

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**LA CADENA ALIMENTARIA COMO VÍA DE
TRANSMISIÓN DE *STAPHYLOCOCCUS*
AUREUS RESISTENTE A LA METICILINA**

**THE FOOD CHAIN AS A TRANSMISSION ROUTE OF
STAPHYLOCOCCUS AUREUS METHICILLIN-RESISTANT**

TITULACIÓN:

MÁSTER UNIVERSITARIO EN SEGURIDAD Y CALIDAD DE LOS ALIMENTOS

AUTORA: Celia Dorta Vera.

TUTORA: María de los Ángeles Arias Rodríguez.

ÁREA DE CONOCIMIENTO: MEDICINA PREVENTIVA Y SALUD
PÚBLICA.

ESCUELA DE DOCTORADO Y ESTUDIOS DE POSGRADO
Facultad de Farmacia

SEPTIEMBRE 2019

ÍNDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
1. INTRODUCCIÓN	4
2. OBJETIVOS	5
3. MATERIAL Y MÉTODOS	5
4. RESULTADOS	6
4.1. <i>SARM EN GANADO PORCINO</i>	6
4.2. <i>SARM EN OTROS ANIMALES DE ABASTO</i>	9
4.3. <i>SARM EN ALIMENTOS</i>	11
4.4. <i>PREVENCIÓN Y CONTROL DE CEPAS DE SARM EN LA CADENA ALIMENTARIA</i>	14
5. CONCLUSIONES	15
6. BIBLIOGRAFÍA	16

RESUMEN

Staphylococcus aureus resistente a la meticilina (SARM) es una bacteria Gram positiva resistente a una gran variedad de antibióticos y un importante patógeno a nivel mundial, que puede ser transmitido a través de la cadena alimentaria. El objetivo del estudio ha sido evaluar la importancia de la cadena alimentaria en la transmisión de estas cepas. Se realizó una revisión bibliográfica utilizando la base de datos “Medline” a través del “Pubmed”, por la cual se accedieron a los estudios más relevantes publicados en revistas científicas sobre *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina en animales de abasto y alimentos. Los resultados muestran que es el cerdo el animal más comúnmente colonizado y la cepa ST398 la más frecuente, si bien ha sido aislado de otros animales de granja, en personas en contacto directo con ellos y en diversos alimentos, en especial carne y productos lácteos. Es necesario realizar medidas de prevención en los reservorios animales, para un mayor control de estas cepas multirresistentes.

Palabras clave: *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina, SARM, animales, alimentos, prevención.

ABSTRACT

Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) is a Gram-positive bacterium resistant to a wide variety of antibiotics and an important pathogen worldwide, which can be transmitted through the food chain. The objective of this study has been to evaluate the importance of the food chain in the transmission of these strains. A bibliographic review was performed using the "Medline" database with the "Pubmed" tool, where the most relevant studies published in scientific journals on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in food and feed animals were available. The results show that the pig is the most commonly colonized animal and the ST398 strain is the most frequent, although it has been found in other farm animals, in people in direct contact with them and in various foods, especially meat and dairy products. It is necessary to perform different prevention measures in animal reservoirs, in order to have greater control of these multi-resistant strains.

Keywords: *Staphylococcus aureus* Methicillin-resistant, MRSA, animals, foods, prevention.

1. INTRODUCCIÓN

Staphylococcus aureus resistente a la meticilina (SARM) es una bacteria Gram positiva resistente a una gran variedad de antibióticos y un importante patógeno a nivel mundial, causando desde infecciones leves de la piel hasta enfermedades invasivas (1, 2, 3, 4).

Se caracteriza por ser un microorganismo aerobio facultativo, capaz de tolerar un amplio rango de temperaturas y de pH, al igual que concentraciones salinas de hasta un 20% de NaCl. Sus colonias son pequeñas, lisas, opacas y convexas, y puede generar ácido al fermentar glucosa o manitol, además de producir β -hemólisis en *Agar Sangre* (5).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera que la adquisición de genes resistentes a los antibióticos en patógenos humanos y animales es uno de los principales problemas de salud pública y a SARM como uno de los más preocupantes, además de fijar como objetivo prioritario el uso adecuado de antimicrobianos en la práctica clínica (6).

La epidemiología de SARM ha cambiado radicalmente en las últimas décadas: inicialmente era un patógeno que producía solo infecciones hospitalarias (HA-SARM) (7, 8), pasando después a producir infecciones a nivel comunitario (CO-SARM) (1, 3, 7, 9, 10, 11, 12).

Posteriormente, ha aparecido un tercer grupo de cepas que se ha extendido a nivel mundial y al que han asociado directamente con animales de granja (cerdo, vaca, pollo) o de compañía (LA-SARM) (1, 3, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14). La primera colonización de SARM en cerdos fue comunicada en Holanda (15), donde se consideró como posible fuente de infección a humanos. Desde ese momento, se ha visto que el ganado porcino es de donde se aísla con más frecuencia esta cepa (LA-SARM), siendo el tipo molecular ST398 la cepa dominante (4, 8, 11, 13, 16). También se puede encontrar en alimentos como carnes crudas de aves, cerdo y al por menor, leche y derivados o productos pesqueros (3, 12) y, por lo tanto, los genes de resistencia que portan pueden penetrar en la cadena alimentaria, lo que ha aumentado la preocupación en torno a estos reservorios (2, 3, 9, 11, 14, 17, 18).

Generalmente, LA-SARM se asocia con problemas de índole cutánea al provocar infecciones profundas en la piel y otros tejidos blandos, neumonía e incluso septicemia (5, 11), por lo que, cuando su prevalencia en ganadería es alta, aquellas personas en contacto directo con animales infectados (personal de centros de producción y sacrificio, ganaderos, veterinarios, además de sus familiares) tienen mayor riesgo a sufrir dichas patologías en comparación con el resto de la comunidad (3, 5, 11, 18, 19).

La aparición de bacterias resistentes asociadas al ganado y a alimentos, se relaciona con el uso inadecuado de antimicrobianos en la práctica veterinaria (5, 11, 12), al comercio internacional incontrolado de alimentos, y a las malas condiciones higiénicas de granjas y mataderos, donde los animales sanos y enfermos se encuentran estabulados juntos (5, 11); lo que favorece la transmisión de genes de multiresistencia a través de la cadena alimentaria y el medio ambiente (11, 12, 17).

La "European Food Safety Authority (EFSA)" realizó un estudio completo acerca de la prevalencia del SARM en las explotaciones porcinas de 24 estados miembros de la UE, donde se

sitúa a los valores españoles en torno al 46% (20).

Considerando la importancia de estas bacterias multirresistentes en la seguridad de los alimentos, hemos querido realizar esta revisión bibliográfica.

2. OBJETIVOS

Objetivo general:

Estudiar la importancia de la cadena alimentaria en la transmisión de cepas de *Staphylococcus aureus* resistente a la Meticilina (SARM).

