y completo como el procedimiento por inmersión. Se confirma por el hecho de que tras el segundo tratamiento, sin alcanzar colonización elevada, en líneas generales los jamones siguen

infestados e incluso incrementan la población acarina al final de la experiencia.

6.5

PERSPECTIVAS DE FUTURO

El control de los ácaros del jamón continúa siendo un problema por resolver. Sin embargo, existen alternativas potenciales que, en un futuro, podrían llegar a ser sistemas y medios eficaces para controlar estos arácnidos. A ese respecto, son necesarios estudios a gran escala que permitan un ulterior desarrollo y puesta a punto. Hasta la fecha ése ha sido el verdadero problema, la falta de continuidad de los mismos, puesto que algunos trabajos han demostrado una notable eficacia en laboratorio o en pruebas experimentales a escala industrial, como las realizadas en la presente investigación.

Es un hecho constatado que el empleo de sustancias químicas naturales como el linalol durante el proceso de curación previene la aparición de ácaros. Por otra parte, al tratarse de sustancias naturales presentes en la composición de los aceites esenciales de varias plantas, se obvia el problema derivado de la prohibición oficial de aplicar sustancias químicas como acaricidas sobre los jamones, llegando a ser una buena opción para establecer un plan de control. Esta alternativa cuenta además con una ventaja añadida, de gran trascendencia, que no altera las propiedades organolépticas del producto. Con todo, son necesarios ulteriores trabajos que determinen con más precisión la dosis mínima eficaz y los momentos concretos de su empleo en los periodos críticos de actividad acarina, así como un procedimiento de actuación para su puesta a punto a escala industrial.

Sin embargo, desde nuestro punto de vista, el futuro para el control de esa plaga está en el desarrollo y aplicación de medios físicos, concretamente el uso de diferentes tipos de radiaciones, principalmente

ionizantes, microondas y ultrasonidos, o en la combinación de ambos métodos, físicos y químicos naturales.

El empleo de ese tipo de ondas no está demostrado que sea nocivo para el jamón y sí, en cambio, ataca a determinados microorganismos, por lo que su aplicación como método de control debería ser objeto de un profundo estudio.

Como se ha demostrado en esta investigación, el uso de las microondas en un medio líquido permite transferir calor adicional al interior de estructuras morfológicas del ácaro, ocasionando su muerte. La posibilidad, ya apuntada, de diseñar maquinaria industrial capaz de irradiar un buen número de piezas a la vez sumergidas en un medio líquido con un alto grado de ebullición (el aceite de girasol o de oliva), durante tiempos muy cortos de exposición a una potencia muy elevada, sería una prometedora alternativa para el control de los ácaros.

Al igual que las microondas, los ultrasonidos podrían constituir otra opción válida para erradicar esas plagas, si una vez más se lograra diseñar y poner a punto la tecnología adecuada, que permitiera su empleo a escala industrial.

A su vez, las radiaciones ionizantes por aceleración de electrones podrían ser, sin duda, un método muy eficaz con los mismos objetivos. Su eficacia a la hora de neutralizar diferentes microorganismos (bacterias, mohos, levaduras, ácaros e insectos) está bien demostrada (Rieman, 1967; Rieman y Flint, 1967; Ashrafi *et al.*, 1972; Ashrafi y Brower, 1974; Jafari y Dar, 1976; Ignatowicz y Boczeck, 1984; Szlendak *et al.*, 1992). Asimismo, tales radiaciones también han demostrado una actividad acaricida total al tratar muestras de jamón curado contaminadas, según ponen de manifiesto Dielh (1972) y Arnau y Guerrero (1994). Sin embargo, el mayor problema hasta la fecha radica en la prohibición oficial de su empleo. Salvo en el supuesto de algunos alimentos como las hierbas aromáticas secas, especias y

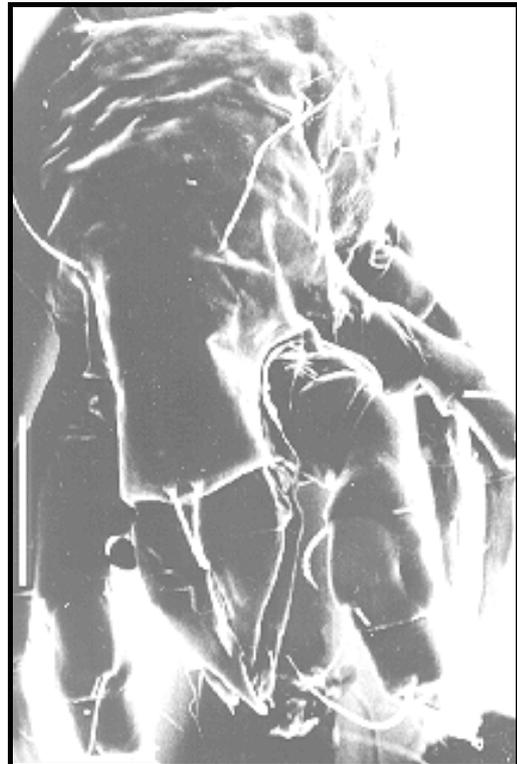
condimentos vegetales, nuestra legislación no permite la irradiación de alimentos destinados al consumo.

Otros países de la Unión Europea (Francia, Holanda y Gran Bretaña) y América (Estados Unidos y México) están empleando con éxito este tipo de radiación sobre diferentes productos alimenticios destinados tanto al consumo humano como animal. Por su parte, en España existe un problema de rechazo social hacia estos tratamientos, que pueden causar gran alarma entre los consumidores (Anónimo, 2001).

Si se consiguiera obviar estos problemas de prohibición y de rechazo colectivo mediante campañas destinadas a crear una conciencia social favorable a este tipo de tratamientos, poniendo de manifiesto el carácter inocuo de las radiaciones ionizantes, su empleo en la industria del jamón curado podría ofrecer serias alternativas para el control de esta plaga. Con todo, una vez más, son necesarios estudios ulteriores para su diseño, desarrollo y puesta a punto.

CONCLUSIONES

7



- 1.- La acarofauna del jamón curado (ibérico y de cerdo blanco) está constituida básicamente por cuatro especies: *Tyrophagus putrescentiae*, *T. longior* y *T. casei* en cuanto a ácaros comensales propiamente dichos, y *Blattisocius dentriticus* como ácaro predador.
- 2.- Los medios compuestos por levadura de cerveza y pienso comercial de ratón y el jamón, mantenidos a 25°C de Tª y con una HR del 80%, son muy adecuados para el crecimiento *in vitro* de *T. putrescentiae*.
- 3.- Los aceites esenciales estudiados muestran una elevada eficacia acaricida al aplicarlos por inhalación sobre *T. putrescentiae*. Con las dosis empleadas de 6 y 10 µl, la totalidad de los mismos arroja un porcentaje de efectividad superior al 90% tras 48 h de exposición.
- 4.- Los principios activos utilizados, principalmente los alcoholes carvacrol, timol y linalol, presentan una eficacia acaricida muy elevada sobre *T. putrescentiae* al aplicarlos tanto por contacto directo como por inhalación. Otros monoterpenos como el α-terpineol, acetato de linalilo o γ-terpineno, no ofrecen la misma eficacia por ambos procedimientos.
- 5.- El empleo *in vitro* de linalol disuelto en aceite de girasol muestra una eficiencia acaricida total al aplicarlo sobre piezas de jamón naturalmente infestadas. Asimismo, se constata un efecto repelente muy acusado en los ácaros tras su aplicación, y la ausencia de modificaciones en las propiedades organolépticas del alimento tras la realización de una prueba de valoración sensorial.

6.- Las radiaciones emitidas por las microondas y los ultrasonidos en un medio líquido causan gran mortalidad aplicándolas sobre ácaros *in vitro*. Ambos métodos podrían constituir una seria alternativa de futuro para el control de los ácaros del jamón.

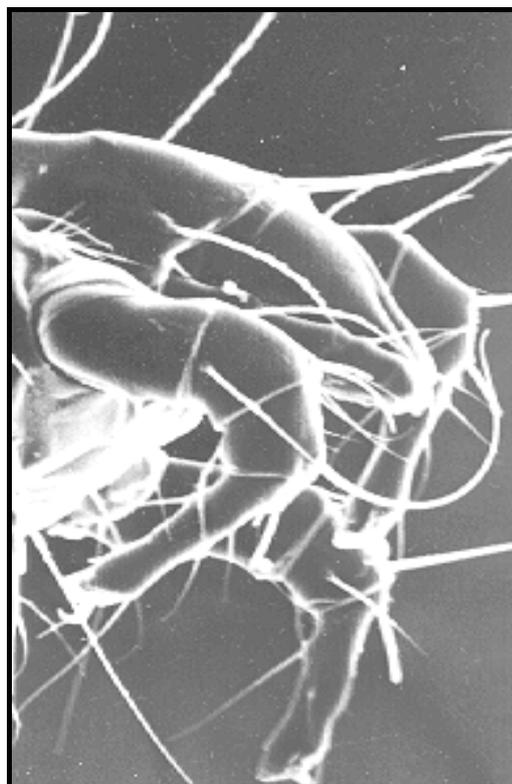
7.- El empleo de manteca de cerdo derretida sobre jamón no presenta un efecto acaricida destacable. Su uso con fines profilácticos es un método paliativo temporal ya que los ácaros, transcurrido algún tiempo, logran colonizar la pieza.

8.- La inmersión de los jamones en una dilución de linalol en agua, durante el proceso de curado de los mismos, previene la aparición de los ácaros al menos en los 100 primeros días. Llegado este momento, una segunda aplicación de ese principio activo, diluido en aceite de girasol, causa la extinción de aquéllos y confiere a las piezas una protección total hasta la curación final del producto.

9.- La realización de una prueba de valoración sensorial, tras el proceso de tratamiento y curado, demuestra la ausencia de modificaciones en las propiedades organolépticas del alimento, al no apreciarse diferencias significativas entre los jamones tratados con linalol y los del grupo control.

RESUMEN

8



Con el presente trabajo se realiza un estudio sobre los ácaros contaminantes del jamón curado. A este respecto, se pretende ampliar el conocimiento de esta plaga desde determinados aspectos biológicos y fisiológicos que no habían sido tratados anteriormente con profundidad, así como establecer pautas para el control de las poblaciones de ácaros en los secaderos y bodegas mediante el estudio de diferentes estrategias, que incluyen métodos químicos naturales y métodos físicos.

Con objeto de conocer la etiología de la plaga, se recogieron muestras de ácaros directamente de los jamones infestados, y se procesaron para su identificación en el microscopio. Paralelamente, a fin de disponer de especímenes suficientes para la realización de pruebas de control en laboratorio, se procedió al cultivo *in vitro* de los ácaros utilizando dos medios de cultivo diferentes, pienso–levadura y jamón.

Por lo que a diseños experimentales se refiere, se plantearon dos protocolos de actuación para el control de los ácaros: en laboratorio y a escala industrial. Las pruebas de laboratorio comprenden diferentes tipos de ensayo. En primer lugar, se trató de estudiar el efecto acaricida por inhalación de determinados aceites esenciales (romero, menta, eucalipto, geranio, melisa, clavo y lavanda) y de algunos de sus principios activos (linalol, timol, acetato de linalilo, α -terpineol, γ -terpineno y carvacrol), pero en este último supuesto tanto por inhalación como por contacto directo, valorando la eficacia de su empleo sobre muestras de jamón contaminado y, asimismo, su posible influencia en las características organolépticas del producto a través de una prueba de valoración sensorial. Se estudió también la eficacia de la manteca de cerdo al ser aplicada sobre las piezas. Finalmente, se plantearon dos experiencias encaminadas a conocer los efectos que producen las microondas y los ultrasonidos sobre los ácaros. La totalidad de los ensayos en laboratorio se realizaron sobre *Tyrophagus putrescentiae*.

Terminadas las pruebas de laboratorio, prosiguió la investigación a escala industrial, tratando de valorar el efecto acaricida y profiláctico del empleo de estas sustancias químicas naturales (concretamente el linalol) durante la curación de jamones en una planta piloto experimental. Para ello se seleccionaron 30 piezas divididas en tres lotes o grupos de diez jamones cada uno, que se encontraban en las fases iniciales de secado.

Al primer lote se le aplicó una dilución de linalol al 1% en agua con inmersión de las piezas en un recipiente. El segundo fue tratado con idéntica dilución utilizando para ello una brocha. Por su parte, el tercer lote se mantuvo como grupo control. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de esa experiencia, se decidió realizar un segundo tratamiento en el momento de la aparición de ácaros en el grupo control. Pero en esta ocasión, los grupos experimentales fueron tratados con una dilución de linalol al 0'5% en aceite de girasol utilizando los mismos procedimientos, inmersión y untado con brocha. Los jamones siguieron los parámetros de curación normales establecidos por la empresa donante de los mismos. Terminada la experiencia, se realizó una prueba de valoración sensorial para comprobar los efectos sobre las propiedades organolépticas del alimento.

Analizadas las muestras recogidas de las diferentes industrias, se identificaron cuatro especies de ácaros, de las que tres pertenecen al Orden Astigmata (*T. putrescentiae*, *T. longior* y *Tyrolichus casei*) y la otra se encuadra en el Orden Mesostigmata (*Blattisocius dentriticus*). Se pudo constatar que *T. putrescentiae*, por su abundancia y distribución geográfica, es la especie más común presente en el jamón, tanto ibérico como curado de cerdo blanco.

También se comprobó que ambos medios de cultivo, jamón y pienso-levadura, son muy apropiados para el crecimiento y desarrollo de *T. putrescentiae*. Sin embargo, debido a la mayor facilidad a la hora de aislar

los ácaros del mismo, se utilizó mayoritariamente el medio jamón como el más adecuado para la realización de nuestras experiencias en laboratorio. Las condiciones climáticas empleadas para el cultivo (25°C de T^a y 80% de HR) son igualmente óptimas para la evolución de los ácaros.

Por lo que respecta a resultados, los aceites esenciales estudiados demostraron, en líneas generales, una gran actividad acaricida, cuya eficacia puede estimarse superior al 90% en volúmenes de 6 y 10 µl, siendo especialmente activos los aceites de menta y romero. Otro tanto cabe afirmar sobre los principios activos linalol, carvacrol y timol que, tanto por inhalación como por contacto directo, alcanzaron valores del 100% de eficiencia en diferentes concentraciones y volúmenes.

Analizados los resultados precedentes, se eligió el linalol como el principio activo más adecuado para estudiar sus efectos sobre la población acarina, tanto en el laboratorio como a escala industrial. De hecho, el empleo de linalol disuelto en aceite de girasol demostró un marcado efecto acaricida y repelente sobre los ácaros. Por otra parte, realizada la prueba de valoración sensorial, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos tratados con linalol y los grupos control.

