

Dr hab. Antoni PLUTA, prof. SGGW

Dr Monika GARBOWSKA

Dr hab. Lidia STASIAK-RÓŻAŃSKA

Dr hab. Anna BERTHOLD-PLUTA

Division of Milk Technology, Department of Food Technology and Assessment

Institute of Food Science

Warsaw University of Life Science, Poland

Zakład Technologii Mleka, Katedra Technologii i Oceny Żywności

Instytut Nauk o Żywności

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Polska

## WYBRANE ASPEKTY WYSTĘPOWANIA ENTEROKOKÓW W SERACH TRADYCYJNYCH®

### Selected aspects of enterococci presence in artisan cheeses®

**Słowa kluczowe:** *Enterococcus*, sery tradycyjne, patogenność, oporność na antybiotyki.

*Enterokoki są dobrze przystosowane do funkcjonowania w środowisku sera i wraz z innymi bakteriami mlekowymi stanowią grupę niestarterowych bakterii mlekowych. Ich aktywność proteolityczna i lipolityczna przyczynia się do rozwoju typowych właściwości sensorycznych serów. Dzięki wytwarzaniu bakteriocyn enterokoki wpływają na mikrobiotę sera, z jednej strony ograniczając ewentualny rozwój drobnoustrojów patogennych i powodujących psucie a z drugiej strony stymulują procesy autolityczne innych bakterii mlekowych. Dzięki tym cechom drobnoustroje te mają potencjał do stosowania jako kultury dodatkowe lub ochronne do serów. Niektóre gatunki *Enterococcus* wykazują cechy wirulencji i antybiotykoooporność i z tego powodu rodzaj ten nie posiada statusu QPS (qualified presumption of safety).*

**Key words:** *Enterococcus*, artisan cheeses, pathogenicity, antimicrobial resistance.

*Enterococci are well adapted to function in the cheese environment and, along with other lactic acid bacteria, constitute a group of non-starter lactic bacteria. Their proteolytic and lipolytic activity contributes to the development of typical sensory properties of cheeses. By producing bacteriocins, enterococci influence the cheese microbiota, on the one hand, limiting the possible development of pathogenic and spoilage microorganisms, and, on the other hand, stimulating the autolytic processes of other lactic bacteria. Due to these characteristics, enterococci have the potential to be used as adjunct or protective cultures for cheeses. Some *Enterococcus* species show virulence and antibiotic resistance and therefore the genus does not have qualified presumption of safety status (QPS).*

## WPROWADZENIE

Rodzaj *Enterococcus* wyodrębniono dopiero w latach 80-tych XX w., jednak większość gatunków do niego przypisanych znanych było od dawna jako streptokoki lub enterokoki. Rodzaj *Enterococcus* należy do rodziny *Enterococcaceae*. Obejmuje bakterie Gram-dodatnie, katalazo- i oksydazoujemne, nieprzetrwalnikujące, względnie beztlenowe ziarniaki występujące zarówno w parach lub krótkich łańcuskach jak i innych zgrupowaniach [55]. Obecnie, rodzaj *Enterococcus* obejmuje blisko 60 gatunków [11]. Bakterie te są izolowane z gleby [5], wody [33], powierzchni roślin [5, 37], pasz [40], żywności [25], przewodu pokarmowego człowieka i zwierząt oraz ich środowiska a także środowiska szpitalnego [20]. Tak duże zróżnicowanie środowisk występowania wynika ze zdolności wzrostu w szerokim zakresie temperatur (od 10 do 45°C), kwasowości czynnej (pH od 4 do 9,6) oraz tolerowania do 6,5% NaCl i 40% soli żółci [55].

Niniejszy przegląd piśmiennictwa ma na celu przedstawienie różnych aspektów związanych z występowaniem enterokoków w serach tradycyjnych, ich rolą, możliwościami aplikacyjnymi, ale i ewentualnymi zagrożeniami wynikającymi z ich obecności.

## ŹRÓDŁA ENTEROKOKÓW W PRODUKTACH MLECZNYCH

Bakterie kwasu mlekowego, w tym enterokoki są stałą częścią mikroflory surowego mleka krowiego [47]. Liczebność ziarniaków i pałeczek mlekowych w mleku surowym osiąga zwykle poziom około 10<sup>4</sup> jtk/ml, natomiast liczba bakterii z rodzaju *Enterococcus* sięga 10<sup>3</sup> jtk/ml [47]. W produktach mlecznych enterokoki stwierdzane są w dużej liczbie, nawet 10<sup>8</sup> jtk/g [23]. Uważa się, że dostają się do nich ze środowiska mleczarskiego, od zwierząt i ludzi [22, 23, 27]. Za ich główne źródło w mleku surowym uznaje się natomiast

powierzchnię urządzeń do doju. Pomimo ich związku z mikrobiotą jelitową ludzi i zwierząt mlecznych, zanieczyszczenie kałem nie odgrywa większej roli [22, 27].

Mleko surowe stanowi źródło enterokoków w produktach mlecznych, nawet jeśli stosuje się jego pasteryzację. Istnieją doniesienia o ciepłoporności enterokoków i przeżywaniu przez nie warunków pasteryzacji 72°C/15 sek., jednak ich oporność cieplna jest wysoce zmienna – zależna od gatunku, fazy wzrostu i wcześniejszej „historii termicznej” komórek, stąd mikroflora enterokoków w mleku pasteryzowanym różni się od tej w mleku surowym. W mleku surowym dominuje *Enterococcus durans* a w pasteryzowanym – *E. faecalis* [32]. Zdolność tworzenia biofilmów na różnych powierzchniach przez gatunki z tego rodzaju przyczynia się z kolei do zanieczyszczenia produktów mlecznych już po obróbce cieplnej [12, 23].