Objetivos específicos:

- ✓ Conocer la importancia del ganado porcino como reservorio de SARM.
- ✓ Estudiar la importancia de otros animales de abasto como reservorios de SARM.
- ✓ Conocer la importancia de los alimentos como reservorios de SARM.
- ✓ Estudiar las principales medidas preventivas para SARM desde la cadena alimentaria.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica utilizando la base de datos “Medline” a través del “Pubmed”, por la cual se accedieron a los estudios más relevantes publicados en revistas científicas sobre *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina en animales de abasto y alimentos, además de consultar la página de la Organización Mundial de la Salud (6).

La selección de dichos artículos se realizó a través de la información que nos conferían su título y “Abstract”, descartando fácilmente todos aquellos que no estuviesen relacionados con el tema y facilitando así las labores de búsqueda.

Los términos utilizados como filtro fueron “*MRSA* (Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*) and...” en combinación con las “palabras clave”: *pig, swine, food, animals, prevention*.

Los criterios de inclusión y exclusión se muestran en la *Tabla 1*:

✓ Criterios de inclusión:

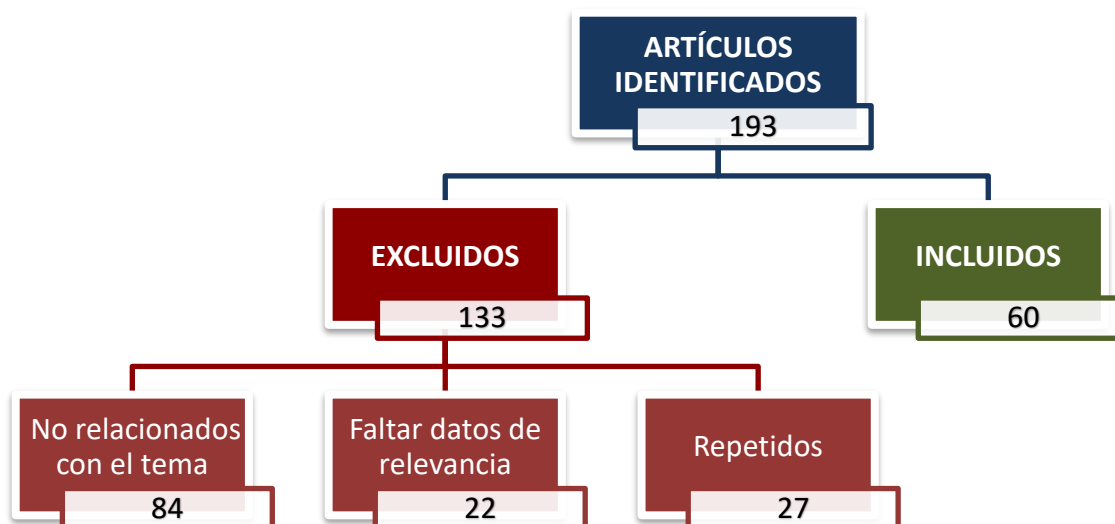
- Artículos incluidos en la base de datos.
- Publicados entre 2009 y 2019.
- Idioma en español e inglés.
- Con artículo completo para su consulta.
- Artículos de revisión y estudios originales.

☒ Criterios de exclusión:

- Artículos repetidos.
- Sin denotada relevancia.
- Sin artículo completo para su consulta.
- Con más de 10 años desde su publicación.
- No relacionados con el tema tratado.

4. RESULTADOS

En la *Figura 1* se observan las fuentes bibliográficas utilizadas para la revisión.



4.1. SARM EN GANADO PORCINO

En la *Tabla 2* aparecen reflejadas las prevalencias de SARM obtenidas en diferentes estudios en el ganado porcino y/o en el personal a cargo de su cuidado. En ella observamos que se obtuvieron aislamientos de esta bacteria tanto en granjas como en mataderos de diversos países, además de que existe una prevalencia muy dispar.

Tabla 2. Estudios de prevalencia y tipo de cepa de SARM en ganado porcino.

AUTOR Y AÑO	PAÍS	Nº DE MUESTRAS	PREVALENCIA	TIPO DE CEPA
Reynaga et al., 2016 (21)	España (Osona, Cataluña)	Frotis nasales de: 200 cerdos 140 trabajadores (20 granjas)	<u>Cerdos</u> : 46,0% ♀: 50,5% ♂: 41,4% <u>Criadores</u> : 57,9%	ST398 tipo <i>spa</i> t011 (62%) (+ otros)
Mroczkowska et al., 2017 (22)	Polonia	Aprox. 9.000 hisopos nasales de humano, cerdo y polvo de 123 granjas	38%	CC398 (73%) CC9 (13%) CC30/ST433 (6%)
Conceição et al., 2017 (23)	Portugal	101 muestras nasales (2 granjas)	<u>Cerdos</u> : 99% <u>Trabajador</u> : 80% <u>Familia</u> : 25%	ST398 con <i>spa</i> tipo: t011 (57%) y t108 (42%)
Unnerstad et al., 2017 (24)	Suecia	2011: 4734 cerdos en 789 corrales 2014: 3444 cerdos en 574 corrales	2011: 0% 2014: 0%	LA-SARM

Sahibzada et al., 2017 (25)	Australia	52 humanos 31 cerdos 6 ambiente (2 granjas)	<u>Humano</u> : 60% (granja A: 53% y granja B: 64%) <u>Cerdos</u> : 74% <u>Ambiente</u> : 63%	CA-SARM ST93 LA-SARM ST398
Wang et al., 2017 (26)	China	961 frotis nasales de cerdos (49 granjas)	5,80%	CC9-ST9-t899-MC2236 + otras 56 cepas: 3 STs (ST9, ST1376, ST398), y 1 tipo <i>spa</i>
Jayaweera et al., 2017 (27)	Sri Lanka (Anuradhapura)	188 hisopo nasal y perianal (62 cerdo, 64 pollo y 62 vaca) 188 nasal y axilar de 94 humanos	<u>Cerdo</u> : 26,6% <u>Criadores</u> : 26,6%	-
Ivbule et al., 2017 (28)	Letonia	100 cerdos 105 canales 19 trabajadores 24 ambiente	8,0 - 88,6% (Mayor prevalencia a mayor capacidad del matadero)	Tipo <i>spa</i> t01333 (+ otros 15 tipos <i>spa</i> : ST398 t011, ST398 t808, ST9 t11774, ST9 t337)
Sun et al., 2017 (29)	EE. UU.	Nasales de 66 veterinarios en contacto con cerdos	9,5%	ST398 t034 ST5 t002 ST9 / ST398 t337
Angen et al., 2017 (30)	Dinamarca (Copenhague)	34 personas tras 1h en una granja que era SARM (+) Hisopo nasal, garganta y aire	<u>Tras salir</u> : 94% personas (+) <u>Tras 2h</u> : 5% de muestras (+) <u>Tras 48h</u> : 6% personas (+)	-
Roberts et al., 2018 (31)	Nepal (Katmandú)	282 (Nasal de cerdo)	2,1%	ST22 y ST88
Sahibzada et al., 2017 (4)	Australia	52	60%	ST398 (cepa porcina) ST93 (cepa humana)
Van Lochem et al., 2018 (32)	Sudáfrica	450 cerdos	12%	LA-SARM
Guo et al., 2018 (33)	China (Jiangmen)	1.458 frotis nasales (9 granjas y 3 mataderos)	3,3%	CC9 (ST9)
Sieber et al., 2018 (34)	Dinamarca	288 cerdos (209 granjas y 79 humanos en contacto)	<u>Granjas de cría</u> : 2008: 0% 2014: 71,8% <u>Granjas de producción</u> : 2008: 3,5% 2010: 16,2% 2014: 67,6% <u>Humanos</u> : 2008: 16% 2014: 21%	<u>Granjas productoras</u> : CC398 <u>Granjas de cría</u> : CC398 (69,7%) CC1 (en 5 granjas)