Respecto a los medios físicos estudiados, el empleo *in vitro* de las microondas ofreció resultados variables. Cuando los ácaros son irradiados directamente, éstas apenas presentan efectividad alguna. Sin embargo, cuando la irradiación de los mismos se llevó a cabo en un medio líquido, su eficacia fue total bajo las condiciones en que fue planteada la experiencia. Igualmente, los ultrasonidos resultaron muy eficientes al aplicarlos sobre ácaros en un medio líquido. De todas maneras, son necesarios estudios ulteriores para su posible puesta a punto a escala industrial.

La aplicación de manteca derretida sobre los jamones no ofreció resultados muy satisfactorios. Cuando las piezas están contaminadas, una vez aplicada la manteca, ésta provoca cierta mortalidad. Sin embargo,

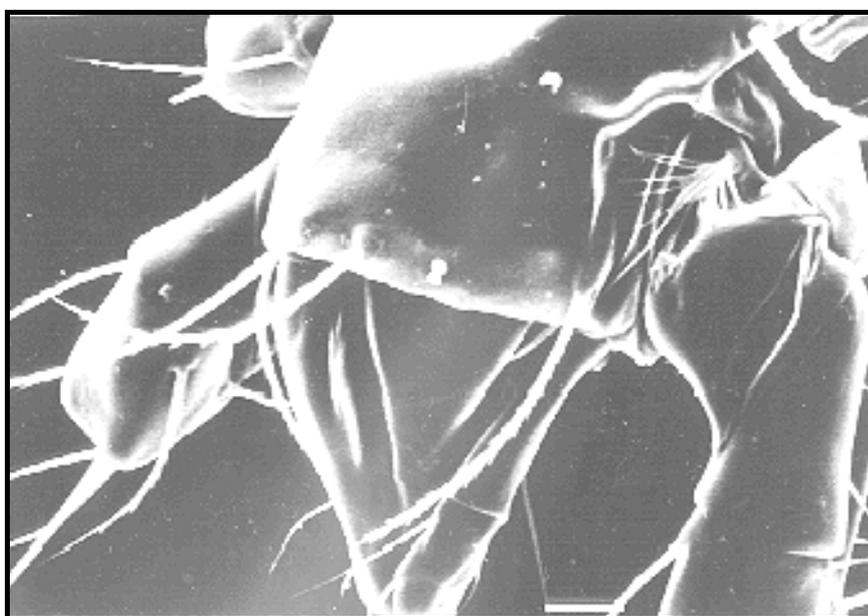
transcurrido un corto periodo de tiempo, los ácaros afloran a la superficie y terminan por colonizar la pieza. Lo mismo sucede si la manteca se aplica a jamones no infestados, ya que, al solidificarse, los ácaros acaban introduciéndose y contaminan las piezas al poco tiempo. De todos modos, pese a ofrecer escasa protección, la manteca no deja de ser un método paliativo usado habitualmente.

Por último, con el empleo del linalol a escala industrial durante el curado de los jamones se obtuvieron resultados dispares. El uso del mismo mediante inmersión de la pieza en la dilución establecida confirió una protección a los jamones de más de 100 días. Llegada la ocasión, se aplicó el segundo tratamiento con la misma técnica según el diseño previsto, el cual aseguró la ausencia de ácaros en las piezas del correspondiente lote hasta la curación final de los mismos. Por el contrario, el empleo de linalol mediante untado con brocha, pese a mostrar cierto efecto acaricida y profiláctico, no fue eficaz debido a que el uso de la misma pudo facilitar el contagio entre piezas. Por lo que respecta al grupo control, siempre fue el primero en infestarse y esta situación se mantuvo así hasta el final de la experiencia.

Terminados los ensayos a escala industrial y efectuada la prueba de valoración sensorial para determinar los efectos sobre las características organolépticas del jamón curado, no se encontraron diferencias significativas, por lo que respecta a esas características, entre los grupos experimentales tratados con linalol y los grupos control. Se puede concluir, por tanto, que el uso del linalol disuelto en aceite de girasol ha resultado ser un medio muy eficaz para el control de los ácaros en secaderos y bodegas bajo las condiciones en las que se planteó la experiencia.

RIASSUNTO

9



Lo scopo di questa ricerca è lo studio degli acari che infestano el prosciutto. Si tratta addirittura di approfondire su questa piaga mediante l'indagine di aspetti biologici e fisiologici che finora non sono stati rimarcati abbastanza. Inoltre si stabiliranno con precisione possibili mezzi per raggiungere il controllo e sterminio di quelle piaghe nel corso della stagionatura delle cosce suine, mediante l'addattamento e l'uso di tecniche fisiche e chimiche naturali.

Affinché sia scoperta l'eziologia delle suddette piaghe, abbiamo preso saggi d'acari appunto dalle cosce di maiale infestate, i quali furono sottoposti al microscopio per accertarne l'identità. Simultaneamente, all'effetto di poter disporre dei campioni sufficienti per le prove di laboratorio, abbiamo provveduto a la coltura in vitro degli acari mediante l'uso di farina di cereali-lievito e prosciutto come mezzi di coltura.

Per quanto riguarda ai disegni sperimentali, sono stati eseguiti due tipi di saggi: in laboratorio e su scala industriale. Le prove di laboratorio comprendono diverse esperienze. Prima si trattó di apprezzare l'effetto acaricida per inalazione di certi oli essenziali (rosmarino, menta, eucaliptus, geranio, melissa, garofano e lavanda) e di qualcuni dei loro principi attivi (linalolo, timolo, acetato di linalilo, alfa terpineolo, gamma terpineno e carvacrolo), ma in quest'ultimo caso tanto per inalazione como per unzione sulle cosce suine, accertando i loro effetti sul prodotto infestato e sulle caratteristiche organolettiche dello stesso mediante prova di valutazione sensoriale.

Poi si è studiato l'effetto dello strutto unto sul prosciutto. Inoltre sono stati disegnati due esperimenti per verificare l'efficienza del forno a microonde e dei ultrasuoni sugli acari. Tutte le prove di laboratorio si sono svolte su *Tyrophagus putrescentiae*.

Finite le prove in laboratorio, abbiamo proseguito coi saggi su scala industriale, cercando di valutare l'effetto acaricida e profilattico di quelle

sostanze chimiche naturali (appunto il linalolo) nel corso della stagionatura delle cosce di maiale avvenuta in sala sperimentale. A questo scopo sono state scelte trenta cosce suine suddivise in tre gruppi e dieci campioni ciascuno, che si trovavano nelle fasi iniziali di stagionatura.

Le cosce del primo gruppo sono state trattate mediante immersione in recipiente con soluzione diluita d'acqua e linalolo al 1%. Il secondo è stato sottoposto alla stessa diluzione ma unto con spazzoleta. Il terzo agiva da gruppo controllo. In base ai risultati ottenuti durante la prova, si decise effettuare una seconda applicazione nel momento in cui gli acari cominciarono ad affiorare sul gruppo controllo. Ma in questo caso i gruppi sperimentali furono trattati con diluzione d'olio di girasole e linalolo al 0,5%, ancora una volta mediante immersione e unzione con spazzoleta. Tutte le cosce furono sottoposte ai parametri di stagionatura stabiliti dal disciplinare di produzione del prosciuttificio in cui si è svolta l'esperienza. Finito questo saggio, ebbe luogo la prova di valutazione sensoriale per accertare gli effetti sulle caratteristiche organolettiche del prosciutto.

Fatto l'analisi dei campioni raccolti da diversi prosciuttifici, furono identificate quattro specie d'acari, delle quali tre appartengono all'ordine Astigmata (*T. putrescentiae*, *T. longior* e *Tyrollichus casei*) e un'altra all'ordine Mesostigmata (*Blattisocius dentriticus*). Si è verificato che *T. putrescentiae*, considerato il numero e la sua distribuzione geografica, è senz'altro la specie più comune sul prosciutto tanto di suino iberico come di maiale "blanco" (unghia bianca).

Si è accertato pure che tutti e due mezzi di coltura, prosciutto e farina di cereali-lievito, sono molto atti per l'allevamento di *T. putrescentiae*. Tuttavia, per lo svolgimento delle nostre prove in laboratorio, abbiamo preferito molto spesso il prosciutto, dato che risultava più facile isolare gli acari da questo mezzo. Le condizioni climatiche mantenute nel corso della coltura (T^a, 25°C e HR 80%) erano ottime per l'evoluzione degli acari.

Per quanto riguarda ai risultati, tutti gli oli essenziali provati mostrarono di solito intensa attività acaricida, la cui efficienza fu stimata superiore al 90%, volume 6 e 10 μ l, diventando molto attivi soprattutto gli oli di menta e rosmarino. Altrettanto si può affermare sui principi attivi linalolo, carvacrolo e timolo, i cui risultati, tanto per inalazione come per unzione, raggiunsero il 100% d'efficacia su diverse concentrazioni e volumi.

Fatto l'opportuno esame dei risultati precedenti, abbiamo scelto il linalolo come principio attivo più atto per provare i suoi effetti sugli acari, tanto in laboratorio come poi su scala industriale. Infatti, l'uso di linalolo diluito in olio di girasole ebbe un forte effetto acaricida e protettore contro gli acari. Daltronde, effettuata la prova di valutazione sensoriale, non furono trovate differenze significative, per quanto riguarda alle caratteristiche organolettiche, fra i gruppi sperimentali trattati con linalolo e i gruppi controllo.

Fra i mezzi fisici studiati, l'uso in vitro del forno a microonde offrì risultati molto variabili. Quando gli acari erano irradiati direttamente, appena si scorgeva l'efficacia. Ma se l'irradiazione era eseguita in mezzo liquido, l'effetto acaricida fu totale sotto le condizioni in cui è stata disegnata l'esperienza. Altrettanto può asserirsi sull'efficienza dei ultrasuoni rivolti sugli acari in mezzo liquido. Ma in ogni modo ci vogliono altre nuove ricerche affinché sia possibile utilizzare tali mezzi su scala industriale.

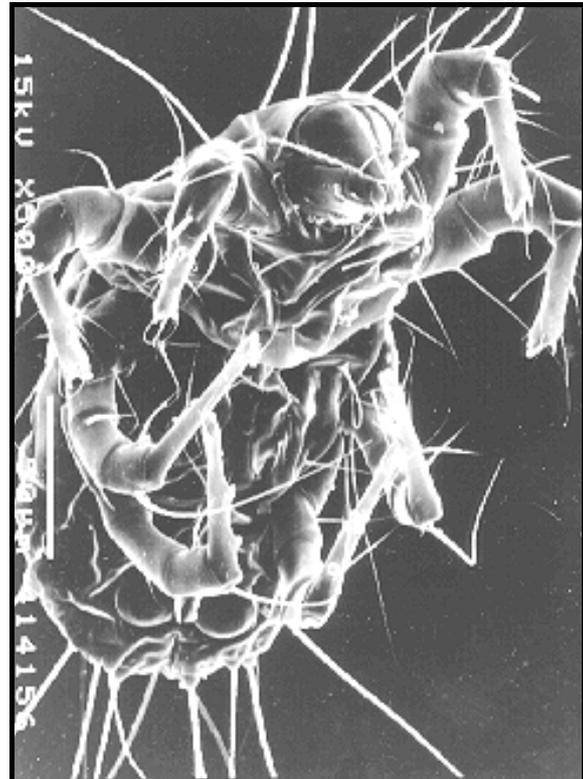
L'uso dello strutto liquefatto sulle cosce suine non ebbe risultati molto soddisfacenti. Se queste erano già infestate, lo strutto causava certa mortalità. Ma dopo qualche tempo, gli acari riuscivano ad affiorare in superficie infestando il prodotto dappertutto. Lo stesso avviene se lo strutto si mette sulle cosce non contaminate, giacché, quando esso si è solidificato, gli acari riescono a penetrare attraverso la superficie contaminando il prosciutto ancora una volta. Comunque, anche se l'effetto protettore non è da rimarcare, di solito lo strutto si applica come mezzo profilattico.

Finalmente, l'uso di linalolo su scala industriale nel corso della stagionatura delle cosce suine offrì risultati dispari. L'immersione delle stesse in recipiente con soluzione diluita d'acqua e linalolo ebbe effetti protettori durante più di 100 giorni. Arrivato il momento fu effettuata la seconda applicazione secondo il disegno previsto, verificandosi totale assenza d'acari fino alla fine della stagionatura. Invece, l'applicazione di linalolo con spazzoleta, benchè pareva offrire un certo effetto acaricida e profilattico, non fu efficiente forse perchè l'uso della stessa potrebbe aver agevolato il contagio nell'insieme delle cosce. Riguardo al gruppo controllo, può asserirsi che in ogni caso fu il primo a subire l'infestazione, e questo stato si è mantenuto costante fino alla fine di questa ricerca.

Finito l'esperimento su scala industriale ed'effettuata la prova di valutazione sensoriale per accertare gli effetti sulle caratteristiche organolettiche del prosciutto dopo la stagionatura, siamo arrivati alla stessa conclusione di prima: no ci sono differenze significative, per quanto riguarda alle suddette caratteristiche, fra i gruppi sperimentali trattati con linalolo e i gruppi controllo. Dunque, può asserirsi che la diluzione di linalolo e olio di girasole, soprattutto mediante immersione, è diventata una tecnica molto efficace per lo sterminio di quelle piaghe sotto le condizioni in cui si è svolta l'esperienza.

SUMMARY

10



The following dissertation develops a study about dry cured ham mites. Regarding that, it was sought to improve the knowledge concerning this pest from different biological and physiological aspects which had not been previously treated in earlier studies. In addition, the stabilisation of mite control benchmarks in dry rooms through different study strategies are also revised. Those studies included physical and natural chemical methods.

In order to know the aetiology of this pest, mite samples were directly taken from hams and afterwards processed to allow microscope identification. At the same time, *in vitro* mite cultures were developed to ensure a big enough amount of mites to undertake control tests in laboratory. Two culture media were employed: a blend of yeast and commercial mouse feed and ham samples.

On the other hand, two procedures to control mites were developed, one at laboratory scale and a second one at industrial scale. The first procedure included acaricidal activity studies of several essential oils (rosemary, peppermint, eucalyptus, geranium, balm, clove and lavender) and some of its main components (linalool, thymol, linalyl acetate, α -terpineol, γ -terpinene and carvacrol) against mites by direct contact and inhalation. The result of that experience was validated on infected ham samples. Afterwards, a tasting was done to assess the influence of the used compounds on the organoleptic properties of ham. Furthermore, the effect of lard was studied when spread on ham pieces. As physical laboratory experiences, the effects of microwaves and ultrasounds were tested on mites. The selected species for all tests was *Tyrophagus putrescentiae*.