Z surowego mleka krów, kóz i owiec wyizolowano *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *E. durans*, *E. hirae*, a także rzadziej - *E. saccharominimus* i *E. italicus*. Z mleka krowiego i owczego wyizolowano: *E. dispar*, *E. malodoratus*, *E. pseudoavium* i *E. gallinarum*. Tylko w mleku krowim stwierdzono: *E. casseliflavus*, *E. mundtii*, *E. aquamarinus*, *E. asini*, *E. saccharolyticus*, *E. sulfureus* i *E. raffinosus*, natomiast tylko w mleku owczym: *E. vikkensis* [26, 27, 32, 45, 51].

Kilka gatunków enterokoków izolowanych z mleka surowego wykazuje korzystne cechy, które mogą wpływać na właściwości sensoryczne produktów mlecznych, w tym wytwarzanie diacetylu, aktywność autolityczną, proteolityczną i lipolityczną, a także potencjał probiotyczny [3, 45].

## ENTEROKOKI W SERACH RZEMIEŚLNICZYCH – POTENCJAŁ I ZNACZENIE TECHNOLOGICZNE

Enterokoki są częścią mikrobioty wielu tradycyjnych serów i w zależności od jego rodzaju i warunków produkcji, osiągają liczebność  $10^5 - 10^7$  jtk/g a nawet  $10^8$  jtk/g w serze dojrziałym [16, 35, 44]. W skrzepie serowym i na początku dojrzewania ich liczebność wynosi na ogół  $10^4 - 10^6$  jtk/g, choć może osiągnąć poziom nawet  $10^7$  jtk/g [8, 16]. W niektórych serach tradycyjnych, takich jak Comté, Feta, Manchego, Mozzarella, enterokoki są dominującą grupą drobnoustrojów [23]. Stwierdzono, że ich liczebność jest wyższa w serach świeżych niż dojrziałych, czyli liczba enterokoków ma tendencję do zmniejszania się pod koniec dojrzewania, zwłaszcza w serach o długim okresie dojrzewania, takich jak Kashkaval, czy Provolone [11].

Z serów tradycyjnych, rzemieślniczych wyizolowano 19 gatunków enterokoków - *E. faecalis*, *E. faecium*, *E. durans*, *E. avium*, *E. casseliflavus*, *E. devriesei*, *E. gallinarum*, *E. gilvus*, *E. hirae*, *E. italicus*, *E. lactis*, *E. malodoratus*, *E. mundtii*, *E. pallens*, *E. pseudoavium*, *E. ratti*, *E. saccharominimus*, *E. sulfureus* i *E. villorum*, ale najbardziej rozpowszechnionymi w serach tradycyjnych są trzy pierwsze z wymienionych gatunków [23].

Enterokoki zalicza się do grupy niestarterowych bakterii kwasu mlekowego (non-starter lactic acid bacteria, NSLAB) [9]. Ich udział w dojrzewaniu serów i rozwoju typowych cech sensorycznych wykazano w serach tradycyjnych z różnych krajów, przykładowo Comté, Feta, Fontina, Manchego,

Mozzarella, Domiati, czy Izmir Tulum [23, 39, 58]. Jednocześnie szczepy izolowane z serów wykazują zwykle słabe zdolności zakwaszania mleka [34], choć izolowane są także szczepy szybko ukwaszające mleko np. *E. faecalis*, które w czasie 6h w temperaturze 30°C obniżyły pH mleka do wartości 5,13 – 4,87 [49].

Rozkład kazeiny i dalsze związane z tym procesy odgrywają podstawową rolę nie tylko w kształtowaniu typowego smaku, zapachu i tekstury sera, ale także w powstawaniu bioaktywnych peptydów – związków o właściwościach prozdrowotnych [24]. Wśród szczepów *Enterococcus* spp. wyizolowanych z serów, szczepy kazeinolityczne stanowiły od 17 do 95% [52]. Enzymem hydrolizującym kazeinę ale także żelatynę, kolagen i hemoglobinę, jest żelatynaza [24]. Genem odpowiedzialnym za sekrecję tego enzymu u enterokoków jest gen *gelE*, który jednocześnie uznawany jest za jeden z czynników wirulencji tych drobnoustrojów. Największą aktywność proteolityczną wśród enterokoków stwierdzono u *E. faecalis* [34, 24].

U szczepów enterokoków wyizolowanych z serów tradycyjnych stwierdzono silną aktywność autolityczną [14]. Jest to bardzo korzystna cecha bakterii mlekowych stosowanych w serowarstwie, gdyż znaczna część enzymów np. peptydolitycznych zlokalizowana jest wewnątrz komórki [14]. Autoliza komórek enterokoków przyspiesza wówczas procesy peptydolizy, przyczynia się do powstawania ważnych związków smakowo-zapachowych i ich prekursorów (małych peptydów i wolnych aminokwasów) oraz ogranicza wadę goryczki poprzez hydrolizę bogatych w prolinę oligopeptydów uwalnianych podczas proteolizy kazeiny [29]. Aktywność aminopeptydazowa u enterokoków izolowanych z serów jest cechą szczepozależną [31, 39, 52].

Istotnymi przemianami zachodzącymi w czasie dojrzewania serów oprócz podstawowego w tym zakresie metabolizmu białek do prostszych związków azotowych, są przemiany lipidów. Hydroliza lipidów mleka do wolnych kwasów tłuszczowych i dalej do związków lotnych (ketony i tioestry) kształtuje cechy sensoryczne serów. W przemianach tych biorą udział enzymy lipazy i esterazy [24]. Ogólnie przyjmuje się, że LAB są słabo lipolityczne [24], jednak istnieją również doniesienia o silnej aktywności lipolitycznej szczepów enterokoków izolowanych z serów [13], co wskazuje, że jest to cecha zależna od gatunku i szczepu. Wśród LAB, enterokoki charakteryzują się wyższą aktywnością esterolityczną niż paciorkowce i pałeczki mlekowe [24].

Istotną ze względów technologicznych aktywnością enterokoków wpływającą zarówno na smak, jak i wygląd sera, jest metabolizm cytrynianów, prowadzący do uwalniania lotnych związków np. diacetylu, acetoiny i butanodiolu. Dodatkowo, CO<sub>2</sub> uwalniany w dużych ilościach podczas rozkładu cytrynianów bierze udział w tworzeniu oczek, typowych dla większości serów twardych i półtwardych. Metabolizm cytrynianów stwierdzono u niektórych szczepów *Enterococcus* wyizolowanych z serów [1, 39, 52].