Strube et al., 2018 (35)	Dinamarca (Ringsted)	120 muestras (oreja, nariz, piel dorsal y ventral de 30 cerdos)	- (2,7% de <i>Staphylococcus</i>)	No se pudo distinguir entre <i>S. aureus</i> y SARM por estudiar el gen <i>tuf</i> y no <i>MecA</i>
Otalu et al., 2018 (36)	Nigeria (Kogi)	680 hisopo nasal: 425 de cerdo, 55 humanos en contacto y 200 sin contacto (12 granjas)	4,7% cerdos 2,4% humanos con contacto 4,6% humanos sin contacto	ST88 tipo <i>spa</i> t1603 (CA-SARM que posiblemente pasó de humano a cerdo)
Schulz et al., 2019 (13)	Dinamarca	57 manadas	88%	LA-SARM
Elstrøm et al., 2019 (37)	Noruega	38 aislamientos: 9 cerdos, 1 oveja, y 28 de 27 personas (1 persona tuvo 2 SARM)	-	LA-SARM CC1 tipo <i>spa</i> t177 (y t127 en algunas personas)
Pirollo et al., 2019 (38)	Italia (Calabria)	475 (32 granjas)	46,1%	ST398: t011 (37,0%) t034 (22,4%) t899 (15,1%)
Abreu et al., 2019 (12)	España (Tenerife)	125 cerdos (matadero)	89,6%	ST398
Founou et al., 2019 (39)	Camerún y Sudáfrica	288 muestras: 432 cerdos (nasal y rectal) 82 humanos (hisopos de manos y nasales)	<u>Camerún</u> : 0,07% <u>Sudáfrica</u> : 18,18% <u>Humano</u> : 0%	LA-SARM ST398 tipo <i>spa</i> t011

A pesar de que en algunos estudios como el realizado en Suecia (24) o Dinamarca (34) no se encontró a esta bacteria en ninguna de las muestras estudiadas, en la mayoría de los estudios sí se han obtenido resultados positivos, aunque con variaciones muy notables entre las prevalencias halladas. De entre todos los estudios recogidos en la *Tabla 2*, las regiones que han dado los resultados más bajos han sido: Camerún (0,07%) (39), Nepal (2,1%) (31), China (5,8% y 3,3%) (26, 33), Nigeria (4,7%) (36), Dinamarca (3,5% y 16,2%) (34) y Sudáfrica (12% y 18,18%) (32, 39). En estos estudios observamos que las prevalencias fueron todas inferiores al 20% y que la zona geográfica no fue un factor determinante, pues se da en países de distintos continentes. Cabe destacar que en todos los casos las muestras procedían de hisopos nasales y rectales (39) tomadas de cerdos estabulados en granjas o mataderos (33).

Otros estudios que presentan una prevalencia inferior al 50% fueron realizados en Sri Lanka (26,6%) (27), Polonia (38%) (22), y España (46%) (21). También todas las muestras recogidas eran nasales y de otras zonas corporales (27).

El resto de los estudios tratados destacan por una más elevada prevalencia, como dos de Australia con valores del 60% y 74% (4, 25), y uno en Dinamarca (67,6% y 71,8%) (34); y otros que llegan a alcanzar valores del 90%, como en Dinamarca (88%) (13), España (89,6%) (12) y Portugal (99%) (23).

A pesar de que tres estudios no indican en sus resultados el valor exacto de prevalencia obtenida (28, 35, 37), se han tenido en cuenta por analizar otros aspectos, como que la capacidad de sacrificio del matadero aumenta el valor de prevalencia esperado (28), que la resistencia antibiótica está relacionada con el gen *MecA* (35) o por incluir varias especies ganaderas (37).

Si nos referimos a los tipos de cepas halladas, la encontrada con mayor frecuencia fue la denominada CC398 (o ST398) con sus diversas variantes de *spa*, pues es la típicamente relacionada con este tipo de ganado (4, 12, 21, 22, 23, 25, 26, 28, 29, 34, 38, 39), pero también fue común encontrar otros clones diferentes. La siguiente cepa más frecuente fue la CC9 (o ST9) (22, 26, 28, 29, 33); seguida de tales como la variante humana ST93 (4, 25), ST88 (31, 36), CC1 (34, 37), ST22 (31), ST5 (29), ST1376 (26) y la CC30 (22).

Es importante reseñar, que en algunos estudios no se determinó la cepa exacta de la que se trataba, calculando la prevalencia de LA-SARM de manera general (13, 24, 27, 30, 32, 35).

En la mayoría de los estudios se indica que una de las causas fundamentales de la elevada frecuencia de estas cepas de LA-SARM es el escaso control de antibióticos a nivel del ganado (12, 22, 23, 24, 27, 38, 39).

Además de estudiar el comportamiento de las cepas en el ganado porcino, en algunos se analizaron muestras de tipo ambiental (22, 25, 28, 30) y humanos, tomadas de individuos que estuvieran trabajando con cerdos colonizados, como veterinarios o criadores, a fin de investigar cómo se produce la transmisión a este tipo de población, encontrando que trabajar con animales es un factor de riesgo para adquirir SARM (21, 22, 25, 27, 28, 29, 34, 36, 39).

4.2. SARM EN OTROS ANIMALES DE ABASTO

Como hemos mencionado, a pesar de que el reservorio principal de SARM es el humano, han ganado importancia en los últimos años otros animales además del cerdo, como bóvidos, aves y animales de compañía (5), debido a la domesticación y globalización de la industria ganadera (2).

En la *Tabla 3* se recogen los datos obtenidos de estudios efectuados en otros animales de granja, siendo principalmente aves y bovinos. En ella se resumen las prevalencias obtenidas para cada especie, además de personas en contacto con ganado colonizado en varios países.

Tabla 3. Estudios de SARM en diferentes animales de abasto.