Once the laboratory experiences had been finished, the industrial procedure was started. It included the use of those natural chemical substances (concretely the linalool) as a prophylactic and acaricidal measure while hams were drying in an industrial plant. To carry out the

experience, thirty hams were selected and split in three groups of ten pieces each. These hams were already in incipient drying process.

A solution of linalool (1% in water) was applied by submersion to the first group. The second group had the same treatment but for the application method. In that case a brush was used to spread the linalool solution on the hams. The third group was kept as a control lot. As regards the results, a second treatment was performed. In this case, both challenging groups were treated with a linalool solution of 0.5% in sunflower oil proceeding the same manner mentioned above (submersion and brushing). In all cases the hams followed the standard drying process used by the donor company. Once the experience was finished a ham tasting was performed in order to check out the influence of linalool solutions in the organoleptic properties of the ham.

After mounting the collected mites on a slide, four species were identified. Three of them belonging to Astigmata order (*T. putrescentiae*, *T. longior* y *Tyrolichus casei*) and the fourth one belonging to the Mesostigmata order (*Blattisocius dentriticus*). *T. putrescentiae* is, because of its wide-spread distribution, the most prevalent species in ham, both Iberian and white pork cured ham.

Both culture media, ham and mouse feed-yeast showed to be very effective for the development and growing of *T. putrescentiae*. However, due to the easiness to isolate mites from cultures, ham samples were mainly used as culture medium for laboratory tests. Climatic parameters chosen for the culture (25°C and 80% RH) were also very convenient for the mite growth.

The essential oils employed in this research showed a high acaricide activity. All of them proved to be highly effective (more than 90% at 6 and 10 µl doses), being specially active those of peppermint and rosemary. Regarding the active compounds, linalool, carvacrol and thymol brought up

the best results, both by inhalation and direct contact reaching effectiveness close to 100% at different concentrations and doses.

Once analysed the precedent results, linalool was indeed selected as the most appropriate compound to study its effects on acarine population. The use of linalool dissolved in sunflower oil showed a good acaricidal and repellent activity against mites. On the other side, after the tasting, no significative differences were found between those ham samples treated with linalool and the ones used as the control group.

Related to the physical methods used in this research, in vitro microwave employment showed variable results. When mites are directly irradiated, microwaves showed to be ineffective. Nevertheless, when irradiation was performed in a liquid environment under laboratory conditions, it was fully effective. At the same time, ultrasounds showed to be very effective when applied against mites in a liquid medium. Anyway, further study will be necessary to extrapolate the results to industry.

Spreading melted lard on hams did not show satisfactory results. When hams are infected, lard produces few kills. In addition, after a short time, mites promptly reach the surface back and start to settle the piece. The same results apply to healthy hams when spread with lard. Once lard becomes solid, if mites are introduced, they can easily colonize the piece in short. Therefore, lard can only serve as a temporal measure to delay infection.

Finally, different results were obtained concerning the employment of linalool during the drying process. The application of first linalool solution through submersion protected hams up to 100 days. The application of a second treatment ensured hams to be free of mites until the end of the drying process. On the other hand, employment of brushed in linalool spite of having some acaricidal and prophylactic effect was not as effective as submersion because it helped the spreading of mites through the act of

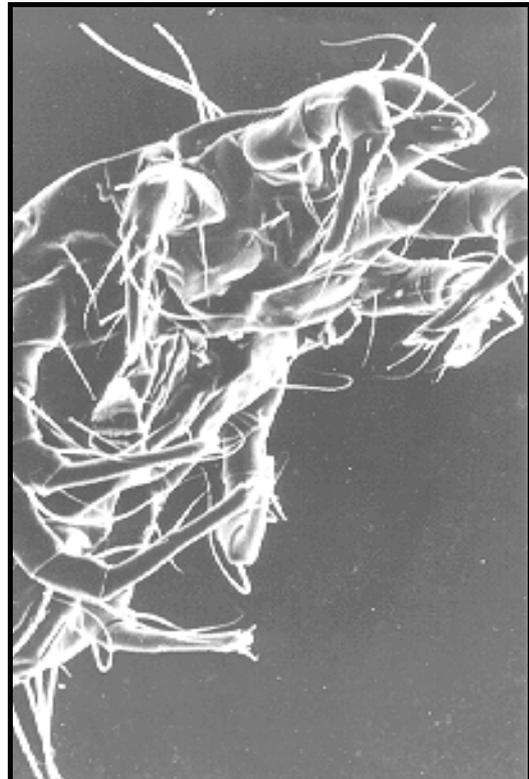
brushing. Concerning to the control group, it was the first group to become infected. It was kept in such a way until the end of that experience.

Once industrial scale tests were finished, another sensorial validation was carried out in order to define the effects on the organoleptic properties of the cured ham. As a result of this tasting, no significant differences were found, with respect to those properties, between both groups: those treated with linalool and the control groups.

Out of this can be concluded that the use of linalool dissolved in sunflower oil, under the conditions in which the experience was performed, has been found to be a highly effective method for the mite control in dry rooms and warehouses.

RÉSUMÉ

11



Par le présent travail on réalise une étude sur les acariens qui contaminent le jambon cru. Dans ce sens, l'on prétend avoir une profonde connaissance de ce fléau, et c'est à partir d'aspects biologiques et physiologiques déterminés, lesquels n'avaient pas été étudiés auparavant en profondeur. Également, l'on chercha dans les sécheries, par le biais de différentes méthodes (substances chimiques naturelles et physiques) un protocole pour le contrôle des populations des acariens.

Et dans le but de connaître l'étiologie du fléau, des échantillons d'acariens furent prélevés directement des jambons pour leur futur traitement et identification au microscope. Parallèlement, pour disposer de spécimens suffisants pour la réalisation de preuves de contrôle en laboratoire, l'on procéda à la culture in vitro des acariens en utilisant deux moyens de culture différents : d'une part, aliment-levure et d'autre part, le jambon.

Par ailleurs, on a conçu deux protocoles pour contrôler les acariens : à échelle de laboratoire et à échelle industrielle. Le premier incluait l'étude de l'effet acaricide par inhalation d'huiles essentielles déterminées (romarin, menthe, eucalyptus, géranium, mélisse, clou et lavande), et quelques uns de ses principaux actifs (linalole, thymol, acétate de linalilo...) tant par inhalation que par contact direct, en valorisant l'efficacité de son usage sur les échantillons de jambon contaminé et son influence dans le produit à travers la réalisation d'une épreuve d'estimation sensorielle. De cette manière, l'on étudie l'efficacité que présente la graisse de cochon lorsqu'elle est appliquée sur les pièces. Furent également tentées deux expériences dans le but de connaître les effets que produisent les micro-ondes et les ultra-sons sur les acariens. L'ensemble des expériences en laboratoire se réalisèrent à partir de *Tyrophagus putrescentiae*.

Une fois les épreuves réalisées en laboratoire, l'on tenta une expérience pour évaluer l'effet acaricide et prophylactique de l'utilisation de

ces substances chimiques naturelles (concrètement le linalol) pendant le séchage des jambons. Pour cela l'on sélectionna trente pièces divisées en trois lots ou groupes de dix jambons chacun lesquelles se trouvaient en première phase de sécherie. On appliqua au premier groupe une dilution de linalole au 0'5% dans l'eau où l'on immergea les jambons. On appliqua la même dilution au deuxième groupe, mais en utilisant une brosse. Pour sa part, le troisième groupe se maintint comme contrôle. En se servant des résultats obtenus pendant l'expérience, l'on réalisa un second traitement à l'apparition des acariens dans le groupe contrôle. A cette occasion, dans les groupes problème, l'on procéda à une application de linalole au 5% mais dans l'huile de tournesol de la même façon (immersion et couche à l'aide d'une brosse). Les jambons suivirent les paramètres normaux de traitement établis par l'entreprise donneuse de ceux-ci. Une fois l'expérience terminée, une épreuve d'estimation sensorielle fut réalisée, pour vérifier les effets sur les propriétés organoleptiques de l'aliment.

Après avoir analysé les échantillons des différentes industries, l'on put identifier quatre espèces d'acariens. Trois d'entre eux appartenant à l'Ordre Astigmata (*Tyrophagus putrescentiae*, *Tyrophagus longior* et *Tyrolichus casei*) et l'autre formant partie de l'Ordre Mesostigmata (*Blattisocius dentriticus*). En raison de son abondance et de sa distribution géographique, on a pu constater que c'est *T. putrescentiae* l'espèce la plus commune présente dans le jambon aussi bien ibérique que cru du cochon blanc.

Ces deux moyens de culture, jambon et aliment-levure sont les mieux appropriés pour la croissance et le développement de *T. putrescentiae*. Les conditions climatiques utilisées pour la culture (25°C et 80% HR) conviennent parfaitement à la culture des acariens.

Les huiles essentielles étudiées présentèrent dans les lignes générales, une grande activité acaricide. L'ensemble de ces huiles offrit une efficacité supérieure à 90. Les huiles de menthe et de romarin étant spécialement

actives. Conformément aux principaux actifs linalole, carvacrole et thymol, ont obtenu les meilleurs résultats, tant par inhalation que par contact direct, tout en atteignant 100 d'efficacité à différentes concentrations et volumes.

Après avoir analysé les résultats précédents, le linalole résulte être le principe actif le plus adéquat pour étudier ses effets sur la population d'acariens. Par ailleurs, après la réalisation d'une épreuve d'évaluation sensorielle, aucune différence significative ne fut trouvée entre les groupes traités avec linalole et les groupes contrôle.

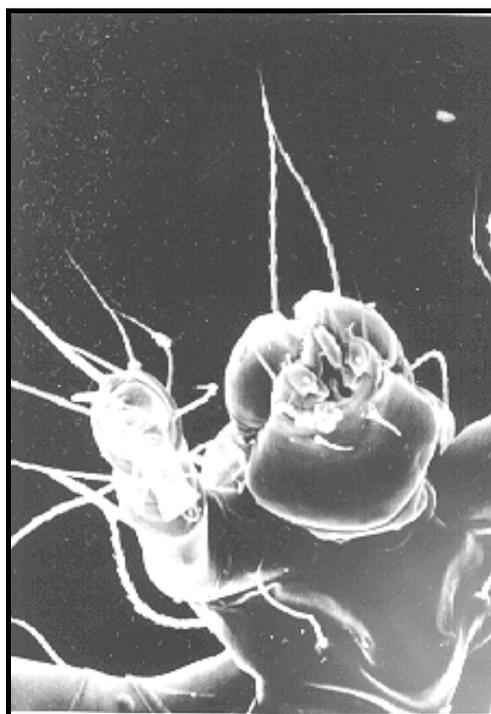
En respect aux moyens physiques étudiés, l'utilisation in vitro des micro-ondes offrit des résultats variables. Lorsque les acariens sont irradiés directement, celles-ci ne présentent quasiment aucune effectivité. Cependant lorsque l'irradiation se termina dans un moyen liquide son efficacité fut totale dans les conditions où l'expérience fut réalisée. De la même façon, les ultra-sons résultèrent être très efficaces lorsqu'ils ont été appliqués dans un même liquide. Toutefois, des études ultérieures sont nécessaires pour une possible mise au point à échelle industrielle.

L'application de graisse fondue sur les jambons ne présenta pas de résultats satisfaisants. Si les pièces sont contaminées lorsque l'on applique la graisse, cela entraîne une certaine mortalité. Cependant, lorsqu'une courte période de temps s'est écoulée, les acariens sont capables d'apparaître à la superficie et finissent par coloniser la pièce. Cela se produit également lorsque l'on applique la graisse sur des jambons libres d'acariens. Une fois solidifiée, ils s'y introduisent également après un certain temps. De toute façon, même si la protection est limitée, c'est une méthode palliative employée habituellement.

Pour finir, conformément à l'utilisation du linalole pendant le traitement des jambons, des résultats différents furent obtenus. L'application de celui-ci à travers l'immersion de la pièce dans la dilution établie conféra une protection aux jambons de plus de cent jours. La réalisation d'un second

traitement à ce moment, confirma l'absence d'acariens jusque la fin du traitement de ces jambons. En revanche, l'utilisation du linalol enduit sur le jambon facilita la contamination entre les pièces à cause, peut-être, de la brosse. Le groupe contrôle, fut le premier à être contaminé et s'est maintenu de cette forme jusqu'à la fin de l'expérience.

Les essais à échelle industrielle finis, on réalisa l'épreuve d'évaluation sensorielle pour déterminer les effets sur les caractéristiques organoleptiques du jambon cru. On ne trouva pas de différences significatives, par rapport à ces caractéristiques, entre les groupes traités avec le linalole et les groupes contrôle. On peut donc conclure que l'emploi du linalole dilué dans l'huile de tournesol résulta être un moyen très efficace pour le contrôle des acariens dans les conditions où l'expérience fut réalisée.



CLAVES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS ÁCAROS DEL JAMÓN CURADO

CLAVES PARA LOS ÓRDENES

- Ácaros de tamaño pequeño (150-600 μm); cutícula poco esclerosa, generalmente blanca y brillante; máximo 16 pares de setas dorsales; normalmente presentan setas de gran longitud; carecen de órganos respiratorios (peritremo o tristosternum); solenidio ϕ sobre la tibia del 1^{er} y 2^o par de patas presente; pretarso con un pequeño gancho o a modo de ventosa **ASTIGMATA**

- Ácaros de tamaño grande (500-900 μm); cutícula muy esclerosa con relación a los Astigmata; gnatosoma modificado, generalmente de gran tamaño, con palpos alargados y un gancho apical; estigmas difíciles de observar, normalmente situados en o sobre la base del gnatosoma; no presentan peritremo o tritosternum **PROSTIGMATA**

- Ácaros de tamaño grande (450-1200 μm); superficie dorsal con numerosas setas y uno o más escudos esclerosados; estigmas fácilmente visibles, normalmente situados a ambos lados del idiosoma y asociados con un peritremo tubular; pretarso de sus patas con dos ganchos **MESOSTIGMATA**

Modificado de Hughes (1976), Ottoboni y Piu (1990), Fain *et al.* (1990), Colloff y Spieksma (1992) y Pérez-Santos (1995).