Jedną z ciekawych cech niektórych szczepów enterokoków wyizolowanych z serów tradycyjnych, jest zdolność wytwarzania zewnątrzkomórkowych egzopolisacharydów (EPS) [36]. EPS ze względu na właściwości emulgujące, zagęszczające i zmniejszające synerżę mogą poprawiać właściwości reologiczne serów [6].

U wielu szczepów enterokoków wyizolowanych z serów stwierdzono zdolność wytwarzania bakteriocyn (enterocyn) o szerokim spektrum działania wobec Gram-dodatnich patogenów związanych z żywnością, w tym *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* oraz *Clostridium* [17, 23, 48]. Obecność takich szczepów w środowisku sera może wpływać na pozostałą mikroflorę podczas dojrzewania, sprzyjać procesom autolizy komórek starterowych i NSLAB [29, 41] oraz hamować drobnoustroje chorobotwórcze i niekorzystne dla jakości serów [2, 38, 49]. W kilku publikacjach opisano wykorzystanie tworzących bakteriocyny szczepów *E. durans*, *E. faecalis* i *E. faecium* jako kultur ochronnych do serów otrzymywanych w warunkach laboratoryjnych [2, 38, 49].

Niekorzystną cechą enterokoków, podobnie jak pozostałych bakterii kwasu mlekowego jest zdolność wytwarzania w matrycy sera amin biogennych takich jak histydy, tyraminy, 2-fenyletyloaminy, kadaweryny i putrescyny. Cechę tę opisano dla kilku gatunków enterokoków [4].

Podsumowując, ze względu na ograniczone zdolności zakwaszania, właściwości proteolityczne, aktywność lipolityczną, zwłaszcza esterolityczną, degradację aminokwasów, metabolizm cytrynianów, wytwarzanie EPS i bakteriocyn, enterokoki mogą służyć jako kultury dodatkowe lub kultury ochronne w serowarstwie.

## CHOROBOTWÓRCZOŚĆ ENTEROKOKÓW

Enterokoki zalicza się do grupy patogenów oportunistycznych. U osób z obniżoną odpornością powodują one głównie infekcje dróg moczowych, ale także bakteriamię szpitalną oraz infekcje w obrębie jamy brzusznej, ran i tkanek, a także bardzo rzadko zapalenie opon mózgowych i infekcje dróg oddechowych. Infekcje u ludzi wywoływały: *E. avium*, *E. casseliflavus*, *E. durans*, *E. faecalis*, *E. faecium*, *E. gallinarum*, *E. hirae*, *E. malodoratus*, *E. mundtii*, *E. pseudoavium*, *E. raffinosus* i *E. solitarius*. Spośród nich najbardziej rozpowszechnione są *E. faecalis* i *E. faecium*, które stanowią około 75% izolatów klinicznych [28]. *E. faecium* wymieniany jest wśród patogenów ESKAPE (*Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter* spp.) – grupy zjadliwych, wielolekoopornych mikroorganizmów, które odpowiadają za większość zakażeń szpitalnych [10].

U enterokoków scharakteryzowano kilka czynników wirulencji, sklasyfikowanych w dwóch grupach: białka powierzchniowe związane z kolonizowaniem żywiciela (białka adhezyjne) oraz metabolity uszkodzające tkanki żywiciela. Większość znanych czynników wirulencji stwierdzono u szczepów *E. faecalis* i *E. faecium*. Pierwszym etapem procesu infekcji jest adhezja komórek patogenów do komórek gospodarza. W przypadku enterokoków, które jako komensale muszą mieć zdolność przylegania do nabłonka jelitowego nie można adhezji uważać za wyłączną cechę świadczącą o wirulencji. Wśród substancji promujących adhezję u enterokoków wymienić można: substancję agregującą (AS), białka wiążące kolagen (Ace u *E. faecalis* i ACm u *E. faecium*), adhezynę ściany komórkowej (Efa A) i enterokokowe białko powierzchniowe (Esp). Druga grupa czynników wirulencji

to toksyny uszkodzające tkanki żywiciela, do których zalicza się cytolizynę (Cyl), żelatynazę (gelE) i hialuronidazę (Hyl) [10]. Wśród izolatów enterokoków z serów, geny kodujące czynniki adhezji (np. *asa1/agg*, *esp* i *efaA*) były rozpowszechnione u *E. faecalis* [7, 18, 30, 56] i *E. faecium* [18, 42, 46, 53, 56]. U tych samych gatunków często stwierdzano również geny cytolizyny (*cylA*) i żelatynazy (*gelE*) [7, 18, 30, 39, 42, 46, 53].

Należy podkreślić, że nie zidentyfikowano żadnych infekcji enterokokowych, których nośnikiem byłaby żywność, w tym sery. Oznacza to, że enterokoki obecne w serach (nie tylko tradycyjnych) stanowią bardzo niskie ryzyko dla zdrowia publicznego. Mając jednak na uwadze, że u szczepów enterokoków wyizolowanych z serów stwierdzono obecność determinantów feromonów płciowych (*cpb*, *cob*, *ccf*) [18, 30, 37, 56], a geny kodujące czynniki wirulencji są często zlokalizowane na wyspach patogenności lub elementach ruchomych nie można odrzucić hipotezy, że sery mogą służyć jako nośnik przenoszenia genów wirulencji od enterokoków na bakterie bytujące w przewodzie pokarmowym konsumentów [10]. W nielicznych badaniach [18, 53] stwierdzono zmniejszenie pod koniec okresu dojrzewania serów tradycyjnych odsetka izolatów enterokoków, które zawierały wskaźniki wirulencji.