ANIMAL	AUTOR Y AÑO	PAÍS	Nº DE MUESTRAS	PREVALENCIA	TIPO DE CEPA
Aves (+ cerdo)	Rasamiravaka et al., 2017 (40)	Madagascar	180 criadores de aves y cerdos (frotis nasal)	25%	-
Aves y bovinos (+ cerdo)	Wang et al., 2017 (27)	Sri Lanka (Anuradhapura)	64 pollos 62 bovinos 62 cerdos (nasal y perianal) 94 humanos (nasal y axila)	<u>Aves</u> : 8,3% <u>Avicultor</u> :13,3% <u>Bovinos</u> : 8,3% <u>Ganaderos</u> : 3%	-
Ovejas y vacas (+ otros animales)	Agabou et al., 2017 (41)	Argelia	40 vacas y 43 ovejas (nasales) (+ 20 humanos y otros animales)	<u>Ovejas</u> : 9,3% <u>Vacas</u> : 0%	ST80 (ovejas) (+ otras cepas según la especie)
Pollo y pato (+ cerdo)	Liu et al., 2018 (42)	China (provincia de Henan)	70 pollos y 42 patos (+86 cerdos, 92 humanos y 350 leche)	<u>Pollo</u> : 1,43% <u>Pato</u> : 0%	Cap 5 t15075 y t189 (entre otros)
Aves	Nworie et al., 2017 (43)	Nigeria (Ebonyi)	900 pollos y 900 gallinas de 9 granjas (nasales y cloaca)	<u>Pollos de engorde</u> : 1,2% <u>Gallinas ponedoras</u> : 0,4%	3 tipos <i>spa</i> : t002 (ST5, ST15 y ST121) ST15 t084 ST5 t11469
Vacas	Bietrix et al., 2019 (44)	Francia (Meurthe-et-Moselle)	180 vacas de 18 granjas (hisopo nasal, rectal y de leche)	22%	CC130 tipo <i>spa</i> t1736
Bovino, ovino y caprino	Mama et al., 2019 (45)	España (La Rioja)	117 (nasal de matadero) 72 terneros 37 corderos 8 cabras	<u>Terneros</u> : 50% <u>Corderos</u> : 54% <u>Cabras</u> : 21%	ST8 t5173

Como podemos observar en la *Tabla 3*, las prevalencias varían según la especie animal de la que estemos hablando, por lo que es necesario tratarlas por separado a la hora de analizar los resultados.

Con respecto al ganado bovino, este es el que presenta un mayor número de estudios junto con el aviar. A pesar de que en el estudio realizado en Argelia (41), no se halló SARM en este tipo de ganado, en el resto de investigaciones existieron variaciones en los datos de prevalencia obtenidos. Los siguientes estudios con menores cifras de prevalencia fueron los de Sri Lanka (8,3%) (27), donde a pesar de que no se nos indica la cepa exacta, se nos expone que el riesgo para la cría de cerdos es 2,4 veces mayor que en bóvidos y aves; seguido por Francia (22%) (44); y España (50%) (45), cuyos investigadores obtuvieron el dato más alto de la tabla

para este tipo de animal, a la vez que trabajaron con otras especies, como cabras (21%) y ovejas (54%), estas últimas también estudiadas en Argelia (9,3%) (41).

De igual modo, el ganado aviar también supone un reservorio importante, obteniendo prevalencias que oscilan entre valores cercanos al 0% (Nigeria, 0,8%) (43) y el 25% (Madagascar) (40). En el caso del primero, los investigadores hacen distinción entre dos tipos de ave, siendo menor la prevalencia de las gallinas (0,4%) frente a la de los pollos (1,2%). Algo similar ocurre con el realizado en China (42), donde además de estudiar cerdos, pacientes hospitalarios y leche, también separan los resultados por especies avícolas: pollo (1,43%) y pato (0%).

Cabe destacar sobre estos estudios en aves, que algunos no especificaban la cepa exacta, sino únicamente que la bacteria colonizadora era SARM (27, 40). Además, paralelamente ambos estudios analizaron muestras nasales de cerdos (27, 40) y de cuidadores de sendos ganados (27), obteniendo valores del 13,3% para avicultores y del 3% para ganaderos.

Si nos referimos a las cepas estudiadas de la *Tabla 3*, a diferencia de en cerdos, donde había una predominancia de la variante ST398 frente a otras menos comunes, para el resto de animales de abasto no existe una hegemonía al respecto, al tratarse de especies de fauna tan diversa entre sí. Las cepas halladas en dichos estudios son: CC130 (44), ST8 (45), Cap5 (42), ST80 (41) y ST5, ST15 y ST121 (43); todas ellas son sus correspondientes tipos de *spa*.

4.3. SARM EN ALIMENTOS

En la siguiente *Tabla 4* se resumen diferentes estudios realizados en alimentos de diversa índole y de varios países. Como se puede observar, existe una gran discrepancia tanto en las prevalencias obtenidas como en las cepas halladas, pues no se aprecia un patrón claro; variando desde el 0,33% al 26%, si bien destacan por ser inferiores a las encontradas en ganado y por la gran variabilidad de cepas.

Tabla 4. Estudios de SARM en alimentos.

ALIMENTO	AUTOR Y AÑO	PAÍS	Nº DE MUESTRAS	PREVALENCIA	TIPO DE CEPAS
Productos lácteos	Asiimwe et al., 2017 (46)	Uganda (Kiruhura)	356 lácteos de 196 granjas (148 leche, 117 <i>ghee</i> y 91 leche agria)	<u>TOTAL</u> : 6,5% <u>Leche</u> : 4,21% <u>Ghee</u> : 0% <u>Leche agria</u> : 2,25%	ST398 t7753, t1398 y t2112 (entre otros)
Carne (pato, pavo, cerdo...) Lácteos Huevos Pescado	Rodríguez-Lázaro et al., 2017 (47)	España (Aeropuerto Internacional de Bilbao) Austria (Aeropuerto Internacional de Viena)	868 muestras: <u>España</u> : 263 <u>Austria</u> : 595 (408 carnes, 447 lácteos, 7 huevos y 6 pescados)	<u>España</u> : 7,2% <u>Austria</u> : 0,8%	ST5 (+ otras: ST8, ST164, ST1, ST7, ST22, ST72, ST97 y ST398)