**CLAVES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES ESTADIOS DEL CICLO
BIOLÓGICO DEL ORDEN ASTIGMATA**

- 1.- Ácaros con o sin apéndices reducidos y normalmente enterrados dentro de la cutícula protoninfal **HIPOPUS INERTE O DEUTONINFA**
- Ácaros con apéndices bien desarrollados 2
- 2.- Con seis patas **LARVAS**
- Con 8 patas 3
- 3.- Quelíceros y pedipalpos reducidos a un apéndice bifido; sin boca; con ventosas en la superficie ventral y posterior del cuerpo **HIPOPUS MÓVIL O DEUTONINFA**
- Quelíceros y pedipalpos normalmente desarrollados; boca presente 4
- 4.- Con un par de órganos genitales sensitivos asociados a una abertura genital rudimentaria **PROTONINFA**
- Con 2 pares de órganos genitales sensitivos 5
- 5.- Abertura genital rudimentaria; sin pliegues genitales **TRITONINFA**
- Pliegues genitales presentes 6
- 6.- Pliegues genitales cortos; pene flanqueado por una serie de montantes quitinosos **MACHO**
- Pliegue genital normalmente largo o abertura genital cubierta por uno o dos escudos; abertura de la *bursa copulatrix* en el extremo posterior del cuerpo **HEMBRA**

CLAVES PARA LAS FAMILIAS DEL ORDEN ASTIGMATA

- 1.- Ácaros sin surco trasversal dorsal; machos sin ventosas anales 2
- Ácaros con surco trasversal dorsal; setas normalmente largas y lisas; los machos poseen un par de ventosas anales **ACARIDAE**
- 2.- Ácaros con setas dorsales largas y pectinadas; abertura genital pequeña; superficie del cuerpo con pequeñas puntos (papilas).....
- **GLYCYPHAGIDAE**
- Ácaros con setas idiosomales cortas y blandas, excepto setas posteriores largas; apodemas de las patas I y II fusionadas con el esternón
- **CARPOGLYPHIDAE (*Carpoglyphus lactis*)**

CLAVES PARA LOS GÉNEROS DE LA FAMILIA ACARIDAE

- 1.- Setas *vi* y *ve* aproximadamente de la misma longitud 2
- Setas *vi* al menos el doble de largas que *ve*; macho con el fémur I alargado portando ventralmente un proceso cónico apical
- **ACARUS (*A. siro*)**
- 2.- Setas *d₁* y *l₂* de igual longitud, más cortas que *l₃*, *d₃* y *d₄*..... 3
- Setas *l₂* cuatro a seis veces más larga que *d₁*..... **TYROLICHUS (*T. casei*)**
- 3.- Tarso con cinco espinas terminales en su parte final; *v* y *u* derechas; setas *p* y *q* presentes
- **TYROPHAGUS**
- Tarso con tres espinas terminales ventrales; *v* y *u* apicalmente con forma de gancho; setas *p* y *q* ausentes
- **TYROBORUS (*T. lini*)**

CLAVES PARA LOS GÉNEROS DE LA FAMILIA GLYCYPHAGIDAE

- 1.- Cresta metópica presente en la superficie dorsal anterior; escama subtarsal ausente *GLYCYPHAGUS (G. domesticus)*
- Cresta metópica ausente en la superficie dorsal anterior; escama subtarsal presente *LEPIDOGLYPHUS (L. destructor)*

CLAVES PARA LAS ESPECIES DEL GÉNERO TYROPHAGUS

- Ventosas del tarso IV equidistantes de la base y del ápice del mismo y proximales y distales respectivamente de las setas r y w ; d_1 de igual longitud a l_2 y d_2 dos o tres veces más larga que d_1 ; pene curvado *T. putrescentiae*
- Tarso IV más largo que la longitud conjunta del genu y la tibia; ventosas tarsales más próximas a la base del segmento que al ápice; setas r y w , se localizan distalmente a las ventosas; seta d_2 es 1.5-2 veces más larga que d_1 y l_2 ; pene largo y ligeramente curvado *T. longior*
- Tarso IV más o menos de la misma longitud que el genu y tibia conjuntamente; ventosa distal localizada en la mitad del segmento; d_1 ligeramente más larga que l_2 y d_2 1.5 veces l_2 *T. palmarum*

ÁCAROS PREDADORES

CLAVES PARA LAS ESPECIES DEL ORDEN PROSTIGMATA

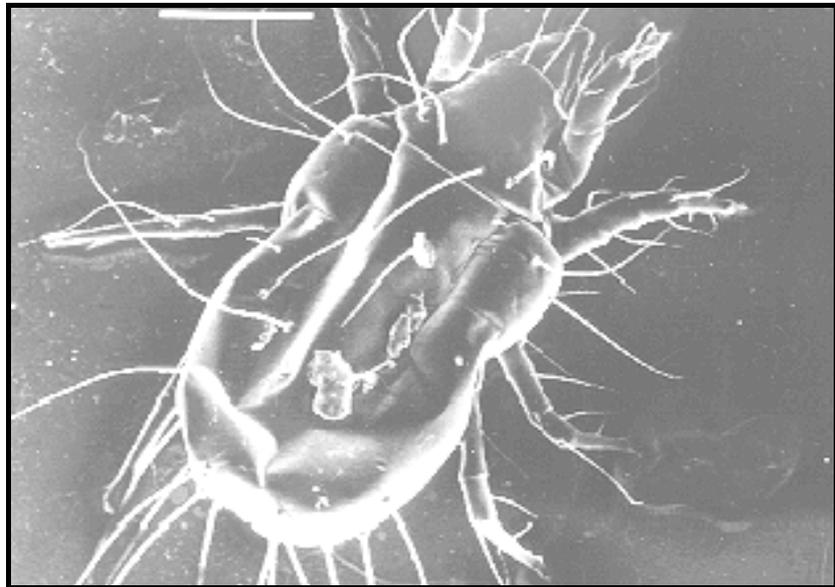
- 1.- Ácaros con el idiosoma en forma de diamante; gnatosoma alargado; quelíceros con forma de estilete; el penúltimo segmento de los pedipalpos, la tibia, presenta un gancho y el tarso del mismo, dos setas con forma de peine *Cheyletus eruditus*
- Pata I con un fémur exageradamente largo; las patas carecen de gancho al final de las mismas *Cheletomorpha lepidopterorum*

CLAVES PARA LAS ESPECIES DEL ORDEN MESOSTIGMATA

- 1.- Ácaros de color marrón; presentan 39 pares de setas en la superficie dorsal y dos o tres setas impares dispuestas de manera variable; macho con la superficie ventral cubierta prácticamente por un escudo holovenral *Androlaelaps casalis casalis*
- Ácaros de color amarillo pálido; dorsalmente presentan 36 pares de setas; 15 de los pares emergen de la región posterior; macho con escudo esternogenital y ventroanal o anal separados en la superficie ventral *Blattisocius dentriticus*

BIBLIOGRAFÍA

13



- ACHA-GUTIÉRREZ, A.; GARCÍA-CACHÁN, M. D. & FERNÁNDEZ-MARTÍN, J. A.** (1994). Nuevas tendencias en la lucha contra los ácaros del jamón curado. *Eurocarne*, 31, 45-48.
- ANCONA, G.** (1923). Asma epidemico da *Pediculoides ventricosus*. *Policlinico*, 30, 45-70.
- ANÓNIMO** (2001). Radiaciones ionizantes. Rechazo cultural a la irradiación de alimentos. *Información Veterinaria*, 226, 22-29.
- ARLIAN, L. G.** (1975a). Water exchange and effect of vapor activity on metabolic rate in the dust mite, *Dermatophagoides*. *J. Insect Physiol.*, 21, 1439-1442.
- ARLIAN, L. G.** (1975b). Dehydration and survival of the European house dust mite, *Dermatophagoides pteronyssinus*. *J. Med. Entomol.*, 21, 1439-1442.
- ARLIAN, L. G.** (1977). Humidity as a factor regulating feeding and water balance of house dust mites, *Dermatophagoides farinae* and *D. pteronyssinus* (Acari: Pyroglyphidae). *J. Med. Entomol.*, 14, 484-488.
- ARLIAN, L. G.** (1992). Water balance and humidity requirements of house dust mites. *Exp. Appl. Acarol.*, 16, 15-35.
- ARLIAN, L. G. & VASELICA, M. M.** (1981). Reevaluation of the humidity requirements of the house dust mite *Dermatophagoides farinae* (Acari: Pyroglyphidae). *J. Med. Entomol.*, 18, 351-352.
- ARLIAN, L. G.; VYSZENSKI-MOHER, D. L.; JOHANSSON, S. G. O. & van HAGE-HAMSTEN, M.** (1997). Allergenic characterization of *Tyrophagus putrescentiae* using sera from occupationally exposed farmers. *Annals of Allergy, Asthma and Immunology*, 79, 525-529.
- ARLIAN, L. G. & WHARTON, G. W.** (1974). Kinetics of active and passive components of water exchange between the air and a mite, *Dermatophagoides farinae*. *J. Insect Physiol.*, 20, 1063-1077.

- ARMENTIA, A.; FERNÁNDEZ, A.; PÉREZ-SANTOS, C.; DE LA FUENTE, R.; SÁNCHEZ, P.; SANCHÍS, F.; MÉNDEZ, J. & STOLLE, R.** (1994). Occupational allergy to mites in salty ham, chorizo and cheese. *Allergol. et Immunopathol.*, 22 (4), 152-154.
- ARNAU, J.; HUGAS, M. & MONFORT, J. M.** (1987). El jamón curado: aspectos técnicos. Ed. IRTA, Monells, Girona.
- ARNAU, J.; MANEJA, E.; GUERRERO, L. & MONFORT, J. M.** (1990). Definición y estudio de las alteraciones y defectos de producción más frecuentes en jamón curado. Informe del Centro de Tecnología de la Carne (IRTA), Monells, Girona.
- ARNAU, J. & GUERRERO, L.** (1994). Physical methods of controlling mites in dry-cured ham. *Fleischwirtschaft*. 74 (12), 1311-1313.
- ASHRAFI, S. H.; BROWER, J. H. & TILTON, E. W.** (1972). Gamma radiation effects on testes and mating success of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella*. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 65, 1144-1149.
- ASHRAFI, S. H. & BROWER, J. H.** (1974). Histological studies of irradiation effects on the gonads of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Ga. Entomol. Soc.*, 9, 228-235.
- AYALA, F.** (1984). *Genética moderna*. Ed. Omega. Barcelona.
- BACHMANOWA, S.; BEDNAREK, W. & KUZITOWICZ, Z.** (1969). Radiation for pest control in cereals. The effect of Gamma ⁶⁰Co rays on the survival of certain warehouse pests. *B. Central. Lab. Technol. Warszawie*, 13, 45.
- BAKER, E. W.; EVANS, T. M.; GOULD, D. J.; HULL, W. B. & KEEGAN, H. L.** (1956). *A manual of parasitic mites of medical and economic importance*. National Pest Control Association, Inc. New York.
- BARKER, P. S.** (1967). The effects of high humidity and different temperature on the biology of *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Acarina: Tyroglyphidae). *Can. J. Zool.*, 45, 91-96.

- BARKER, P. S.** (1968). Bionomics of *Androlaelaps casalis* (Berlese) (Acarina: Laelapidae) a predator on mite pests of stored grain. *Can. J. Zool.*, 46(6), 1.099-1.102.
- BEER, R. E. & DAILEY, D. T.** (1956). Biological and systematic studies of two species of cheyletid mites, with a description of a new species (Acarina, Cheyletidae). *Kansas University Science Bulletin*, 38, 393-437.
- BERREN, J. M. & METWALLY, A. M.** (1984). Reproductive rates in *Cheyletus eruditus* (Schrank). En: *Acarology VI*. Vol. 1. Griffiths, D. A. & Bowman, C. E. (Eds.) Ellis Horwood Limited. Chichester. 512-518.
- BLANCO, C.; QUIRALTE, J.; CASTILLO, R.; ORTEGA, N.; ARTEAGA, C.; BARBER, D. & CARRILO, T.** (1997). Anafilaxia por ingestión de harina contaminada por ácaros. *Rev. Esp. Alergol. Inmunol. Clín.*, 12(2), 96-104.
- BLAINEY, A. D.; TOPPING, M. D.; OLLIER, S. & DAVES, R. J.** (1989). Allergic respiratory disease in grain workers: The role of storage mites. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 84, 296-303.
- BOLAÑOS, A. E.; MENDOZA ZAMORA, C. & RESÉNDIZ-GARCÍA, B.** (1991). Identificación y control de ácaros contaminantes en cultivos de hongos. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 9(1), 14-15.
- BOLLAERTS, D. & BRENY, R.** (1951). Les acariens nuisibles aux matières entreposées. *Rev. Agric. Brux.*, 4, 738-764.
- BORCHERT, A.** (1981). *Parasitología Veterinaria*. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- BRADY, J.** (1970). The mites of poultry litter. Observations on the bionomics of common species, with a species list for England and Wales. *J. Appl. Ecol.*, 7, 331-348.
- BRONSWIJK, J. E. M. H. van,** (1972). Food preference of pyroglyphid house-dust mites (Acari). *Neth. J. Zool.*, 22, 335-340.

- BRONSWIJK, J. E. M. H. van**, (1981). House dust biology for allergist, acarologist and mycologist. Ed. J. E. M. H. van Bronswijk, NIB, Zeist, The Netherlands, Zoelmand.
- BRONSWIJK, J. E. M. H. van & SINHA, R. N.** (1971). Pyroglyphid mites (Acari) and house dust allergy – a review -. *J. Allergy*, 47, 31-52
- CANTONI, C.; D'AUBERT, S. & CALCINARDI, C.** (1970). L'acaro del prosciutto crudo stagionato. *Atti della Societa Italiana delle Science Veterinarie*, Vol. XXIV, 501-504.
- CARDONA, G. A.** (2002). Caracterización y estandarización de extractos alérgicos obtenidos de cultivos de *Blomia tropicalis* y *Blomia Kulagini*. Aplicaciones diagnósticas en una población de la región cafetera de Colombia. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco.
- CHABASSE, Y. & GENTHON, H.** (1966). Les acariens detricoles. Parasitisme d'un jambon par *G. domesticus*. *Recl. Méd. Vét. Ec. Alfort*, 142, 1049-1054.
- CHAMBERLAND, M.** (1887). Essais d'activité antibactérienne d'huiles essentielles de plantes aromatiques. *Ann. Inst. Pasteur*, 1, 153-155.
- CHAMBERS, J.; THIND, B. B.; DUNN, J. A. & PEARSON, D. J.** (1999). The importance of storage mite allergens in occupational and domestic environments. *Proceedings of the 3rd International Conference on Urban Pest*. W. H. Robinson, F. Rettich & G. W. Rambo (Eds.), Czech University of Agriculture, Prague.
- CHAUMONT, J. P. & BARDEY, I.** (1989). Activites antifungiques in vitro de sept huilles essentielles. *Fitoterapia*, 3, 263-266.
- COLIN, M. E.** (1990). Essential oils of Labiatae for controlling honey bee varroasis. *J. Appl. Entomol.*, 110, 19-25.
- COLLOFF, M. J.** (1986). Use of liquid nitrogen in the control of house dust mite populations. *Clin. Allergy*, 16, 41-47.