Ponieważ obecność czynników wirulencji u enterokoków jest zależna od szczepu, decyzja dotycząca ich bezpieczeństwa stosowania na poziomie rodzaju lub gatunku jest utrudniona. Komitet Naukowy Europejskiej Agencji Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) nie przyznał im kwalifikowanego domniemania bezpieczeństwa (QPS), a amerykańska Agencja ds. Żywności i Leków (FDA) nie przyznała statusu Generally Regarded as Safe (GRAS). Brak statusu QPS/GRAS znacznie utrudnia stosowanie enterokoków jako kultur w przemyśle mleczarskim, ale stanowi uzasadnienie dla badań nad cechami związanymi z bezpieczeństwem ich wykorzystania [50].

## ANTYBIOTYKOOPORNOŚĆ ENTEROKOKÓW

Głównymi przyczynami większości infekcji szpitalnych są enterokoki, a wśród nich szczepy VRE (vancomycin resistance enterococci) i szczepy wielolekooporne [15]. Jednym z czynników wyjaśniających rozpowszechnienie enterokoków jako patogenów szpitalnych jest ich oporność na antybiotyki. Pierwsze doniesienia o szczepach VRE pojawiły się w latach 80. XX wieku. Po każdym nowym antybiotyku wprowadzonym później w celu zastąpienia wankomycyny jako terapii ostatniego kroku, pojawiały się doniesienia o szczepach opornych, co czyniło ten antybiotyk nieskutecznym do leczenia zakażeń enterokokowych [15].

Ewolucja enterokoków w kierunku nabywania znaczącej oporności na czynniki środowiskowe przystosowała te drobnoustroje do kolonizacji nowoczesnego środowiska szpitalnego i wywoływania infekcji u pacjentów z obniżoną odpornością. Zestaw cech genetycznych, w które wyposażone są enterokoki, umożliwia im wydajną kolonizację gospodarza i zdolność wymiany genów z innymi bakteriami, co sprzyja ich adaptacji do pozornie zabójczych warunków [21].

Oporność bakterii na antybiotyki jest klasyfikowana jako wrodzona lub nabyta – przy czym oporność wrodzona jest kodowana przez geny chromosomalne obecne u wszystkich

przedstawicieli gatunku. Oporność nabyta z kolei, kodowana jest albo przez geny znajdujące się na elementach ruchomych, jak plazmidy i transpozony, albo jest wynikiem mutacji. Najczęstszymi elementami związanymi z wymianą genetycznych uwarunkowań oporności na antybiotyki u enterokoków są transpozony (z rodziny Tn3, Tn917, Tn1546 i Tn916) oraz plazmidy reagujące na feromony (głównie u *E. faecalis*) i plazmidy o szerokim zakresie gospodarzy (typ Inc. 18), które mogą pośredniczyć w przekazywaniu informacji genetycznej między bakteriami np. w przenoszeniu determinant oporności na wankomycynę z enterokoków na *S. aureus* [43].

Horyzontalny transfer genów umożliwia bakteriom wymianę genów oporności na antybiotyki w bardziej wydajny czasowo sposób, poprzez promowanie współpracy całej społeczności bakteryjnej w kierunku rozwoju oporności wielolekowej [54]. Bakterie mogą uzyskiwać elementy ruchome poprzez koniugację lub transdukcję. Przypuszcza się, że mikrobiota jelitowa wzbogaca się w samoistnie lekooporne enterokoki, które w pewnych okolicznościach mogą służyć jako „dawcy” różnych plazmidów i transpozonów oporności na antybiotyki. Stwierdzono, że enterokoki rzeczywiście „udostępniają” różne determinanty genetyczne zarówno w warunkach *in vitro*, jak i *in vivo* – nie tylko w obrębie własnego rodzaju, ale także bakteriom, z którymi dzielą środowisko należącym do innych rodzajów, bakteriom mlekowym, gronkowcom, czy bifidobakteriom [57].

Bakterie z rodzaju *Enterococcus* są odporne na chloramfenikol, erytromycynę, tetracyklinę, fluorochinolony, glikopeptydy oraz klindamycynę, aminoglikozydy i  $\beta$ -laktamy [21]. Liczba dostępnych badań, w których dogłębnie przeanalizowano oporność na antybiotyki u enterokoków wyizolowanych z serów rzemieślniczych, jest niewielka [7, 19, 30, 34, 53].

## PODSUMOWANIE

Enterokoki są ważną częścią mikroflory wielu gatunków serów tradycyjnych, a ich aktywność metaboliczna przyczynia się do wyjątkowych właściwości sensorycznych tych produktów. Posiadają o wiele słabsze właściwości zakwaszające niż inne bakterie mlekowe standardowo stosowane jako kultury podstawowe. Enterokoki dzięki właściwościom

proteolitycznym i lipolitycznym mogą służyć jako kultury dodatkowe wspomagające procesy dojrzewania serów. Nie ma doniesień o infekcjach enterokokowych związanych ze spożywaniem serów. Niemniej jednak u szczepów enterokoków izolowanych z serów stwierdzane były determinanty wirulencji. Największe obawy budzi obecność u enterokoków genów oporności na antybiotyki zlokalizowanych na ruchomych elementach genetycznych i jednocześnie występowanie szczepów wielolekoopornych. Badania z tego zakresu mogłyby pomóc w zapobieganiu rozprzestrzenianiu się antybiotykooporności, a także - udokumentować bezpieczeństwo stosowania szczepów wykorzystywanych ze względu na potencjał technologiczny. Szczepy enterokoków są częścią mikroflory serów tradycyjnych często o bardzo długiej historii bezpiecznego spożywania. Wprowadzenie do stosowania antybiotyków i odkryty potencjał lekooporności enterokoków nie pozwalają przy aktualnym stanie wiedzy zmienić postrzegania tej grupy drobnoustrojów w serach.

## SUMMARY

Enterococci are an important part of the microflora of many traditional cheeses and their metabolic activity contributes to the unique sensory properties of these products. They have much weaker acidifying properties than other lactic acid bacteria commonly used as cultures. Enterococci, thanks to their proteolytic and lipolytic properties, can serve as adjunct cultures supporting the cheese ripening processes. There are no reports of cheese-related enterococcal infections. Nevertheless, virulence determinants have been found in enterococcal strains isolated from cheese. The greatest concern is the presence of antibiotic resistance genes located on mobile genetic elements in enterococci and the presence of multi-drug-resistant strains at the same time. Research in this field could help prevent the spread of antibiotic resistance, and also - document the safety of using strains used for their technological potential. Enterococcal strains are part of the microflora of artisanal cheeses, often with a very long history of safe consumption. The introduction to the use of antibiotics and the discovered drug resistance potential of enterococci do not allow, with the current state of knowledge, to change the perception of this group of microorganisms in cheeses.