Alimentos del mercado minorista	Wang et al., 2017 (26)	China	316 alimentos	4,74%	CC9-ST9-t437-MC621 + 7 ST (ST9, ST630, ST338, ST59, ST398, ST10, ST903) y 8 tipos de <i>spa</i>
Leche de oveja	Giacinti et al., 2017 (48)	Italia	286 tanques de granjas lecheras	0,7%	ST1 t127 ST130 t843
Leche cruda	Liu et al., 2017 (49)	China	195 de leche (195 granjas)	8,21%	-
Leche cruda	Mohammed et al., 2018 (50)	Tanzania (Morogoro)	117 leche cruda de bovino	4,4%	Tipo <i>spa</i> t2603
Leche (convencional y orgánica)	Tenhagen et al., 2018 (51)	Alemania	675 tanques de leche: 372 convencional y 303 orgánica	<u>Leche convencional:</u> 9,7% <u>Leche orgánica:</u> 1,7%	CC398 (92,7%)
Leche cruda	Liu et al., 2018 (42)	China (provincia de Henan)	350 de leche cruda (+ 86 cerdo, 70 pollo, 42 pato, 92 humano)	<u>Leche:</u> 0,29%	Cap 5 t15075 y t189 (entre otros)
Quesos artesanales	Adame-Gómez et al., 2018 (52)	México	78	18,1%	Biotipo <i>ecovar humano</i> (25%) y <i>ecovar D</i> (50%)
Alimentos al por menor	Wu et al., 2019 (53)	China	4.300	7,4%	▪ CC59 (ST59, ST338 y ST3355 con <i>spa</i> : t437, t441, t543, t163, t1785, t3485) ▪ ST9 t899 (+ otras cepas)
Alimentos listos para comer Carne cruda Pescado	Islam et al., 2019 (54)	Bangladesh (Dhaka)	162 muestras: 112 alimentos y 40 carnes y pescados	26%	ST80, ST6, ST239 y ST361 (con <i>spa</i> : t1198, t315, t037, t275, t304, t8731 y t10546)
Carne y productos cárnicos crudos	Cuny et al., 2019 (55)	Alemania	286 carniceros y vendedores (26 carnicerías) 319 cocineros (16 comedores)	0,33%	CC5, CC7, CC8, CC9 y CC398 (con <i>spa</i> t084, t091 y t008)
Leche cruda y productos lácteos	Titouche et al., 2019 (56)	Argelia (Tizi Ouzou)	270 muestras (190 leche, 24 mantequilla, 24 <i>rayeb</i> , 29 <i>l'ben</i>)	4,1%	ST8 tipo <i>spa</i> t024

Alimentos	Karimi Dehkordi et al., 2019 (57)	Irán	-	15,5% (0-32%)	SARM
Leche	Kadlec et al., 2019 (58)	Alemania	14.924	0,09% (14/14.924)	LA-SARM CC398

Como se aprecia en la *Tabla 4*, las prevalencias obtenidas en cada estudio van a cambiar en función del tipo de alimento que estemos analizando o de si está crudo, cocinado o listo para su consumo, por lo que es preciso hacer un análisis de los datos agrupándolos por similitudes.

Cabe destacar, que en algunos estudios no se especifica el tipo de alimento muestreado, solo que se trata de un “alimento listo para consumo” o “alimento al por menor” (26, 53, 57), o en caso de especificarlo, dichos datos no son analizados por separado, sino que los exponen de manera conjunta y/o resumidos, (47, 54), lo que complica la obtención de conclusiones por nuestra parte. A pesar de ello, los resultados son bastante reveladores, encontrándose prevalencias desde el 0-32% en Irán (57), al 4,74% (26) y 7,4% (53) de China. Además, los otros dos estudios nombrados (47, 54), hacen análisis muy amplios, donde el primero estudió alimentos de origen animal (carnes, lácteos, huevos y pescado) confiscados a pasajeros de los Aeropuertos Internacionales de Viena en Austria (0,8%) y de Bilbao en España (7,2%) (47). El otro estudio analizó alimentos listos para consumir, carnes y pescado, obteniendo la prevalencia más alta de la tabla (26%), por lo que concluyó que dichos resultados proponen un riesgo potencial existente para los consumidores de alimentos callejeros de esa región (54).

Con respecto a los productos lácteos, estos son los más estudiados, analizando muestras que van desde la propia leche, a derivados como el queso, donde destaca el realizado en productos artesanales de México con una prevalencia del 18,1% (52); la mantequilla, el *rayeb* y el *l'ben* en Argelia con prevalencias en torno al 4,1% (56); y el *ghee* de Uganda (0%) (46); además de algunos no especificados (47). Con respecto a los que han analizado diferentes tipos de leche, estos son los más frecuentes, destacando por ser bastante bajas, inferiores en todos los casos al 10%. En este punto, cabe destacar el realizado en Alemania (58), cuyos autores toman los datos casi a título anecdótico al ser tan bajos (0,09%). Los siguientes estudios con menores prevalencias fueron el de China (0,29%) (42), seguido por el 0,7% en leche de ovejas italianas (48), Tanzania (4,4%) (50), Uganda (6,5%) (46), China (8,21%) (49) y Alemania (9,7%) (51). De manera particular, dos de estos estudios dividen a su vez la leche en otros subtipos, separando sendas prevalencias a la hora de realizar conclusiones como leche cruda (4,21%) y agria (2,25%) (46) o en orgánica (1,7%) y convencional (9,7%) (51).

Pasando a los alimentos cárnicos y derivados, estos vuelven a aparecer en estudios ya mencionados (47, 54), pero además en Alemania se investigó el impacto que acarrea la manipulación de alimentos contaminados de manera indirecta (55), obteniendo una prevalencia del 0,33%.

También se encontraron estudios sobre otros alimentos como pescados y mariscos (47, 54) y huevos (47) pero estos presentan una colonización inferior por SARM, por lo que su impacto posee menor relevancia.

Con respecto a las cepas halladas en los estudios recogidos en la *Tabla 4*, destacan por su amplia variedad, encontrándose algunas variantes que ya han aparecido con anterioridad en el ganado, como la ST398 (26, 46, 47, 51, 55, 58); la CC9 (26, 53, 55); la ST5 (47, 55) y la CC1 (47, 48). Además de estas, aparecieron otras como la ST8 (47, 55, 56) y la ST59 y ST338 ambas halladas únicamente en estudios chinos (26, 53), entre otras muchas; y a su vez todas ellas variaban según su tipo de *spa*, enriqueciendo aún más los resultados obtenidos.

Igualmente, en este punto cabe indicar que hubo un estudio que poseía una nomenclatura diferente para denominar las cepas encontradas, refiriéndose a ellas como “Biotipo ecovar humano” y “Biotipo ecovar D” (52), con lo que no se pudo comparar con el resto de estudios.

4.4. PREVENCIÓN Y CONTROL DE CEPAS DE SARM EN LA CADENA ALIMENTARIA

A causa del incremento de infecciones por SARM a nivel mundial, especialmente de la cepa ST398, se hace cada vez más necesarias medidas preventivas tanto para evitar la introducción del microorganismo en recintos ganaderos, como la transmisión dentro de los mismos, a fin de controlar futuras transmisiones y evitar que estas causen infecciones endémicas (17, 59).

Por ello, dada la capacidad de supervivencia ambiental de este microorganismo, hace que correctos hábitos higiene durante la manipulación de los animales afectados, jueguen un importante papel para evitar la transmisión (5). A pesar de que en estudios donde se analizan las técnicas de limpieza y desinfección actuales se haya visto que no eliminan completamente al microorganismo, estas resultan adecuadas para reducir la contaminación ambiental, por lo que usadas de manera continua y en adición a otras medidas como un correcto lavado de manos, uso de mascarillas y ropa adecuadas (10, 16) y limpieza de los utensilios, ayudarían eficazmente a la propagación dentro del recinto afectado, pues el contacto directo con dichos animales resulta ser el factor más importante (59).

Otro factor a tener en cuenta es el desplazamiento de los animales desde la granja al matadero (1, 18), pues se ha observado que la colonización aumenta tras usar transportes no desinfectados correctamente, por lo que actuar a este nivel también resultaría una buena medida de prevención (1, 60).