- COLLOFF, M. J. & SPIEKSMAN, F. TH. M.** (1992). Pictorial Keys for the identification of domestic mites. *Clin. Exp. Allergy*, 22, 823-830.
- COOKE, R. A.** (1922). Studies on specific hypersensitiveness IV. New etiologic factors in bronchial asthma. *J. Immunol.*, 7, 147.
- CÓRDOBA, J. J.; ARANDA, E. & BENITO, M. J.** (2001). Alteraciones originadas por microorganismos, ácaros e insectos en jamones ibéricos. En: *Tecnología del jamón ibérico*. J. Ventanas (coordinador). Editorial Mundi-Prensa, Madrid.
- CORETTI, K.** (1972). Vorkommen von Milben auf Fleischwaren und ihre Bekämpfung. *Einkaufsberater für Fleischgewerbe* VIII, 2, 6.
- CUNNINGTON, A. M.** (1965). Physical limits for complete development of the Grain mite, *Acarus siro* (Acarina, Acaridae), in relation to its world distribution. *J. Appl. Ecol.*, 2, 295-306.
- CUNNINGTON, A. M.** (1969). Physical limits for complete development of the copra mite, *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Acarina: Acaridae). En: G. O. Evans (Ed.) *Proc. 2nd. Int. Congr. Acarology 1967 (Akad. Kaidó) Budapest.*, 241-248.
- CUTCHER, J.** (1973). The critical equilibrium activity of nonfeeding *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 66, 609-611.
- CUTHBERT, O.D.; BROSTOFF, J.; WRAITH, D. G. & BRIGHTON, W. D.** (1979). "Barn allergy": asthma and rhinitis due to storage mites. *Clin. Allergy*, 9, 229-236.
- DAVIES, R. R.** (1958). *Moulds and house mites*. Doctoral Thesis, London.
- DASTYCH, H.** (1990). Some notes on Antarctic mites (Acari). *Entomologische Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum, Hamburg*, 10(139/140), 43-56.
- DEVINE, T. L.** (1969). A systematic analysis of the exchange of water between a mite *Laelaps echidnina* and the surrounding vapor. Ph. D. Dissertation, Ohio State University, Columbus, OH.

- DEVINE & WHARTON.** (1973). Kinetics exchange between mite, *Laelaps echidnina*, and the surrounding air. J. Insect Physiol., 19, 243-254.
- DEKKER, H.** (1928). Asthma und Milben. Muencher Medizinische Wochenschrift, 75, 515-516.
- DI LORETO, V.; OTTOBONI, F. & CANTONI, C.** (1985). Acarofauna del prosciutto crudo stagionato. Ind. Aliment., 12, 1011.
- DIEHL, J. F.** (1972). Desinfektion milbenbefallenen schinkens durch ionisierende strahlen. Fleischwirtschaft. 52, 81.
- DOMENICHINI, G.** (1978). La contaminazione biotica nei formaggi pecorini in stagionatura. Scienza e Tecnica lattiero casearia, 29(3), 182-193.
- DON-PEDRO, K. N.** (1989). Mechanisms of action of some vegetable oils against *Sitophilus zeamais* motsch (Coleoptera: Curculionidae) on wheat. J. Stored Product Res., 25(4), 217-223.
- DUSBABEK, F.** (1975). Population structure and dynamics of the house dust mite *Dermatophagoides farinae* (Acarina: Pyroglyphidae) in Czechoslovakia. Folia Parasitol. (Prague), 22, 219-231.
- EATON, K. K.; DOWNING, F. S.; GRIFFITHS, D. A.; LYNCH, S.; HACKLAND, S. & McNULTY, D. W.** (1985). Storage mites culturing, sampling technique, identification and their role in house dust allergy in rural areas in the United Kingdom. Ann. Allergy, 55, 62-67.
- EMMANUEL, N.; CURRY, J. P. & EVANS, G. O.** (1985). Studies on the mite populations of barley and weeds. Proceedings of the Royal Irish Academy, 85, 37-46.
- ERASO, E.** (1996). Estudio de la expresión de los componentes alérgicos en cultivos de ácaros del género *Dermatophagoides* Bogdanov, 1864. Consideraciones de tipo diagnóstico. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco.

- ERBEN, A. M.; RODRÍGUEZ, J. L.; McCULLOUGH, J. & OWNBY, D. R.** (1993). Anaphylaxis after ingestion of beignets contaminated with *Dermatophagoides farinae*. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 92, 846-849.
- ESCUDERO, M. & LÓPEZ, A.** (2001). Etología aplicada al control de las plagas de ácaros del jamón. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.
- ESTRADA-PEÑA, A.; SÁNCHEZ-ACEDO, C.; CASTILLO-HERNÁNDEZ, J. A. & GUTIÉRREZ-GALINDO, J. F.** (1981). *Tyroborus lini* (Oudemans, 1924) como ácaro contaminante de alimentos. *Revista Ibérica de Parasitología*, 41(3), 435-445.
- ESPINOSA, P.** (1977). *Tyrophagus putrescentiae* (Acaridae, Astigmata), a mite that attacks pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds in storedhouses in Zacatlan, Puebla. *European Journal of Respiratory Diseases*, 71, 101-111.
- EVANS, G. O.; SHEALS, J. G. & McFARLANE, D.** (1961). The terrestrial Acari of the British Isles. An introduction to their morphology, biology and classification. Vol. 1. Introduction and biology. London (British Museum) Nat. Hist. 1-219.
- EVANS, G. O.** (1992). Principles of acarology. CAB International. UK.
- EVANS-WALTER, D.; KRANTZ, J. & LINDQUIST, E.** (1996). Acari. The mites. Entomology, University of Queensland, Australia.
- FAIN, A.** (1963). Les acariens producteurs de gale chez les lémuriens et les singes avec une étude des psoroptidae (Sarcoptiformes). *Bull. Inst. R. Sci. Nat. Belgique*, 39(32), 1-125.
- FAIN, A.** (1966). Nouvelle description de *Dermatophagoides pteronyssinus* (Trouesart, 1897). Importance de cet acarien en pathologie humaine (Psoroptidae: Sarcoptiformes). *Acarologia*, 8, 302-327.
- FAIN, A.** (1969). Adaptation to parasitism in mites. *Acarologia*, 11, 429-449.

- FAIN, A.** (1977). The prelarva in the Pyroglyphidae (Acarina: Astigmata). *Int. J. Acarol.*, 3, 115-116.
- FAIN, A. & HERIN, A.** (1978). La prélarve chez les Astigmatés (Acari). *Acarologia*, 20, 566-571.
- FAIN, A.; GUÉRIN, B. & HART, B. J.** (1990). *Mites and Allergic Disease*. Allerbio, Varennes.
- FAIN, A.** (1992). Les acariens parasites de l'homme ou des animaux domestiques (Mesostigmata, Prostigmata et Astigmata). 8ème Cours International d'Acarologie. Montpellier (France). 14-19 septembre 1992.
- FERNÁNDEZ-CALDAS, E.; PUERTA, L. & LOCKEY, R. F.** (1999). Mite allergens. En: *Allergens and Allergen Immunotherapy*. R. Lockey & S. Bukantz (eds). Marcel Dekker, Inc. New York, 181-201.
- FLEURAT, L. F.** (1978). Description et biologie des acariens. En: *Les insectes et les acariens des céréales stockkées*. AFNOR/ITCF, Paris.
- FLEURAT, L. F.** (1980). Physical measures with hot air or high frequencies against insects of grains and cereal products. *Bull. Tech. Informat.*, 349, 345.
- FLORES, J.; LORENZO, P. & CATALÁ, F.** (1989). Eliminación de los ácaros del jamón mediante tratamiento con gases. Instituto de Agroquímica y Tecnología de los alimentos. Valencia.
- FLOYER, J.** (1698). *A treatise of the asthma*. R. Wilkin Publ., Londres.
- FONT QUER, P.** (1990). *Plantas medicinales. El Dioscórides renovado*. Editorial Labor S. A.
- FORD, A. W. & PLATTS-MILLS, T. A. E.** (1987). Standardized extracts, dust mite, and other arthropods (inhalants). *Clinical Reviews in Allergy*, 5, 49-73.
- FRATI, M.** (1990). Uso dell'anidride carbonica come fluido desinfestante: processi ed impiantistica. *Desinfestazione*, marzo-aprile, 27.

- FRATI, M. & ATTILIO, G.** (1989). Disinfestazione del frumento con anidride carbonica (CO₂): realizzazione pratiche in deposito industriali in Italia. *Technical molitoria*, aprile, 249.
- FURUNO, T.; TERADA, Y.; YANO, S.; UEHARA, T. & JODAI, S.** (1994). Activities of leaf oils and their components from Lauraceae trees against house dust mites. *Mokazai Gakkaishi*, 40(1), 78-87.
- GAIG, P.; BOTEY, J.; PEÑA, M.; MARÍN, A. & ESEVERRI, J. L.** (1993). Study of the sensitization to storage mites in a pediatric population in Barcelona. *J. Invest. Allergol. Clin. Immunol.*, 3(3), 151-155.
- GAL, H.; SLABEZKI, Y. & LENSKY, Y.** (1992). A preliminary report on the effect of organum oil and thymol applications in honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies in a subtropical climate on population levels of *Varroa jacobsoni*. *Bee Science*, 4, 175-180.
- GALLI, A.; GRONCHI, C. & SÜSS, L.** (1980). Muffe e Acari sui formaggi tipici della Valtellina. *Industria del latte*, 3-4, 17-34.
- GARCÍA-CUADRADO, N.; MORENO-HERNÁNDEZ, B. & MORALES-LÓPEZ, J.A.** (1997). Fauna asentada sobre jamón curado en empresas del suroeste de la península ibérica. *Acta Parasitológica Portuguesa*, 4 (1/2), 146.
- GARCÍA-ROLLÁN, J.** (1978). Plagas y enfermedades del champiñón y de las setas. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- GEMMER, H. & LAMINA, J.** (1967). Milbenbefall bei luftgetrocknetem Schinken. *Fleischwirsch.*, 47, 1329.
- GIGJA, G.** (1964). Pests in stockfish. University Research Institute, Reykjavik, Iceland. Department of Agricultural reports, Series B., 18, 5-41.
- GRANDJEAN, F.** (1935). Observations sur les Acariens. *Bulletin Museum Natural History Paris*, Ser. 2, 7, 201-208.

- GRIFFITHS, D. A.; HUDSON, A. C. & CHRISTENSEN, C. M.** (1959). Grain storage fungi associated with mites. *J. Econ. Ent.*, 52, 514-518.
- GRIFFITHS, D. A.** (1960). Some field habitats of mites of stored food products. *Ann. Appl. Biol.*, 48, 134-144.
- GRIFFITHS, D. A. & SHEALS, J. G.** (1971). The scanning electron microscope in Acarine systematics. En: *Scanning electron microscopy. Systematic and evolutionary applications*. V. H. Heywood (ed.). Academic press, London, 67-94.
- GUINELLI, I.** (1950). *Le conserve di carne*. Parma.
- GUERRERO, L. & ARNAU, J.** (1995) Chemical methods to control mites. *Fleischwirtschaft.*, 75(4), 449-450.
- GULATI, R. & MATHUR, S.** (1995). Effect of Eucaliptus and Mentha leaves and *Curcuma* rhizomes on *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Acarina: Acaridae) in wheat. *Exp. & Appl. Acarol.*, 19, 511-518.
- HAFEZ, S. M. & THARWAT, M. E.** (1989). Acarid mite infestation in garlic field and storage. *Annals of Agricultural Science (Egypt)*, 34(1), 441-448.
- HAGE-HAMSTEM, M. Van. & JOHANSSON, S.G.O.** (1992). Storage mites. *Exp. Appl. Acarol.*, 16, 117-128.
- HALMAI, Z.** (1994). The phenomenon "cannibalism" in *Dermatophagoides farinae* (Acari) populations. *Parast. hung.*, 27, 69-72.
- HALL, C. C. Jr. & McMAHON, B.** (1971). Collecting and rearing *Dermatophagoides farinae* Hugues, a mite from house dust. *Annals of Allergy*, 29, 571-574.
- HAMMEN, L. Van der.** (1968). Stray notes on Acarida (Arachnida). *Zool. Meded.*, Leiden, 42, 261-280.
- HAMMEN, L. Van der.** (1980). Glossary of acarological terminology. Vol. 1 General terminology. Dr. W. Junk B. V. (Publisers). The Hage.

- HAQUE, F. M.** (1987). Response of Urd bean genotypes to pulse beetle *Callosbruchus maculatus* & evaluation of some edible plant products as protectants against pulse beetle. PhD thesis, Haryana Agricultural University, Hisar, India.
- HART, B. J. & FAIN, A.** (1988). Morphological and biological studies of medically important house dust mites. *Acarologia*, 29, 285-295.
- HART, B. J. & LE MERDY, L.** (1988). Human dander-free house dust mite extracts. En: *Mite Allergy, a World-wide Problem*. Todt, A. Bad Kreuznach, Brussels. Sep 1-2, 1987, 47-49.
- HART, B. J.** (1990). Ecology and biology of allergenic mites. En: *Mites and Allergic Disease*. Fain, A.; Guérin, B. & Hart, B. J. Allerbio, Varennes. 135-152.
- HART, B. J. & WITEHEAD, L.** (1990). Ecology of house dust mites in Oxfordshire. *Clin. Exp. Allergy*, 20, 203-209.
- HASS, G. J.; PRESCOTT, H. E.; DUDLEY, E.; DIK, R.; HINTLIAN, C. & KEANE, L.** (1989). Inactivation of microorganisms by Carbon Dioxide under pressure. *J. Food Saf.*, 9, 253.
- HERSOM, A. C. & HULLAND** (1985). *Conservas alimenticias: procesado térmico y microbiología*. Ed. Acribia, SA. Zaragoza.
- HIGUES, M.; SUÁREZ, M. & LLORENTE, J.** (1997). Comparative field trials of *Varroa* mite control with different components of essential oils (thymol, menthol and camphor). *Research and Reviews in Parasitology*, 57(1), 21-24.
- HIRAMATSU, Y. & MIYAZAKI, Y.** (2001). Effect of volatile matter from wood chips on the activity of house dust mites and on the sensory evaluation of humans. *J. Wood Science*, 47, 13-17.
- HUGHES, A. M.** (1961). *The mites of stored food*. Tech. Bull. Minist. Agric. London, 9.