## REFERENCES

- [1] ABEIJÓN M.C., C.M.A.P. MEDINA FRANZ, M.J. VAN BELKUM, W.H. HOLZAPFEL, H. ABRIQUEL, A. GÁLVEZ. 2007. "Diversity of enterococcal bacteriocins and their grouping in a new classification scheme." *FEMS Microbiology Reviews* 31: 293–310.
- [2] ASPRI M., P.M. O'CONNOR, D. FIELD, P.D. COTTER, P. ROSS, C. HILL, P. PAPADEMÁS. 2017. "Application of bacteriocin-producing *Enterococcus faecium* isolated from donkey milk, in the bio-control of *Listeria monocytogenes* in fresh whey cheese." *International Dairy Journal* 73: 1–9.

## REFERENCES

- [1] ABEIJON M.C., C.M.A.P. MEDINA FRANZ, M.J. VAN BELKUM, W.H. HOLZAPFEL, H. ABRIQUEL, A. GALVEZ. 2007. "Diversity of enterococcal bacteriocins and their grouping in a new classification scheme." *FEMS Microbiology Reviews* 31: 293–310.
- [2] ASPRI M., P.M. O'CONNOR, D. FIELD, P.D. COTTER, P. ROSS, C. HILL, P. PAPADEMÁS. 2017. "Application of bacteriocin-producing *Enterococcus faecium* isolated from donkey milk, in the bio-control of *Listeria monocytogenes* in fresh whey cheese." *International Dairy Journal* 73: 1–9.

- [3] **BANWO K., A. SANNI, H. TAN. 2012.** „Technological properties and probiotic potential of *Enterococcus faecium* strains isolated from cow milk.” *Journal of Applied Microbiology* 114: 229–241.
- [4] **BARBIERI F., C. MONTANARI, F. GARDINI, G. TABANELLI. 2019.** “Biogenic amine production by lactic acid bacteria: a review.” *Foods* 8: 17.
- [5] **BEN SAID L.B., N. KLIBI, R. DZIRI, F. BORGIO, A. BOUBADOUS, K. BEN SLAMA, C. TORRES. 2016.** “Prevalence, antimicrobial resistance and genetic lineages of *Enterococcus* spp. from vegetable food, soil and irrigation water in farm environments in Tunisia.” *Journal of the Science of Food and Agriculture* 96: 1627–1633.
- [6] **BERTHOLD-PLUTA A.M., A. PLUTA, M. GARBOWSKA, L. STASIAK-RÓŻAŃSKA. 2019.** “Exopolysaccharide-producing lactic acid bacteria - health-promoting properties and application in the dairy industry.” *Advancements of Microbiology - Postępy Mikrobiologii* 58(2): 191–204.
- [7] **CÂMARA S.P.A., A. DAPKEVICIUS, C.C.G. SILVA, F.X. MALCATA, M.L.N.E. DAPKEVICIUS. 2020.** “Artisanal Pico cheese as reservoir of *Enterococcus* species possessing virulence and antibiotic resistance properties: implications for food safety.” *Food Biotechnology* 34: 25–41.
- [8] **CASALTA E., J.M. SORBA, M. AIGLE, J.C. OGIER. 2009.** “Diversity and dynamics of the microbial community during the manufacture of Calenzana, an artisanal Corsican cheese.” *International Journal of Food Microbiology* 133: 243–251.
- [9] **CASEY M.G., J.P. HÄNI, J. GRUSKOVNJAK, W. SCHÄEREN, D. WECHSLER. 2006.** “Characterisation of the non-starter lactic acid bacteria (NSLAB) of Gruyère PDO cheese”. *Lait* 86: 407–414.
- [10] **CHAJĘCKA-WIERZCHOWSKA W., A. ZADERNOWSKA, L. LANIEWSKA-TROKENHEIM. 2017.** “Virulence factors of *Enterococcus* species presented in foods.” *LWT – Food Science and Technology* 75: 670–676.
- [11] **DAPKEVICIUS M.D.L.E., B. SGARDIOLI, S.P.A. CÂMARA, P. POETA, F.X. MALCATA. 2021.** “Current Trends of Enterococci in Dairy Products: A Comprehensive Review of Their Multiple Roles.” *Foods* 10: 821.
- [12] **DIDIENNE R., C. DEFARGUES, C. CALLON, T. MEYLHEUC, S. HULIN, M.C. MONTEL. 2012.** “Characteristics of microbial biofilm on wooden vats (‘gerles’) in PDO Salers cheese.” *International Journal Food Microbiology* 156: 91–101.
- [13] **DURLU-OZKAYA F., V. XANTHOPOULOUS, N. TUNAIL, E. LITOPOULOU-TZANETAKI. 2001.** “Technologically important properties of lactic acid bacteria isolates from Beyaz cheese made from raw ewes’ milk.” *Journal of Applied Microbiology* 91: 861–870.
- [3] **BANWO K., A. SANNI, H. TAN. 2012.** “Technological properties and probiotic potential of *Enterococcus faecium* strains isolated from cow milk.” *Journal of Applied Microbiology* 114: 229–241.
- [4] **BARBIERI F., C. MONTANARI, F. GARDINI, G. TABANELLI. 2019.** “Biogenic amine production by lactic acid bacteria: a review.” *Foods* 8: 17.
- [5] **BEN SAID L.B., N. KLIBI, R. DZIRI, F. BORGIO, A. BOUBADOUS, K. BEN SLAMA, C. TORRES. 2016.** “Prevalence, antimicrobial resistance and genetic lineages of *Enterococcus* spp. from vegetable food, soil and irrigation water in farm environments in Tunisia.” *Journal of the Science of Food and Agriculture* 96: 1627–1633.
- [6] **BERTHOLD-PLUTA A.M., A. PLUTA, M. GARBOWSKA, L. STASIAK-ROZANSKA. 2019.** “Exopolysaccharide-producing lactic acid bacteria - health-promoting properties and application in the dairy industry.” *Advancements of Microbiology - Postępy Mikrobiologii* 58(2): 191–204.
- [7] **CAMARA S.P.A., A. DAPKEVICIUS, C.C.G. SILVA, F.X. MALCATA, M.L.N.E. DAPKEVICIUS. 2020.** “Artisanal Pico cheese as reservoir of *Enterococcus* species possessing virulence and antibiotic resistance properties: implications for food safety.” *Food Biotechnology* 34: 25–41.
- [8] **CASALTA E., J.M. SORBA, M. AIGLE, J.C. OGIER. 2009.** “Diversity and dynamics of the microbial community during the manufacture of Calenzana, an artisanal Corsican cheese.” *International Journal of Food Microbiology* 133: 243–251.
- [9] **CASEY M.G., J.P. HANI, J. GRUSKOVNJAK, W. SCHÄEREN, D. WECHSLER. 2006.** “Characterisation of the non-starter lactic acid bacteria (NSLAB) of Gruyere PDO cheese.” *Lait* 86: 407–414.
- [10] **CHAJECKA-WIERZCHOWSKA W., A. ZADERNOWSKA, L. LANIEWSKA-TROKENHEIM. 2017.** “Virulence factors of *Enterococcus* species presented in foods.” *LWT - Food Science and Technology* 75: 670–676.
- [11] **DAPKEVICIUS M.D.L.E., B. SGARDIOLI, S.P.A. CAMARA, P. POETA, F.X. MALCATA. 2021.** “Current Trends of Enterococci in Dairy Products: A Comprehensive Review of Their Multiple Roles.” *Foods* 10: 821.
- [12] **DIDIENNE R., C. DEFARGUES, C. CALLON, T. MEYLHEUC, S. HULIN, M.C. MONTEL. 2012.** “Characteristics of microbial biofilm on wooden vats (‘gerles’) in PDO Salers cheese.” *International Journal Food Microbiology* 156: 91–101.
- [13] **DURLU-OZKAYA F., V. XANTHOPOULOUS, N. TUNAIL, E. LITOPOULOU-TZANETAKI. 2001.** “Technologically important properties of lactic acid bacteria isolates from Beyaz cheese made from raw ewes’ milk.” *Journal of Applied Microbiology* 91: 861–870.