La OMS considera que el factor de riesgo más importante de la colonización del ganado con esta bacteria multirresistente es el mal uso de los antibióticos y que la principal medida de prevención debe ser la utilización racional de los mismos (6). Diversos autores postulan en sus estudios en este mismo sentido (14, 22, 59).

5. CONCLUSIONES

1. *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina (SARM) se ha aislado en una gran variedad de animales de granja y alimentos derivados, así como en trabajadores del sector, por lo que la cadena alimentaria supone un riesgo para la entrada de bacterias multirresistentes a la salud humana.
2. En el ganado porcino es donde se ha aislado más frecuentemente estas cepas, con una gran variedad de prevalencias, siendo la ST398 la más común, aunque no la única descrita a nivel mundial.
3. El ganado vacuno, aviar, caprino, entre otros, también es reservorio de cepas de SARM, si bien la prevalencia en estos animales suele ser inferior al porcino.
4. SARM ha sido aislado en un gran número de alimentos de origen animal, destacando derivados cárnicos y lácteos. En dichos alimentos se han descrito una amplia variedad de clones según el tipo de alimento, origen del mismo y región geográfica, entre otros factores.
5. El aumento de la prevalencia de esta bacteria se debe principalmente al mal uso de antibióticos en la práctica veterinaria, al hacinamiento de los animales en granjas y a la falta de correctas medidas de higiene y desinfección de los materiales usados, tanto para el manejo de los animales como para su transporte.
6. Es necesario realizar medidas de prevención en los reservorios animales, con un mayor control en el uso de antibióticos, mejora en las medidas de higiene en las instalaciones ganaderas, a la vez que aumentar la detección y vigilancia de estas cepas multirresistentes en toda la cadena alimentaria.

6. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Morcillo A, González JC, Castro B, Rodríguez-Álvarez C, Sierra A y Arias Á. Prevalencia de *Staphylococcus aureus* resistentes a meticilina (SARM) en la cabaña porcina de Tenerife. *Hig Sanid Ambient.* 2010; 10: 664-668.
- (2) Aires-de-Sousa M. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* among animals: current overview. *Clin Microbiol Infect.* 2017 Jun;23(6):373-380. doi: 10.1016/j.cmi.2016.11.002.
- (3) Sergelidis D, Angelidis AS. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: a controversial food-borne pathogen. *Lett Appl Microbiol.* 2017 Jun;64(6):409-418. doi: 10.1111/lam.12735.
- (4) Sahibzada S, Hernández-Jover M, Jordan D, Thomson PC, Heller J. Emergence of highly prevalent CA-MRSA ST93 as an occupational risk in people working on a pig farm in Australia. *PLoS One.* 2018 May 2;13(5):e0195510. doi: 10.1371/journal.pone.0195510.
- (5) Abreu R, Morcillo A, González JC, Castro B, Pérez C, Rodríguez F, Arias A. Detección y caracterización molecular de *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina aislados de cerdo negro canario. *Hig San Ambient.* 2011; 11: 752 - 758.
- (6) WHO. World Health Organization; Geneva, Switzerland: 2017. Guidelines on Use of Medically Important Antimicrobials in Food-Producing Animals. Available online: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK487966/>. [accessed on 22 March 2019].
- (7) van Cleef BA, Verkade EJ, Wulf MW, Buiting AG, Voss A, Huijsdens XW, et al. Prevalence of Livestock-Associated MRSA in Communities with High Pig-Densities in The Netherlands. *PLoS One.* 2010 Feb 25;5(2):e9385. doi: 10.1371/journal.pone.0009385.
- (8) Li J, Jiang N, Ke Y, Feßler AT, Wang Y, Schwarz S, Wu C. Characterization of pig-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Vet Microbiol.* 2017 Mar;201:183-187. doi: 10.1016/j.vetmic.2017.01.017.
- (9) Gordoncillo MJ, Abdujamilova N, Perri M, Donabedian S, Zervos M, Bartlett P. Detection of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in Backyard Pigs and Their Owners, Michigan, USA. *Zoonoses Public Health.* 2012 May;59(3):212-6. doi: 10.1111/j.1863-2378.2011.01437.x.
- (10) Merialdi G, Galletti E, Guazzetti S, Rosignoli C, Alborali G, Battisti A, et al. Environmental methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* contamination in pig herds in relation to the productive phase and application of cleaning and disinfection. *Res Vet Sci.* 2013 Jun;94(3):425-7. doi: 10.1016/j.rvsc.2012.10.020.
- (11) Morcillo A, Castro B, Rodríguez-Álvarez C, Abreu R, Aguirre-Jaime A, Arias Á. Descriptive analysis of antibiotic-resistant patterns of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*

- (MRSA) st398 isolated from healthy swine *Int J Environ Res Public Health*. 2015 Jan 12;12(1):611-22. doi: 10.3390/ijerph120100611.
- (12) Abreu R, Rodríguez-Álvarez C, Lecuona M, Castro B, González JC, Armando J, et al. Increased Antimicrobial Resistance of MRSA Strains Isolated from Pigs in Spain between 2009 and 2018. *Vet Sci*. 2019 Apr 4;6(2). pii: E38. doi: 10.3390/vetsci6020038.
- (13) Schulz J, Boklund A, Toft N, Halasa T. Effects of control measures on the spread of LA-MRSA among Danish pig herds between 2006 and 2015 - a simulation study. *Sci Rep*. 2019 Jan 24;9(1):691. doi: 10.1038/s41598-018-37075-8.
- (14) Moreno-Flores A, Potel-Alvarellos C, Francisco-Tomé M, Constenla-Caramés L, Pérez-Roth E, López-Cotón C, et al. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in swine housed indoors in Galicia, Spain. *Enferm Infecc Microbiol Clin*. 2019 May 10. pii: S0213-005X(19)30157-0. doi: 10.1016/j.eimc.2019.03.009.
- (15) Voss A, Loeffen F, Bakker J, Klaassen C, Wulf M. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in pig farming. *Emerg Infect Dis*. 2005 Dec;11(12):1965-6.
- (16) van Cleef BA, van Benthem BH, Verkade EJ, van Rijen MM, Kluytmans-van den Bergh MF, Graveland H, et al. Livestock-associated MRSA in household members of pig farmers transmission and dynamics of carriage, a prospective cohort study. *PLoS One*. 2015 May 18;10(5):e0127190. doi: 10.1371/journal.pone.0127190.
- (17) Morcillo A, Castro B, Rodríguez-Álvarez C, González JC, Sierra A, Montesinos MI, et al. Prevalence and characteristics of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in pigs and pig workers in Tenerife, Spain. *Foodborne Pathog Dis*. 2012 Mar;9(3):207-10. doi: 10.1089/fpd.2011.0982.
- (18) Schmithausen RM, Schulze-Geisthoevel SV, Stemmer F, El-Jade M, Reif M, Hack S, et al. Analysis of Transmission of MRSA and ESBL-E among Pigs and Farm Personnel. *PLoS One*. 2015 Sep 30;10(9):e0138173. doi: 10.1371/journal.pone.0138173.
- (19) García-Graells C, van Cleef BA, Larsen J, Denis O, Skov R, Voss A. Dynamic of livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* CC398 in pig farm households: a pilot study. *PLoS One*. 2013 May 31;8(5):e65512. doi: 10.1371/journal.pone.0065512.
- (20) European Food Safety Authority (EFSA). Analysis of the baseline survey on the prevalence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in holdings with breeding pigs, in the EU, 2008 [1] - Part A: MRSA prevalence estimates. *EFSA Journal* 2009; 7(11):1376. Doi: 10.2903/j.efsa.2009.1376.
- (21) Reynaga E, Navarro M, Vilamala A, Roure P, Quintana M, Garcia-Nuñez M, et al. Prevalence of colonization by methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* ST398 in pigs and pig farm workers in an area of Catalonia, Spain. *BMC Infect Dis*. 2016 Nov 28;16(1):716.