- HUGHES, A. M.** (1976). The mites of stored food and houses. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Her Majesty's Stationary Office, London.
- IGNATOWICZ, S. & BOCZEK, J.** (1984). Effects of gamma irradiation on the fertility of *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Acarida: Acaridae). En: Acarology VI. Vol. 1. Griffiths, D. A. & Bowman, C. E. (Eds.) Ellis Horwood Limited. Chichester. 457-463.
- IVBIJARO, M. F.** (1983). Toxicity of neem seed, *Azadirachta indica* A. Juss to *Sitophilus oryzae* in stored maize. Prot. Ecol., 5(4), 353-357.
- IVERSEN, M.; HALLAS, T.; KORSGAARD, J. & DAHL, R.** (1992). A one-year case study of farmers with storage mite allergy. J. Invest. Allergology Cli. Immunol., 2, 9-14
- JAFARI, R. H. & DAR, J. A.** (1976). A cytological study of gamma irradiated testes of house fly *Musca domestica* (L.), p. 387. En: Sterility principle for insect control. IAEA, Vienna.
- JORRÍN, J.** (2001). Modelos de lucha frente a los ácaros en el jamón curado. Eurocarne, 100, 69-74.
- JORRÍN, J.; MAGALLANES, M. & VARGAS, P.** (2001). Etiología de la peste por ácaros en el jamón curado. Eurocarne, 99, 39-44.
- KAZHDAYA, S. H.** (1996). Some data on acaroid mites in Saarland (with description of variability of *Forcellinia diamesa*, Acaroidea, Acariformes). Zoologicheskii Zhurnal, 75(4), 620-624.
- KERN, A.** (1921). Dust sensitization in bronchial asthma. Med. Clin. N. Amer., 5, 751-758.
- KETHLEY, J. B.; NORTON, R. A.; BONAMO, P. M. & SHEAR, W. A.** (1979). A terrestrial alicorhagiid mite (Acari: Acariformes) from the devonian of New York. Micropaleontology, 35, 367-373.

- KEVAN, D. K. Mc E. & SHARMA, G. D.** (1963). The effects of low temperatures on *Tyrophagus putrescentiae*. *Advances in Acarology*, 1, 112-130.
- KNÜLLE, W.** (1965). Die Sorption und Transpiration des Wasserdampfes bei der Mehlmilbe (*Acarus siro* L.). *Z. Vergl. Physiol.*, 49, 586-604.
- KNÜLLE, W.** (1967). Significance of fluctuating humidities and frequency of blood meals on the survival of the spiny rat mite, *Echinolaelaps echidninus* (Berlese). *J. Med. Entomol.*, 4, 322-325.
- KRAUS, B.; KOENINGER, N. & FUCHS, S.** (1994). Screening of substances for their effect on *Varroa jacobsoni*: attractiveness, repellency and masking effects of ethereal oils. *Journal of Apicultural Research*, 33, 34-43.
- KRANTZ, G. W.** (1970). *A manual of Acarology*. O. S. U. Book stores Ltd., Corvallis, Oregon.
- KUMUD & MATHUR, R. B.** (1989). Influence of ultraviolet radiation on the survival of the acarid mite, *Tyrophagus putrescentiae* (Astigmata: Acaridae). En: *Progress in Acarology*. ChannaBasavanna, G. P. & Viraktamath, C. A. (Eds.). Leiden. The Netherlands. Vol. 2, 248-253.
- KUWAHARA, Y.** (1991). Pheromone studies on Astigmatid mites – alarm, aggregation and sex. En: *Modern Acarology*. F. Dusbábek and V. Bukva (Eds.). Academia, Prague and SPB Academic Publishing bv, The Hague, Vol. 1, 43-52.
- LARCHE-MOCHEL, M.; DOIGNON, J. & DAKKALI-HASSANI, M. H.** (1993). A clinical case concerning a producer of Bayonne Ham: Allergy to acarids. *Arch. MAI Prof. Med. Trav. Secur. Soc.*, 54, 437-438.
- LARRONDO, J. V.; AGUT, M. & CALVO-TORRAS.** (1995). Antimicrobial activity of essences from labiates. *Microbios*, 82, 171-172.

- LARSON, D. G.; MITCHELL, F. & WHARTON, G. W.** (1969). Preliminary studies on *Dermatophagoides farinae* Hugues 1961 (Acari) and house dust allergy. J. Med. Entomol., 6, 295-299.
- LE MAO, J.; PAULI, G.; HOYET, C.; BISCHOFF, E.; SCHIRMACHER, W. & DAVID, B.** (1988). Relationship between mite allergenicity and guanine content in house dust samples. En: Mite Allergy, a World-wide Problem. Todt, A. Bad Kreuznach, Brussels. Sep 1-2, 1987, 65-66.
- LORENZO, P.** (1989). Situación actual de las investigaciones sobre la eliminación de los ácaros del jamón. Cárnica 2000, 70, 134-135.
- LORENZO, P.** (1996). Medidas de prevención de los ácaros en jamones. AICE, 54, 10-13.
- LOZZIA, G. C. & OTTOBONI, F.** (1987). Acarofauna del formaggio "Fontina" in stagionatura. Atti 4° Simposio, La Difesa Antiparassitaria nelle Industrie Alimentari e la Protezione degli Alimenti, Piacenza, 225-233.
- LUNGSHU, L.; BIN, C.; JUAN, X.; XIAOWEI, Z.** (1998). Influence of temperature and controlled atmosphere on development and reproduction of the mould mite, *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae). Systematic and Applied Acarology, 3, 113-120.
- MACCHIONI, G. & PERRUCCI, S.** (1999). Acaricidal activity of several extracts of *Artemisa verlotorum* and *Santolina etrusca* against *Psoroptes cuniculi*. Mange and Myiasis of livestock. Cost Action 833, 54-56.
- MAHMOOD, S. H.** (1992). Mite fauna of stored grain seeds in central Iraq. J. Stored Product Res., 28(3), 179-181.
- MARAZZA, V. & PERSIANI, G.** (1959). Azione delle basse temperature su acari infestanti gli alimenti di origine animale. Atti Società Italiana delle Science Veterinarie, XIII, 383.

- MATSUMOTO, K.; WADA, Y. & OKAMOTO, M.** (1979). The alarm pheromone of grain mites and its antifungal effect. *Recent Advances in Acarology*. Vol 1, 243-249.
- MATSUMOTO, T.; HISANO, T.; HAMAGUCHI, M.; MIIKE, T.** (1996). Systemic anaphylaxis after eating storage-mite-contaminated food. *Int. Arch. Allergy Immunol.*, 109, 197-200.
- McDONALD, L. G. & TOVEY, E.** (1993). The effectiveness of benzyl benzoate and some essential plant oils as laundry additives for killing house dust mites. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 92, 771-772.
- McMURTRY, J. A.** (1984). A consideration of the role of predators in the control of acarine pest. En: *Acarology VI*. Vol. 1. Griffiths, D. A. & Bowman, C. E. (Eds.) Ellis Horwood Limited. Chichester. 108-121.
- MÉGNIN, P.** (1880). *Les Parasites et les Maladies Parasitaires*. G. Masson, Paris.
- MEHRNEJAD, M. R. & UECKERMANN, E. A.** (2001). Mites (Arthropoda, Acari) associated with pistachio trees (Anacardiaceae) in Iran (I). *Systematic & Applied Acarology*, 6, 1-12.
- MIYAZAKI, Y.** (1996a). Differences in susceptibilities of mites (*Dermatophagoides farinae* and *Tyrophagus putrescentiae*), found in house dust, to exposures to several Leaf oils. *Mokuzai Gakkaishi*, 42(5), 532-533.
- MIYAZAKI, Y.** (1996b). Effect of Hiba (*Thujopsis dolabrata* variety *hondae*) wood oil on the house dust mite (*Dermatophagoides pteronyssinus*). *Mokuzai Gakkaishi*, 42(6), 624-626.
- MIYAZAKI, Y.; YATAGAI, M. and TAKAOKA, M.** (1989). Effect of the essential oils on the activity of house dust mites. *Jpn. J. Biometeor.*, 26(2), 105-108.
- MONTE, E.; VILLANUEVA, J. R. & DOMÍNGUEZ, A.** (1986). Fungal profiles of Spanish country-cured hams. *Int. J. Food microbiol.*, 3, 355-359.

MUÑOZ-LÓPEZ DE BUSTAMANTE, F. (1993). Plantas medicinales y aromáticas; estudio, cultivo y procesado. Editorial Mundi-Prensa, Madrid.

MUSK, A. W.; VENABLES, K. M.; CROOK, B.; NUNN, A. J.; HAWKINS, R.; CROOK, G. D. W.; GRANEEK, B. J.; TEE, R. D.; FARRER, N.; JOHNSON, D. A.; GORDON, D. J.; DARBYSHIRE, J. H. & NEWMAN TAYLOR, A. J. (1989). Respiratory symptoms, lung function, and sensitization to flour in a British bakery. *Br. J. Ind. Med.*, 46, 636-642.

NAKAKITA, H.; IMURA, O.; NABETANI, H.; WATANABE, A.; WATANABE, S. & CHIKUBU, S. (1989). Application of electromagnetic waves for control of stored-products insects. Effects of Microwaves on susceptibilities of insects and quality of rice. *J. Jap. Soc. Food. Sci. and Techno*, 36, 267.

NANGIA, N & CHANNABASAVANNA, G. P. (1989). Influence of temperature and relative humidity on the development of *Tyrollichus casei*. En: *Progress in Acarology*. ChannaBasavanna, G.P. & Viraktamath, C. A. (eds). Leiden. Netherlands. Vol. 2, 258-264.

NAUMAN, G. (1986). Anwendung von Mikrowellen in der Nahrungsmittelindustrie. *Die Fleischerei*, 37, 736.

NAVARRETE, I.; SÁNCHEZ-LÓPEZ, J.; CALERO, R. & GÓMEZ-NIEVES, J. M. (2000). Control de artrópodos en el jamón curado. Fondo de Formación. Proyecto Alimex. Mérida.

NOEL, B. & AMRINE, J. (1996). More on essential oils for mite control. *Am. Bee J.* December, 858-859.

NORTON, R. A.; BONAMO, P. M.; GRIERSON, J. D. & SHEAR, W. A. (1988). Oribatid mite fossils from a terrestrial Devonian deposit near Gilboa, New York. *Journal of Paleontology*, 62, 259-269.

NÚÑEZ, F. (1995). Flora fúngica en el jamón ibérico y su importancia tecnológica y sanitaria. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura.

- NÚÑEZ, F.; RODRÍGUEZ, M. M.; CÓRDOBA, J. J.; BERMÚDEZ, M. E. & ASENSIO, M. A.** (1996a). Yeast population during ripening of dry-cured Iberian ham. *Int. J. Food Microbiol.*, 29, 271-280.
- NÚÑEZ, F.; RODRÍGUEZ, M. M.; CÓRDOBA, J. J.; BERMÚDEZ, M. E. & ASENSIO, M. A.** (1996b). Composition and toxigenic potential of the mould population on dry-cured Iberian. *Int. J. Food Microbiol.*, 32, 185-197.
- OLALLA, R.** (1998). Estudio del efecto acaricida de diferentes aceites esenciales y sus componentes activos sobre cultivos de *Dermatophagoides pteronyssinus* (Trouessart, 1897). Tesis de licenciatura. Universidad del País Vasco.
- ORIBE, Y. & MIYAZAKI, Y.** (1997). Effects of two wood oils on the population growth of the European house-dust mite, *Dermatophagoides pteronyssinus*. *Mokuzai Gakkaishi*, 43(6), 521-523.
- ORTUÑO, M.** (1996). Física para biología, medicina, veterinaria y farmacia. Ed. Crítica, Grijalbo Mondadori, Barcelona.
- OTTOBONI, F.; FALAGINI, P. & CENTANNI, S.** (1984). Gli acari allergenici. *Boll. Ist. Sieroter. Milano*, 63, 5, 389-419.
- OTTOBONI, F.; DI LORETO, V.; CANTONI, A.; LOZZIA, G. C.; ROTA, P.; MELEJ, R. & BAGNATO, A.** (1987). Indagine allergologica sui lavoratori dei prosciuttifici di Langhirano e San Daniele. *Atti del 4° Simposio, La Difesa Antiparassitaria nelle Industrie Alimentari e la Protezione degli Alimenti*. Piacenza, 235-241.
- OTTOBONI, F. y PIU, G.** (1990). Gli acari allergenici. Guida al loro riconoscimento. Utet. Milano.
- OTTOBONI, F.; RIGAMONTI, I. E. & LOZZIA, G.C.** (1992). House dust mites prevention in Italy. *Boll. Zool. agr. Bachic. Ser. II*, 24 (2), 113-120.
- OTTOGALLI, G.; GALLI, A.; SÜSS, L.; VOLONTERIO, G. & ZAMBRINI, A.** (1977). Microflora ed Artropodofauna superficiali dei formaggi a lunga maturazione.

Atti II Simposio, La Difesa Antiparassitaria nelle Industrie Alimentari e sulla Protezione degli Alimenti, Piacenza, 201-215.

OUDEMANS, A. C. (1926). Kritisch Historisch Overzicht der Acarologie. Eerste gedeelte. Tijdschr. Ent, 69, 1-50.

OUDEMANS, A. C. (1929). Kritisch historisch Overzicht der Acarologie. Tweede gedeelte. Tijdschr. Ent, 72, 1-1097.

OUDEMANS, A. C. (1936-37). Kritisch Historisch Overzicht der Acarologie. Derde Gedeelte (6 volumes). E. J. Brill, Leiden.

PAGANI, M. (1987). Esperimenti di mezzi fisici di lotta contro gli acari dei salumi stagionati. En: La Difesa Antiparassitaria nelle Industrie Alimentari e la Protezione degli Alimenti. Atti del 4° simposio a cura di G. Domenichini. Piacenza, 23-25 settembre, 255-265.

PAGANI, M. & CIAMPITTI, M. (1990). Mite control on seasoned pork products by modified atmospheres. En: Il Proceedings of the 5th international working conference on stored – product protection. Bordeaux, France, September 9-14. 887-891.

PAGANI, M. & CIAMPITTI, M. (1991). Indagine sull'acarofauna in salamifici del Piacentino. Atti XVI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia. Bari-Martina Franca (Ta) 23/28 settembre, 149-154.

PAGANI, M. & CIAMPITTI, M. (1992). Esperimenti per il controllo degli acari dei salumi in stagionatura. En: La Difesa Antiparassitaria nelle Industrie Alimentari e la Protezione degli Alimenti. Atti del 5° Simposio a cura di G. Domenichini. Piacenza, 23-25 settembre, 443-448.

PAGANI, M. & ZANOTTI, M. R. (1994). Associazione di muffe e acari su formaggi a breve stagionatura. Atti XVII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia. Udine 13-18 giugno 1994, 671-676.