- [14] **EL-DIN B.B., M. EL-SODA, N. EZZAT. 2002.** "Proteolytic, lipolytic and autolytic activities of enterococci strains isolated from Egyptian dairy products." *Lait* 82: 289–304.
- [15] **FIGLIORE E., D. VAN TYNE, M.S. GILMORE. 2019.** "Pathogenicity of Enterococci." *Microbiology Spectrum* 7(4), 10.1128/microbiolspec.GPP3-0053-2018. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.GPP3-0053-2018>.
- [16] **FRANZ C.M.A.P., M.E. STILES, K.H. SCHLEIFER, W.H. HOLZAPFEL. 2003.** "Enterococci in foods – a conundrum for food safety". *International Journal of Food Microbiology* 88: 105–122.
- [17] **FRANZ C.M.A.P., M.J. VAN BELKUM, W.H. HOLZAPFEL, H. ABRIQUEL, A. GÁLVEZ. 2007.** "Diversity of enterococcal bacteriocins and their grouping in a new classification scheme." *FEMS Microbiology Reviews* 31: 293–310.
- [18] **FUKA M.M., A.Z. MAKSIMOVIC, I. TANUWIDJAJA, N. HULAK, M. SCHLOTER. 2017.** "Characterization of enterococcal community isolated from an artisan Istrian raw milk cheese: biotechnological and safety aspects." *Food Technology and Biotechnology* 55: 368–380.
- [19] **GAGLIO R., N. COUTO, C. MARQUES, M.F.S. LOPES, G. MOSCHETTI, C. POMBA, L. SETTANI 2016.** "Evaluation of antimicrobial resistance and virulence of enterococci from equipment surfaces, raw materials, and traditional cheeses." *International Journal of Food Microbiology* 236: 107–114.
- [20] **GAO W., B.P. HOWDEN, T.P. STINEAR. 2018.** "Evolution of virulence in *Enterococcus faecium*, a hospital-adapted opportunistic pathogen." *Current Opinion in Microbiology* 41: 76–82.
- [21] **GARCÍA-SOLACHE M., L.B. RICE. 2019.** "The *Enterococcus*: a Model of adaptability to its environment." *Clinical Microbiology Reviews* 30; 32(2):e00058-18.
- [22] **GELSOMINO R., M. VANCANNEYT, T.M. COGAN, S. CONDON, J. SWINGS. 2002.** "Source of enterococci in a farmhouse raw-milk cheese". *Applied Environmental Microbiology* 68: 3560-3565.
- [23] **GIRAFFA G. 2003.** "Enterococci from foods." *FEMS Microbiology Reviews* 26: 163–171.
- [24] **GRAHAM K., H. STACK, R. REA. 2020.** "Safety, beneficial and technological properties of enterococci for use in functional food applications – a review". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 60: 3836–3861.
- [25] **HANCHI H., W. MOTTAWEA, K. SEBEL, R. HAMMAMI. 2018.** "The genus *Enterococcus*: between probiotic potential and safety concerns – an update." *Frontiers Microbiology* 9: 1791.
- [14] **EL-DIN B.B., M. EL-SODA, N. EZZAT. 2002.** "Proteolytic, lipolytic and autolytic activities of enterococci strains isolated from Egyptian dairy products." *Lait* 82: 289–304.
- [15] **FIGLIORE E., D. VAN TYNE, M.S. GILMORE. 2019.** "Pathogenicity of Enterococci." *Microbiology Spectrum* 7(4), 10.1128/microbiolspec.GPP3-0053-2018. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.GPP3-0053-2018>.
- [16] **FRANZ C.M.A.P., M.E. STILES, K.H. SCHLEIFER, W.H. HOLZAPFEL. 2003.** "Enterococci in foods – a conundrum for food safety". *International Journal of Food Microbiology* 88: 105–122.
- [17] **FRANZ C.M.A.P., M.J. VAN BELKUM, W.H. HOLZAPFEL, H. ABRIQUEL, A. GALVEZ. 2007.** "Diversity of enterococcal bacteriocins and their grouping in a new classification scheme." *FEMS Microbiology Reviews* 31: 293–310.
- [18] **FUKA M.M., A.Z. MAKSIMOVIC, I. TANUWIDJAJA, N. HULAK, M. SCHLOTER. 2017.** "Characterization of enterococcal community isolated from an artisan Istrian raw milk cheese: biotechnological and safety aspects." *Food Technology and Biotechnology* 55: 368–380.
- [19] **GAGLIO R., N. COUTO, C. MARQUES, M.F.S. LOPES, G. MOSCHETTI, C. POMBA, L. SETTANI 2016.** "Evaluation of antimicrobial resistance and virulence of enterococci from equipment surfaces, raw materials, and traditional cheeses." *International Journal of Food Microbiology* 236: 107–114.
- [20] **GAO W., B.P. HOWDEN, T.P. STINEAR. 2018.** "Evolution of virulence in *Enterococcus faecium*, a hospital-adapted opportunistic pathogen." *Current Opinion in Microbiology* 41: 76–82.
- [21] **GARCIA-SOLACHE M., L.B. RICE. 2019.** "The *Enterococcus*: a Model of adaptability to its environment." *Clinical Microbiology Reviews* 30; 32(2):e00058-18.
- [22] **GELSOMINO R., M. VANCANNEYT, T.M. COGAN, S. CONDON, J. SWINGS. 2002.** "Source of enterococci in a farmhouse raw-milk cheese". *Applied Environmental Microbiology* 68: 3560-3565.
- [23] **GIRAFFA G. 2003.** "Enterococci from foods." *FEMS Microbiology Reviews* 26: 163–171.
- [24] **GRAHAM K., H. STACK, R. REA. 2020.** "Safety, beneficial and technological properties of enterococci for use in functional food applications – a review". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 60: 3836-3861.
- [25] **HANCHI H., W. MOTTAWEA, K. SEBEL, R. HAMMAMI. 2018.** "The genus *Enterococcus*: between probiotic potential and safety concerns – an update." *Frontiers Microbiology* 9: 1791.