- (22) Mroczkowska A, Żmudzki J, Marszałek N, Orczykowska-Kotyń M, Komorowska I, Nowak A, et al. Livestock-associated *Staphylococcus aureus* on Polish pigfarms. PLoS One. 2017 Feb 2;12(2):e0170745c.
- (23) Conceição T, de Lencastre H, Aires-de-Sousa M. Frequent isolation of methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) ST398 among healthy pigs in Portugal. PLoS One. 2017 Apr 11;12(4):e0175340. doi: 10.1371/journal.pone.0175340.
- (24) Unnerstad HE, Wahlström H, Molander B, Bengtsson B. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* not detected in Swedish nucleus and multiplying pig herds. Infect Ecol Epidemiol. 2017 Apr 12;7(1):1313068. doi: 10.1080/20008686.2017.1313068.
- (25) Sahibzada S, Abraham S, Coombs GW, Pang S, Hernández-Jover M, Jordan D, et al. Transmission of highly virulent community-associated MRSA ST93 and livestock-associated MRSA ST398 between humans and pigs in Australia. Sci Rep. 2017 Jul 13;7(1):5273. doi: 10.1038/s41598-017-04789-0.
- (26) Wang W, Liu F, Baloch Z, Zhang CS, Ma K, Peng ZX, et al. Genotypic Characterization of Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* Isolated from Pigs and Retail Foods in China. Biomed Environ Sci. 2017 Aug;30(8):570-580. doi: 10.3967/bes2017.076.
- (27) Jayaweera JAAS, Kumbukgolla WW. Antibiotic resistance patterns of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) isolated from livestock and associated farmers in Anuradhapura, Sri Lanka. Germs. 2017 Sep 1;7(3):132-139. doi: 10.18683/germs.2017.1118.
- (28) Ivbule M, Miklaševičs E, Čupāne L, Bērziņa L, Bālinš A, Valdovska A. Presence of Methicillin-resistant *Staphylococcus Aureus* in Slaughterhouse Environment, Pigs, Carcasses, and Workers. J Vet Res. 2017 Sep 19;61(3):267-277. doi: 10.1515/jvetres-2017-0037.
- (29) Sun J, Yang M, Sreevatsan S, Bender JB, Singer RS, Knutson TP, et al. Longitudinal study of *Staphylococcus aureus* colonization and infection in a cohort of swine veterinarians in the United States. BMC Infect Dis. 2017 Oct 19;17(1):690. doi:10.1186/s12879-017-2802-1.
- (30) Angen Ø, Feld L, Larsen J, Rostgaard K, Skov R, Madsen AM, et al. Transmission of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* to Human Volunteers Visiting a Swine Farm. Appl Environ Microbiol. 2017 Nov 16;83(23). pii: e01489-17. doi: 10.1128/AEM.01489-17.
- (31) Roberts MC, Joshi PR, Greninger AL, Melendez D, Paudel S, Acharya M, et al. The human clone ST22 SCCmec IV methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* isolated from swine herds and wild primates in Nepal: is man the common source? FEMS Microbiol Ecol. 2018 May 1;94(5). doi: 10.1093/femsec/fiy052.

- (32) Van Lochem S, Thompson PN, Annandale CH. Prevalence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* among large commercial pig herds in South Africa. *Onderstepoort J Vet Res.* 2018 Jul 17;85(1):e1-e4. doi: 10.4102/ojvr.v85i1.1561.
- (33) Guo D, Liu Y, Han C, Chen Z, Ye X. Phenotypic and molecular characteristics of methicillin-resistant and methicillin-susceptible *Staphylococcus aureus* isolated from pigs: implication for livestock-association markers and vaccine strategies. *Infect Drug Resist.* 2018 Aug 23;11:1299-1307. doi: 10.2147/IDR.S173624.
- (34) Sieber RN, Skov RL, Nielsen J, Schulz J, Price LB, Aarestrup FM, et al. Drivers and Dynamics of Methicillin-Resistant Livestock-Associated *Staphylococcus aureus* CC398 in Pigs and Humans in Denmark. *MBio.* 2018 Nov 13;9(6). pii: e02142-18. doi: 10.1128/mBio.02142-18.
- (35) Strube ML, Hansen JE, Rasmussen S, Pedersen K. A detailed investigation of the porcine skin and nose microbiome using universal and *Staphylococcus* specific primers. *Sci Rep.* 2018 Aug 24;8(1):12751. doi: 10.1038/s41598-018-30689-y.
- (36) Otalú OJ, Kwaga JKP, Okolocha EC, Islam MZ, Moodley A. High Genetic Similarity of MRSA ST88 Isolated From Pigs and Humans in Kogi State, Nigeria. *Front Microbiol.* 2018 Dec 17;9:3098. doi: 10.3389/fmicb.2018.03098.
- (37) Elstrøm P, Grøntvedt CA, Gabrielsen C, Stegger M, Angen Ø, Åmdal S, et al. Livestock-Associated MRSA CC1 in Norway; Introduction to Pig Farms, Zoonotic Transmission, and Eradication. *Front Microbiol.* 2019 Feb 8;10:139. doi: 10.3389/fmicb.2019.00139.
- (38) Pirolo M, Gioffrè A, Visaggio D, Gherardi M, Pavia G, Samele P, et al. Prevalence, molecular epidemiology, and antimicrobial resistance of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* from swine in southern Italy. *BMC Microbiol.* 2019 Feb 26;19(1):51. doi: 10.1186/s12866-019-1422-x.
- (39) Founou LL, Founou RC, Allam M, Ismail A, Finyom Djoko C, Essack SY. Genome analysis of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* isolated from pigs: Detection of the clonal lineage ST398 in Cameroon and South Africa. *Zoonoses Public Health.* 2019 Aug;66(5):512-525. doi: 10.1111/zph.12586.
- (40) Rasamiravaka T, Andriatsitohanana TT, Rasamindrakotroka A. Evaluation of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* nasal carriage in Malagasy pig and poultry non-industrial farmers. *J Infect Dev Ctries.* 2017 Feb 28;11(2):129-135. doi: 10.3855/jidc.7650.
- (41) Agabou A, Ouchenane Z, Ngba Essebe C, Khemissi S, Chehboub MTE, Chehboub IB, et al. Emergence of Nasal Carriage of ST80 and ST152 PVL+ *Staphylococcus aureus* Isolates from Livestock in Algeria. *Toxins (Basel).* 2017 Sep 25;9(10). pii: E303. doi: 10.3390/toxins9100303.