- PARKINSON, C. L.; BARRON, C. A.; BAKER, S. M.; THOMAS, A. C. & ARMITAGE, D. M.** (1991). Longevity and fecundity of *Acarus siro* on four field and eight storage fungi. *Exp. & Appl. Acarol.*, 11(1), 1-8.
- PÉREZ-SANTOS, C.** (1995). Course on mite identification. Keys to the identification of families, genera and species of common house dust and stored mites. XVI European Congress of Allergology and Clinical Immunology. Madrid, 25-30 June.
- PÉREZ-SANTOS, C. y MORENO, A. G.** (1991). Los ácaros en alergia. *Laboratorios Dome/Hollister-Stier*, 1-131.
- PERRUCCI, S.; MANCIANTI, F.; CIONI, P. L.; FLAMINI, G.; MORELLI, I. & MACCHIONI, G.** (1993). "In vitro" antifungal activity of essential oils against some isolates of *Microsporum canis* and *Microsporum gypseum*. *Planta Medica*, 17, 184-187.
- PERRUCCI, S.; CIONI, P.L.; FLAMINI, G.; MORELLI, I. & MACCHIONI, G.** (1994). Acaricidal agents of natural origin against *Psoroptes cuniculi*. *Parassitologia*, 36, 269-271.
- PERRUCCI, S.** (1995). Acaricidal activity of some essential oils and their constituents against *Tyrophagus longior*, a mite of stored food. *J. Food Protec.*, 58(5), 560-563.
- PERRUCCI, S.; MACCHIONI, G.; CIONI, P. C.; FLAMINI, G.; MORELLI, I. & TACCINI, F.** (1996). The activity of volatile compounds from *Lavandula angustifolia* against *Psoroptes cuniculi*. *Phytotherapy research*, 10, 5-8.
- PERRUCCI, S.; CIONI, P. L.; CASCELLA, A. & MACCHIONI, F.** (1997a). Therapeutic efficacy of linalool for the topical treatment of parasitic otitis caused by *Psoroptes cuniculi* in the rabbit and in the goat. *Med. Vet. Entomol.*, 11, 300-302.
- PERRUCCI, S.; ROSSI, G.; FLAMINI, R. CECCHERELLI, R. & MANI, P.** (1997b). Efficacia terapeutica di un olio essenziale di timo per il controllo della rogna

cnemidocoptica del pappagallino ondulado. La Selezione Veterinaria, 8-9, Agosto-Settembre, 837-842.

PORTUS, M. (1975). Estudio de la acarofauna del polvo doméstico y su relación con las atopias humanas. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.

POTTS, M. E. & RODRIGUEZ, J. G. (1978). Effects of spice oils on *Tyrophagus putrescentiae*. Proc. North Central Branch Entomol. Soc. Am., Vol. 32, 141.

PRÄNDL, O.; FISCHER, A.; SCHMIDHOFER, T. & SINEL, H. (1994). Tecnología e higiene de la carne. Ed. Acribia S.A., Zaragoza.

PRICKETT, A. J. & MUGGLETON, J. (1991). Commercial Grain Stores 1988/1989, England and Wales. Pest incidence and Storage Practices. Home-Growth Cereals Authority, Project Report N° 29. London.

PRIESTLEY, C. M.; BURGESS, I. and WILLIAMSON, E. M. (1998). Effects of essential oils on house dust mites. J. Pharm. Pharmacol., 50, 193.

PULPAN, J. & VERNER, P. H. (1965). Control of Tyroglyphid mites in stored grain by the predator mite *Cheyletus eruditus* (Schrank). Can. J. Zool., 43, 417-432.

RECIO-GARCÍA, M. D. & GARCÍA-CACHÁN, M. D. (2002). Identification of dry cured ham mites. Congreso Mundial de la Carne, Roma, Septiembre, 2002.

REE, H. & LEE, I. (1997). Development of mass rearing technique of *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae) found in house dust. Korean J. Parast., 35(3), 149-154.

REVSBECH, P. & ANDERSEN, G. (1987). Storage mite allergy among grain elevator workers. Allergy, 42, 423-429.

REVSBECH, P. & DUEHOLM, M. (1990). Storage mite allergy among bakers. Allergy, 45, 204-208.

RIEMAN, J. G. (1967). A cytological study of radiation effects in testes of the screw-worm fly *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae). Ann. Entomol. Soc. Am. 60, 308-319.

RIEMAN, J. G. & FLINT, H. M. (1967). Irradiation effect on midgut and testes of the adult boll weevil, *Anthonomus grandis*, determined by histological and shielding studies. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 60, 298-306.

RIVARD, I. (1958). Influence of humidity on mortality and rate of development of immature stages of the grain-infesting mite *Tyrophagus castellani* (Hirst) (Acarina: Acaridae) reared on mould cultures. *Can. Entomol.*, 90, 721-724.

RIVARD, I. (1961). Influence of temperature and humidity on longevity, fecundity and rate of increase of the mite *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Acarina: Acaridae) reared on mold cultures. *Can. J. Zool.*, 39, 869-876.

ROBERTSON, P. L. (1946). Tyroglyphid mites in stored products in New Zealand. *Trans. Proc. Roy. Soc. N. Z.*, 76(2), 185-207.

ROBERTSON, P. L. (1961). A morphological study of variation in *Tyrophagus* (Acarina), with particular reference to population infesting cheese. *Bull. Ent. Res.*, 52, 501-529.

RODRÍGUEZ, J. G.; POTTS, M. F. & PATTERSON, C. G. (1979). Alleochemic effects of some Flavoring components on the acarid, *Tyrophagus putrescentiae*. *Recent Advances in Acarology*, 1, 251-261.

RODRÍGUEZ, J. G.; POTTS, M. F. & PATTERSON, C. G. (1984). Mycotoxin-producing fungi: effects on stored product mites. En: *Acarology VI*. Vol. 1. Griffiths, D. A. & Bowman, C. E. (Eds.) Ellis Horwood Limited. Chichester. 343-350.

RODRÍGUEZ, M. (1995). Evaluación tecnológica y sanitaria de las micrococáceas en la maduración del jamón de cerdo ibérico. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura.

RODRÍGUEZ, M.; MARTÍN, A. & NÚÑEZ, F. (2001). Población microbiana del jamón ibérico y su contribución en la maduración. Cultivos iniciadores. En:

Tecnología del jamón ibérico. J. Ventanas (coordinador). Editorial Mundi-Prensa, Madrid.

ROITT, I.; BROSTOFF, J. & MALE, D. (1993). Inmunología. Masson-Salvat, Barcelona.

ROTA, P. (1972). Gli acari infestanti i formaggi e i salumi in stagionatura. Atti 1° Simp. La Difesa Antiparassitaria nelle Industrie Alimentarie e la Protezione degli Alimenti. Piacenza. 201-218.

SALEH, S. M.; YACOCUT, G. A.; EL SADEK, M. M. (1987). Biochemical changes in sound dry dates associated with mite infestation. Alexandria Journal of Agricultural Research, 31(1), 477-489.

SALLES-GAZÊTA, G.; NERES-NORBERG, A.; ABOUD-DUTRA, A. E. & MAUÉS SERRA-FREIRE, N. (2000). *Tyrophagus putrescentiae* (SCHRANK, 1781) vetor de bactérias patogênicas: observação laboratorial. Entomologia y Vectores, Rio de Janeiro, 7 (1), 49-59.

SAMMATARO, D. & NEEDHAM, G. R. (1996). How oil affects the behavior of tracheal mites. Am. Bee. J., July, 511-514.

SÁNCHEZ-ACEDO, C.; ESTRADA-PEÑA, A.; GALMES-FEMENIAS, M.; LUCIENTES CURDI, J.; CASTILLO-HERNÁNDEZ, J. A.; GUTIÉRREZ-GALINDO, J. F. (1984). Efecto del olsano-25 sobre *Acarus siro* (Acarina: Astigmata), Linneo, 1758, aislado de jamones. Med. Vet., 1(4), 237-239.

SÁNCHEZ-LÓPEZ, J. (2000). Técnicas de cultivo y control de ácaros de alimentos. Trabajo de grado. Universidad de Extremadura.

SÁNCHEZ-RAMOS, I. & CASTAÑERA, P. (1999). Efecto de la temperatura sobre la biología de *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank, 1781) Acari: Acaridae, ácaro de productos almacenados. Congreso Nacional de Entomología Aplicada. VIII Jornadas Científicas de la SEEA. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.

- SÁNCHEZ-RAMOS, I. & CASTAÑERA, P.** (2001). Acaricidal activity of natural monoterpenes on *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank), a mite of stored food. *J. Stored Product. Res.*, 37, 93-101.
- SATO, M.; KUWAHARA, Y.; MATSUYAMA, S. & SUZUKI, T.** (1993). Chemical ecology of astigmatid mites XXXVII. Fatty acid as food attractant of astigmatid mites, its scope and limitation. *Appl. Entomol. Zool.*, 28(4), 565-569.
- SCALA, G.** (1995). House-dust mite ingestion can induce allergic intestinal syndrome. *Allergy*, 50, 517-519
- SCHMIDT, U. & CREMMLING, K.** (1975). Bekämpfung des Milbenbefalls bei Fleischerzeugnissen. *Fleischwirtschaft.*, 55, 823.
- SHARP, A. & BANKS, H. J.** (1979). Trial use of CO₂ to control insects in exported containerized wheat. *CSIRO Food Res.*, 39, 10.
- SINHA, R. N.** (1963). Stored product Acarology in Canada. *Advances in Acarology*, 1, 70-88.
- SINHA, R. N.** (1968). Adaptative significance of mycophagy in stored-product Arthropoda. *Evolution*, 22(4), 785-798.
- SINHA, R. N. WALLACE, H. A. H.** (1966). Association of granary mites and seed-borne fungi in stored grain and in outdoor and indoor habitats. *Ann. Ent. Soc. Am.*, 59, 1170-1181.
- SINHA, R. N. & MILLS, J. T.** (1968). Feeding and reproduction of the grain mite and the mushroom mite on some species of *Penicillium*. *J. Econ. Ent.*, 61(6), 1548-1552.
- SMRZ, J. & JUNGOVA, E.** (1989). The ecology of a field population of *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridida). *Pedobiologia*, 33, 183-193.
- SONENSHINE, D. E.** (1984). Pheromones of acari and their potential use in control strategies. En: *Acarology VI. Vol. 1.* Griffiths, D. A. & Bowman, C. E. (Eds.) Ellis Horwood Limited. Chichester. 99-107

- SOLOMON, M. E.** (1946). Tyroglyphid mites in stored products. Ecological studies. Ann. Appl. Biol. London, 33(1), 82-97.
- SOLOMON, M. E.** (1962). Ecology of the flour mite, *Acarus siro* L. (= *Tyroglyphus farinae* De G.). Ann. Appl. Biol. London, 50, 178-84.
- SOLOMON, M. E. & CUNNINGTON, A. M.** (1964). Rearing acaroid mites. Acarologia, 6, 339.
- SPIEGEL, W. A.; ANOLIK, R.; JAKABOVICS, E. & ARLIAN, L. G.** (1995). Anaphylaxis associated with dust mite ingestion. Ann. Allergy Asthma Immunol., 74, 56.
- SPIEKSMAN, F. TH. M.** (1976). Cultures of house dust mites on animal skin scales. Allergologie et Immunopathologie, 4, 419-428.
- SPIEKSMAN, F. TH. M.** (1997). Domestic mites from an acarologic perspective. Allergy, 52, 360-368.
- STABLES, L. M.** (1984). Effect of pesticides on three species of *Tyrophagus*, and detection of resistance to pirimiphos-methyl in *T. palmarum* and *T. putrescentiae*. Acarology VI, 2, 1026-1033.
- STAMOPOULES, D. C.** (1991). Effects of four essential oil vapours on the oviposition and fecundity of *Acanthoscelides obtectus* (say) (Coleoptera: Ruchidae); laboratory evaluation. J. Stored Product Res., 27(4), 199-203.
- STARZEWSKI, J. C.** (1991). The incidence of resistance to pirimiphos-methyl in stored product mites collected from commercial grain stores in the United Kingdom. In Commercial grain stores 1988/89, England and Wales. Pest incidence and storage practices, A. J. Prickett and J. Muggleton (Eds.). Home-Growth Cereals Authority, Project Report, 29, 53-56.
- STENDEL, W. & FUCHS, R.** (1984). Biological evaluation of flumethrin, a new synthetic pyrethroid for the control of ticks. En: Acarology VI, Vol. 2, D. A. Griffiths & C. E. Bowman (ed.), Chichester, England, 1252-1255.

- STORM Van LEEUWEN, W.** (1922). Oorzaken en behandeling van asthma bronchit. Groningen.
- SUÑER, D.; CASADEVALL, M.; DOMÍNGUEZ, M. & VICENS, J.** (1985). Estudio de los ácaros, dípteros y coleópteros presentes en la fabricación del jamón curado. *Cárnica* 2000, 18, 169-182.
- SZLENDAK, E.; BOCZEK, J.; BRUCE, W. & DAVIS, R.** (1985). Effect of gamma-radiated males on egg production in *Acarus siro*. *Fla. Entomol.*, 68, 286-290.
- SZLENDAK, E.; BOCZEK, J.; BRUCE, W. & DAVIS, R.** (1987). Effects of gamma radiation on spermatophore production and reception and subsequent fecundity and egg viability in *Acarus siro* L. (Acari: Acaridae). *Exp. Appl. Acarol.*, 3, 33-44.
- SZLENDAK, E.; BOCZEK, J. & BRUCE, W.** (1990). Effect of fast electrons on the reproductive biology of the grain mite *Acarus siro* (Acari: Acaridae). *Exp. Appl. Acarol.*, 8, 223-231.
- SZLENDAK, E.; BOCZEK, J. & OLIVER JR., J. H.** (1992). Effects of Radiation on spermatogenesis in *Acarus siro* L. (Acari: Acaridae). *J. Econ. Entomol.*, 85(1), 162-167.
- THIND, B. B. & MUGGLETON, J.** (1998). A new bioassay method for the detection of resistance to pesticides in the stored product mite *Acarus siro* (Acari: Acaridae). *Exp. & Appl. Acarol.*, 22, 543-552.
- THOMPSON, S. J. & CARSWELL, F.** (1988). The major allergen of the house dust mite, *Dermatophagoides pteronyssinus* is synthesized and secreted into its alimentary canal. *Int. Arch. Allergy Immunol.*, 85, 312-315.
- TILTON, E. W. & BROWER, J. H.** (1983). Radiation effects on arthropods. En: E. S. Josephson & M. S. Peterson (Eds.). *Preservation of food by ionizing radiation*, vol 2, 269-316. CRC. Boca Raton, Fla.