- [26] **JIMÉNEZ E., V. LADERO, I. CHICO, A. MALDONADO-BARRAGÁN, M. LÓPEZ, V. MARTÍN, L. FERNÁNDEZ, M. FERNÁNDEZ, M.A. ÁLVAREZ, C. TORRES, J.M. RODRÍGUEZ. 2013.** "Antibiotic resistance, virulence determinants and production of biogenic amines among enterococci from ovine, feline, canine, porcine and human milk". *BMC Microbiology* 13: 288.
- [27] **KAKGLI D.M., M. VANCANNEYT, C. HILL, P. VANDAMME, T.M. COGAN. 2007.** "Enterococcus and *Lactobacillus* contamination of raw milk in a farm dairy environment." *International Journal of Food Microbiology* 114: 243–251.
- [28] **KAYSER F.H. 2003.** "Safety aspects of enterococci from the medical point of view." *International Journal of Food Microbiology* 88: 255–262.
- [29] **LORTAL S., M.P. CHAPOT-CHARTIER. 2005.** "Role, mechanisms and control of lactic acid bacteria lysis in cheese." *International Dairy Journal* 15: 857–871.
- [30] **MAJHENIC A.Č., I. ROGELJ, B. PERKO. 2005.** "Enterococi from Tolminc cheese: population structure, antibiotic susceptibility and incidence of virulence determinants." *International Journal of Food Microbiology* 102: 239–244.
- [31] **MALEK R., A. EL-ATTAR, M. MOHAMED, S. ANWAR, M. EL-SODA, C. BÉAL. 2012.** "Technological and safety properties display biodiversity among enterococci isolated from two Egyptian cheeses, "Ras" and "Domiat". " *International Journal of Food Microbiology* 153: 314–322.
- [32] **MCAULEY C.M., M.L. BRITZ, K.S. GOBIUS, H. CRAVEN. 2015.** "Prevalence, seasonality, and growth of enterococci in raw and pasteurized milk in Victoria, Australia." *Journal of Dairy Science* 98: 8348–8358.
- [33] **MOORE D.F., J.A. GUZMAN, C. MCGEE. 2008.** "Species distribution and antimicrobial resistance of enterococci isolated from surface and ocean water." *Journal of Applied Microbiology* 105: 1017–1025.
- [34] **MORANDI S., M. BRASCA, C. ANDRIGHETTO, A. LOMBARDI, R. LODI. 2006.** "Technological and molecular characterization of enterococci isolated from north-west Italian dairy products." *International Dairy Journal* 16: 867–875.
- [35] **MORANDI S., M. BRASCA, R. LODI. 2011.** "Technological, phenotypic and genotypic characterisation of wild lactic acid bacteria involved in the production of Bitto PDO Italian cheese." *Dairy Science Technology* 91: 341–359.
- [36] **MOZZI F., F. VANINGELGEM, E.M. HÉBERT, R. VAN DER MEULEN, M.R. FOULQUIÉ MORENO, G.F. VALDEZ, L. DE VUYST. 2006.** "Diversity of heteropolysaccharide-producing lactic acid bacterium strains and their biopolymers." *Applied Environmental Microbiology* 72: 4431–4435.
- [26] **JIMENEZ E., V. LADERO, I. CHICO, A. MALDONADO-BARRAGAN, M. LOPEZ, V. MARTIN, L. FERNANDEZ, M. FERNANDEZ, M.A. ALVAREZ, C. TORRES, J.M. RODRIGUEZ. 2013.** "Antibiotic resistance, virulence determinants and production of biogenic amines among enterococci from ovine, feline, canine, porcine and human milk." *BMC Microbiology* 13: 288.
- [27] **KAKGLI D.M., M. VANCANNEYT, C. HILL, P. VANDAMME, T.M. COGAN. 2007.** "Enterococcus and *Lactobacillus* contamination of raw milk in a farm dairy environment." *International Journal of Food Microbiology* 114: 243–251.
- [28] **KAYSER F.H. 2003.** "Safety aspects of enterococci from the medical point of view." *International Journal of Food Microbiology* 88: 255–262.
- [29] **LORTAL S., M.P. CHAPOT-CHARTIER. 2005.** "Role, mechanisms and control of lactic acid bacteria lysis in cheese." *International Dairy Journal* 15: 857–871.
- [30] **MAJHENIC A.C., I. ROGELJ, B. PERKO. 2005.** "Enterococi from Tolminc cheese: population structure, antibiotic susceptibility and incidence of virulence determinants." *International Journal of Food Microbiology* 102: 239–244.
- [31] **MALEK R., A. EL-ATTAR, M. MOHAMED, S. ANWAR, M. EL-SODA, C. BEAL. 2012.** "Technological and safety properties display biodiversity among enterococci isolated from two Egyptian cheeses, "Ras" and "Domiat". " *International Journal of Food Microbiology* 153: 314–322.
- [32] **MCAULEY C.M., M.L. BRITZ, K.S. GOBIUS, H. CRAVEN. 2015.** "Prevalence, seasonality, and growth of enterococci in raw and pasteurized milk in Victoria, Australia." *Journal of Dairy Science* 98: 8348-8358.
- [33] **MOORE D.F., J.A. GUZMAN, C. MCGEE. 2008.** "Species distribution and antimicrobial resistance of enterococci isolated from surface and ocean water." *Journal of Applied Microbiology* 105: 1017-1025.
- [34] **MORANDI S., M. BRASCA, C. ANDRIGHETTO, A. LOMBARDI, R. LODI. 2006.** "Technological and molecular characterization of enterococci isolated from north-west Italian dairy products." *International Dairy Journal* 16: 867–875.
- [35] **MORANDI S., M. BRASCA, R. LODI. 2011.** "Technological, phenotypic and genotypic characterisation of wild lactic acid bacteria involved in the production of Bitto PDO Italian cheese." *Dairy Science Technology* 91: 341–359.
- [36] **MOZZI F., F. VANINGELGEM, E.M. HEBERT, R. VAN DER MEULEN, M.R. FOULQUIE MORENO, G.F. VALDEZ, L. DE VUYST. 2006.** "Diversity of heteropolysaccharide-producing lactic acid bacterium strains and their biopolymers." *Applied Environmental Microbiology* 72: 4431–4435.