- (42) Liu B, Sun H, Pan Y, Zhai Y, Cai T, Yuan X, et al. Prevalence, resistance pattern, and molecular characterization of *Staphylococcus aureus* isolates from healthy animals and sick populations in Henan Province, China. *Gut Pathog.* 2018 Jul 17;10:31. doi: 10.1186/s13099-018-0254-9.
- (43) Nworie A, Onyema AS, Okekpa SI, Elom MO, Umoh NO, Usanga VU, et al. A Novel Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* t11469 and a Poultry Endemic Strain t002 (ST5) Are Present in Chicken in Ebonyi State, Nigeria. *Biomed Res Int.* 2017;2017:2936461. doi: 10.1155/2017/2936461.
- (44) Bietrix J, Kolenda C, Sapin A, Haenni M, Madec JY, Bes M, et al. Persistence and Diffusion of *mecC*-Positive CC130 MRSA Isolates in Dairy Farms in Meurthe-et-Moselle County (France). *Front Microbiol.* 2019 Jan 30;10:47. doi: 10.3389/fmicb.2019.00047.
- (45) Mama OM, Gómez-Sanz E, Ruiz-Ripa L, Gómez P, Torres C. Diversity of staphylococcal species in food producing animals in Spain, with detection of PVL-positive MRSA ST8 (USA300). *Vet Microbiol.* 2019 Jun;233:5-10. doi: 10.1016/j.vetmic.2019.04.013.
- (46) Asiiimwe BB, Baldan R, Trovato A, Cirillo DM. Prevalence and molecular characteristics of *Staphylococcus aureus*, including methicillin resistant strains, isolated from bulk can milk and raw milk products in pastoral communities of South-West Uganda. *BMC Infect Dis.* 2017 Jun 13;17(1):422. doi: 10.1186/s12879-017-2524-4.
- (47) Rodríguez-Lázaro D, Oniciuc EA, García PG, Gallego D, Fernández-Natal I, Dominguez-Gil M, et al. Detection and Characterization of *Staphylococcus aureus* and Methicillin-Resistant *S. aureus* in Foods Confiscated in EU Borders. *Front Microbiol.* 2017 Jul 21;8:1344. doi: 10.3389/fmicb.2017.01344.
- (48) Giacinti G, Carfora V, Caprioli A, Sagrafoli D, Marri N, Giangolini G, et al. Prevalence and characterization of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* carrying *mecA* or *mecC* and methicillin-susceptible *Staphylococcus aureus* in dairy sheep farms in central Italy. *J Dairy Sci.* 2017 Oct;100(10):7857-7863. doi: 10.3168/jds.2017-12940.
- (49) Liu H, Li S, Meng L, Dong L, Zhao S, Lan X, et al. Prevalence, antimicrobial susceptibility, and molecular characterization of *Staphylococcus aureus* isolated from dairy herds in northern China *J Dairy Sci.* 2017 Nov;100(11):8796-8803. doi: 10.3168/jds.2017-13370.
- (50) Mohammed J, Ziwa MH, Hounmanou YMG, Kisanga A, Tuntufye HN. Molecular Typing and Antimicrobial Susceptibility of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* Isolated from Bovine Milk in Tanzania. *Int J Microbiol.* 2018 Mar 12;2018:4287431. doi: 10.1155/2018/4287431.
- (51) Tenhagen BA, Alt K, Pfefferkorn B, Wiehle L, Käsbohrer A, Fetsch A. Short communication: Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in conventional and organic

- dairy herds in Germany. *J Dairy Sci.* Abr 2018; 101 (4): 3380-3386. doi: 10.3168 / jds.2017-12939.
- (52) Adame-Gómez R, Toribio-Jimenez J, Vences-Velazquez A, Rodríguez-Bataz E, Santiago Dionisio MC, Ramirez-Peralta A. Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in Artisanal Cheeses in México. *Int J Microbiol.* 2018 Nov 18;2018:8760357. doi: 10.1155/2018/8760357.
- (53) Wu S, Huang J, Zhang F, Wu Q, Zhang J, Pang R, et al. Prevalence and Characterization of Food-Related Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in China. *Front Microbiol.* 2019 Feb 20;10:304. doi: 10.3389/fmicb.2019.00304.
- (54) Islam MA, Parveen S, Rahman M, Huq M, Nabi A, Khan ZUM, et al. Occurrence and Characterization of Methicillin Resistant *Staphylococcus aureus* in Processed Raw Foods and Ready-to-Eat Foods in an Urban Setting of a Developing Country. *Front Microbiol.* 2019 Mar 14;10:503. doi: 10.3389/fmicb.2019.00503.
- (55) Cuny C, Layer F, Hansen S, Werner G, Witte W. Nasal Colonization of Humans with Occupational Exposure to Raw Meat and to Raw Meat Products with Methicillin-Susceptible and Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus*. *Toxins (Basel).* 2019 Mar 30;11(4). pii: E190. doi: 10.3390/toxins11040190.
- (56) Titouche Y, Hakem A, Houali K, Meheut T, Vingadassalon N, Ruiz-Ripa L, et al. Emergence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) ST8 in raw milk and traditional dairy products in the Tizi Ouzou area of Algeria. *J Dairy Sci.* 2019 May 30. pii: S0022-0302(19)30466-7. doi: 10.3168/jds.2018-16208.
- (57) Karimi Dehkordi M, Ghasemi Shamsabadi M, Banimehdi P. The occurrence of *Staphylococcus aureus*, enterotoxigenic and methicillin-resistant strains in Iranian food resources: a systematic review and meta-analysis. *Ann Ig.* 2019 May-Jun;31(3):263-278. doi: 10.7416/ai.2019.2289.
- (58) Kadlec K, Entorf M, Peters T. Occurrence and Characteristics of Livestock-Associated Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* in Quarter Milk Samples From Dairy Cows in Germany. *Front Microbiol.* 2019 Jun 12;10:1295. doi: 10.3389/fmicb.2019.01295.
- (59) Broens EM, Espinosa-Góngora C, AM Graat E, Vendrig N, Van Der Wolf PJ, Guardabassi L, et al. Longitudinal study on transmission of MRSA CC398 within pig herds. *BMC Vet Res.* 2012;8:58. doi: 10.1186/1746-6148-8-58.
- (60) Broens EM, Graat EA, van der Wolf PJ, van de Giessen AW, van Duijkeren E, Wagenaar JA, et al. MRSA CC398 in the pig production chain. *Prev Vet Med.* 2011 Feb 1;98(2-3):182-9. doi: 10.1016/j.prevetmed.2010.10.010.