- TILTON, E. W. & BURDITT jr., A. K.** (1983). Insect disinfestation of grain and fruit. En: E. S. Josephson & M. S. Peterson (eds). Preservation of food by ionizing radiation, vol. 3. CRC, Boca Raton, Fla.
- TIMÓN, M. L.; BARNADIARÁN, M. & VENTANAS, J.** (1995). Caracterización de la calidad del jamón ibérico. I Productos generados a partir de la proteólisis. Eurocarne, 35, 65-70.
- TSENG, Y. H.** (1979). Studies on the mites infesting stored food products on Taiwan. Recent Advances in Acarology, 1, 311-316.
- TOVEY, E. R.; CHAPMAN, M. D. & PLATTS-MILLS, T. A. E.** (1981). Mite faeces are a major source of house dust allergens. Nature, 289, 592-593.
- TOVEY, E. R. & McDONALD, L. G.** (1997). A simple washing procedure with eucalyptus oil for controlling house dust mites and their allergens in clothing and bedding. J. Allergy Clin. Immunol., 100, 464-466.
- VALEA, A. & ALONSO, J.** (1998). Radiación infrarroja y ultravioleta. Tecnología y Aplicaciones. Ed. Mc Graw Hill, Eve/Iberdrola. Madrid.
- VENTANAS, J.; RUIZ, J. & CÓRDOBA, J. J.** (2001). El jamón curado de cerdo ibérico: descripción del proceso tradicional de elaboración. En: Tecnología del jamón ibérico. J. Ventanas (coordinador). Editorial Mundi-Prensa. Madrid.
- VITZTHUM, H. G.** (1943). Acarina. Brons Tierreich, 5, Abt. 4, Buch 5, Lf., 5, 1-1001.
- VOIGT, P.** (1990). Damage caused by mould mites in cucumbers. Schaden durch Modernmilben an Ertragsgurken. Nachrichtenblatt Pflanzenschutz, 44, 246-247.
- VOORHORST, R.; SPIEKSMABOEZEMAN, M. I. A. & SPIEKSMABOEZEMAN, F. Th. M.** (1964). Is a mite (*Dermatophagoides* sp.) the producer of the house-dust allergen?. Allergie und Asthma, 10, 329-334.

- WALZL, M. G.** (1991a). Comparison of the sclerotized structures of Acaridae and Glycyphagidae used for copulation. F. Dusbábek & V. Bukva (Eds.): Modern Acarology, Academia, Prague and SPB Academic Publishing bv, The Hague, Vol. 2, 283-286.
- WALZL, M. G.** (1991b). Microwave treatment of mites (Acari, Arthropoda) for extruding hidden cuticular parts of the body for scanning electron microscopy. *Micron and Microscopia Acta*, Vol. 22, No ½, 9-15.
- WALZL, M. G.** (1992). Ultrastructure of the reproductive system of the house dust mites *Dermatophagoides farinae* and *D. pteronyssinus* (Acari, Pyroglyphidae) with remarks on spermatogenesis and oogenesis. *Exp. Appl. Acarol.*, 16, 85-116.
- WATANABE, F.; TADAKI, S.; TAKAOKA, M.; ISHINO, M. & MORIMOTO, I.** (1989). Killing activities of the volatiles emitted from essential oils for *Dermatophagoides pteronyssinus*, *Dermatophagoides farinae* and *Tyrophagus putrescentiae*. *Shoyakugaku Zasshi*, 43(2), 163-168.
- WEIDNER, H. & RACK, G.** (1982). Bestimmungstabellen der Vorratsschädlinge und des Hausungeziefers Mitteleuropas. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. 1-251.
- WHARTON, G. W.** (1984). House dust mites. *J. Med. Entomol.*, 12, 577-621.
- WHARTON, G. W. & BRODY, A. R.** (1972). The peritrophic membrane of the mite, *Dermatophagoides farinae*: Acariformes. *J. Parasitology*, 58, 801-804.
- WHARTON, G. W. & FURUMIZO, R. T.** (1977). Supracoxal gland secretions as a source of fresh water for Acaridae. *Acarologia*, 19, 112-116.
- WHARTON, L. G. & RICHARDS, A. G.** (1978). Water vapor exchange kinetics in insects and acarines. *Ann. Rev. Entomol.*, 23, 309-328.
- WHARTON, L. G.; DUKE, K. M. & EPSTEIN, H. M.** (1979). Water and physiology of house dust Mites. *Recent Advances in Acarology*, 1, 325-335.

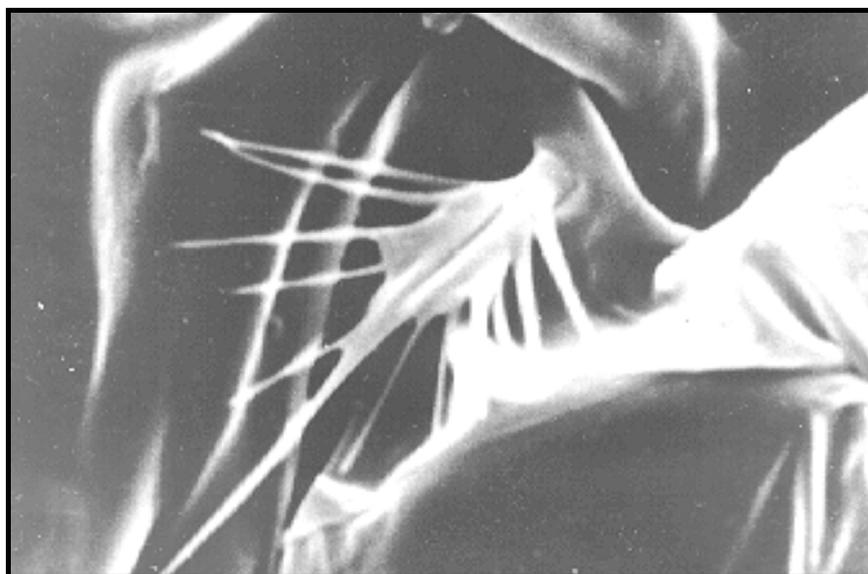
- WHARTON, L. G.** (1985). Water balance of insects. En: G. A. Kerkut and L. I. Gilbert (Editors), *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology*. Pergamon, New York, NY, 565-601.
- WILKIN, D. R.** (1979). The control of mites in cheese stores. *Recent Advances in Acarology*, 1, 221-229.
- WILKIN, D. R.** (1990). General aspects of grain storage. *Ferment*, 3, 189.
- WITALINSKI, W.** (1993). Egg shells in mites: vitelline envelope and chorion in Acaridida (Acari). *Exp. & Appl. Acarol.*, 17(5), 321-344.
- WITALINSKI, W. & WALZL, M. G.** (1995). Reproductive systems in selected acaridid mites (Acaridida). En: Kropczynska, D.; Boczek, J. & Tomczyk, A. (eds). *The Acari, Physiological and Ecological Aspects of Acari-Host Relationships*, Dabor, Warszawa, pp 698.
- WRAITH, D. G.; CUNNINGTON, A. M. & SEYMOUR, W. M.** (1979). The role and allergenic importance of storage mites in house dust and other environments. *Clin. Allergy*, 9, 545-561.
- YAMAMOTO, N.; MIYAZAKI, Y. & SAKUDA, K.** (1998). Sensory evaluation of carpet cleaner containing essential oil and the effect on mites. *J. Wood Sci.*, 44, 90-97.
- ZACHVATKIN, A. A.** (1941). Arachnoidea, Acariens, Tyroglyphoides. *Fauna de l'U. R. S. S. 6. 1. Inst. Zool. Acad. Sci. Moscow N. S.*, 28, 1-475.
- ZACHVATKIN, A. A.** (1952). Division of the Acarina into orders and their position in the system of the Chelicerata. *Mag. Parasitol. Moscow*, 14, 5-46.
- ZDÁRKOVÁ, E.** (1967). Stored food mites in Czechoslovakia. *J. Stored Product Res.*, 3, 155-171.
- ZDÁRKOVÁ, E.** (1991a). Stored product acarology. En: *Modern Acarology*. F. Dusbábek and V. Bukva (Eds.). Academia, Prague and SPB Academic Publishing bv, The Hague, Vol. 1, 211-218.

ZDÁRKOVÁ, E. (1991b). Application of the bio-preparation "Cheyletin" in empty stores. En: Modern Acarology. F. Dusbábek and V. Bukva (Eds.). Academia, Prague and SPB Academic Publishing bv, The Hague, Vol. 1, 607-610.

ZDÁRKOVÁ, E. & VORÁČEK, V. (1993). The effects of physical factors on survival of stored food mites. *Exp. & Appl. Acarol.*, 17(3), 197-204.

AGRADECIMIENTOS

14



Me gustaría, a modo muy personal, devolver en forma de agradecimiento la gratitud que todas las personas me han brindado para la culminación de este trabajo. Seguramente se me olvide alguien. En cualquier caso, nunca a propio intento. Aquí van, pues, a porta gayola y con larga cambiada.

Nada de esto sería posible sin el Prof. Dr. Ignacio Navarrete López-Cózar, director de esta tesis. A él le debo la imprescindible ayuda desde el primer día que pisé esta Facultad de Veterinaria, la formación profesional y personal que me ha dado, su calidad humana y la oportunidad de llevar a cabo esta tesis aún sabiendo que los ácaros podían hacernos bailar con la más fea (con todos mis respetos). Afortunadamente, al final, los ácaros tuvieron un poco de *glamour* y comprendieron nuestro trabajo.

De igual manera, el Prof. Dr. David Reina Esojo, codirector de este trabajo, se volcó desde un principio en todos los asuntos relacionados con mi tesis: trámites, papeleos, *short term scientific missions*, etc. de manera que no quedara un cabo suelto. Además de su gran organización, me ha enseñado a lo largo de todos estos años su verdadera calidad humana.

El Prof. Dr. Santos Sánchez Salor, inevitable codirector "honorífico" de este trabajo, me dedicó continuos consejos y soportes paternales, me deleitó con su exquisita paciencia y *savoir faire* a la hora de revisar y volver a revisar los textos y consiguió sorprenderme, una vez más, con su ayuda en la lingüística y semántica latina y griega y en las traducciones al italiano. A él le debe esta tesis cuerpo y alma, urbe y orbe.

Es obligado agradecerle muy sinceramente a D. Julio Tapiador, y en su nombre al grupo CAMPOFRÍO Alimentación S.A., el interés mostrado para la realización de este trabajo. Igualmente, a los Dres. Rafael Quiles Zafra y Juan Ángel García Garrido y a los inspectores Félix y Rafa, quienes me dieron todo tipo de facilidades durante mis breves y no tan breves estancias en Torrijos (Toledo).

Francisco José Sánchez Fernández se encargó de que todo estuviera a punto a la hora de maquetar el trabajo, pese a mis continuos desajustes con las computadoras. A él le debo gran parte de esta tesis y la generosa amistad que día a día me viene demostrando.

Germán Fernández Corrales me ayudó durante la realización de las fotografías al microscopio electrónico y tuvo paciencia jobiana conmigo y sobre todo, con la fragilidad de mis ácaros al embalsamarlos en oro.

La Prof. Esther López Fernández, Carlitos Sánchez López, Marco Pablo Maneta y Nuria Carcassonne me echaron una mano imprescindible con las traducciones al inglés y francés.

Los compañeros de la Cátedra de Tecnología de los Alimentos me cedieron muy amablemente muestras de jamón ibérico para el cultivo de los ácaros y me aconsejaron a la hora de realizar las catas.

A los Dres. Miguel Ángel Habela Martínez-Estélez, Luis Carlos Gómez Nieto, Francisco Javier Serrano Aguilera y Juan Enrique Pérez Martín tengo que agradecerles algo más que mi formación como parasitólogo: su amistad, disposición y compañerismo durante estos siete años en la cátedra.

D. Manuel Gómez Blázquez "Manal", Técnico Especialista de Parasitología, me soporta, le soporto y al final no podemos vivir el uno sin el otro. Fuerte abrazo para él.

El Prof. Dr. Jorge A. Guisantes del Barco y todo el personal del Departamento de Parasitología de la Facultad de Farmacia de Vitoria (Universidad del País Vasco), especialmente el Dr. Guillermo Cardona y la Dra. Elena Eraso, me brindaron la oportunidad de iniciarme y posteriormente entusiasmarme con los "diminutos peludos de ocho patas". Muchas de sus instrucciones están reflejadas en este trabajo.

Durante mi estancia en el *Dipartimento di Produzioni Animali, Epidemiologia ed Ecologia (Set. Parassitologia)* de la *Facoltà di Medicina Veterinaria di Torino (Italia)*, el Prof. Dr. Luca Rossi me dedicó toda su atención, generosidad y disponibilidad. Arianna Menzano y Paolo "*Draco*" Tizzani estuvieron siempre pendientes de mí, mientras Byron (*il cane*) me hacía compañía. Sin olvidarme, por supuesto, de Ezio, Anna, Luisa, Anna Rita, Claudia, Silvia *e anche il Corpo Forestale di Tarvisio* (Max y Paolo).

Asimismo, el Prof. Dr. Arndt Liebisch y la Dra. Gabriele Liebisch del *Labor für Klinische Diagnostik und Prüfung (ZECKLAB)*, Hannover (Alemania), me mimaron y pusieron todo a mi disposición durante mi estancia en su laboratorio.

Con mis compañeros de la Cátedra tuve los mejores momentos de mi vida en la Facultad y fuera de ella. Espero que duren mucho más aún. La Dra. Eva Frontera me ayudó en mis primeros pasos como interno y después como becario. Aún lo sigue haciendo. A Alonso Carrón y a María Alcaide les debo algo más que las gracias, seguir queriéndolos. Y sin duda, nada sería lo mismo sin haber trabajado, reído y penado con el resto de personas: Virginia Iniesta, la Dra. Isabel Molano, Isabel Monroy, Cristina Mirón, Esperanza Morato, la Dra. Mercedes García, Jesualdo Carcelén, Juanito Peña, el Dr. García Vallejo, José Ángel Mora y ahora también Evita López y el Dr. Domínguez. Sin olvidarme de los alumnos internos, por supuesto. A todos, mil gracias por entenderme.

Todos mis compañeros de convivencia: José Luis Ceberino, Miguelito Portero, José Ramón A. Bada, Dani Vargas, Santi Navarro, Ana Frades, José Araco, Pablo Bugallo, Aurelio Glez, Yosi, Edu, Bea Pérez, Enrique, Antoñito Pantoja, Alfredo y Jorge me apoyaron para llegar aquí. Sin olvidarme de Jesús Adame, Leo Sánchez Güix, Nacho Antona, Manu y tantos otros. Rafita González Sevilla y Jesusito Pantoja son de esas personas que te alegran la

vida a diario y César Sánchez Camino, un amigo de por vida, pese a lo poco que nos vemos.

A mis Sánchez Salor y López Fernández de Asturias y Cáceres por soportar mis largas ausencias. En fin, todos los que me dejé atrás -ya a toro pasado- que me indulten, y a todos los que siguen conmigo, muchísimas gracias por todo.

No puedo dejar de reconocer que gran parte de la gestación de este trabajo se debe a los momentos de inspiración que dieron la soledad y la tranquilidad de Conquista de la Sierra (Cáceres), la forestería de Grugliasco (Torino) y la casa de los Leimberg en Kleinburgwedel (Hannover).

Ronda del Carmen, diciembre 2002.