- [37] MÜLLER T., A. ULRICH, E.M. OTT, M. MÜLLER. 2001. "Identification of plant-associated enterococci." *Journal of Applied Microbiology* 91: 268–278.
- [38] MUÑOZ A., M. MAQUEDA, A. GÁLVEZ, M. MARTÍNEZ-BUENO, A. RODRÍGUEZ, E. VALDIVIA. 2004. "Biocontrol of psychrotrophic enterotoxigenic *Bacillus cereus* in a nonfat hard cheese by an enterococcal strain producing enterocin AS-48." *Journal of Food Protection* 67: 1517–1521.
- [39] NIETO-ARRIBAS P., S. SESEÑA, J.M. POVEDA, R. CHICÓN, L. CABEZAS, L. PALOP. 2011. "Enterococcus populations in artisanal Manchego cheese: biodiversity, technological and safety aspects." *Food Microbiology* 28: 891–899.
- [40] NOVAIS C., J. CAMPOS, A.R. FREITAS, M. BARROS, E. SILVEIRA, T.M. COQUE, P. ANTUNES, L. PEIXE. 2018. "Water supply and feed as sources of antimicrobial-resistant *Enterococcus* spp. in aquacultures of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Portugal." *Science of the Total Environment* 625: 1102–1112.
- [41] OUMERA., P. GAYA, E. FERNÁNDEZ-GARCÍA, R. MARIACA, S. GARDE, M. MEDINA, M. NUÑEZ. 2001. "Proteolysis and formation of volatile compounds in cheese manufactured with a bacteriocin-producing adjunct culture." *Journal of Dairy Research* 68: 117–129.
- [42] ÖZKAN E.R., T. DEMIRCI, N. AKIN. 2021. "In vitro assessment of probiotic and virulence potential of *Enterococcus faecium* strains derived from artisanal goatskin casing Tulum cheeses produced in central Taurus Mountains of Turkey." *LWT – Food Science and Technology* 141: 110908.
- [43] PALMER K.L., V.N. KOS, M.S. GILMORE. 2010. "Horizontal gene transfer and the genomics of enterococcal antibiotic resistance." *Current Opinion in Microbiology* 13: 632–639.
- [44] PAPP A.E.C., E. KON DYLI, J. SAMELIS. 2019. "Microbiological and biochemical characteristics of Kashkaval cheese produced using pasteurized or raw milk." *International Dairy Journal* 89: 60–67.
- [45] PERIN L.M., R.O. MIRANDA, S.D. TODOROV, B.D.G. FRANCO, L.A. NERO. 2014. "Virulence, antibiotic resistance and biogenic amines of bacteriocinogenic lactococci and enterococci isolated from goat milk." *International Journal of Food Microbiology* 185: 121–126.
- [46] POPOVIĆ N., M. DINIĆ, M. TOLINAČKI, S. MIHALJOVIĆ, A. TERZIĆ-VIDOJEVIĆ, S. BOJIĆ, J. DJOKIĆ, N. GOLIĆ, K. VELJOVIĆ. 2018. "New insight into biofilm formation ability, the presence of virulence genes and probiotic potential of *Enterococcus* sp. dairy isolates." *Frontiers Microbiology* 30(9): 78.
- [47] QUIGLEY L., O. O'SULLIVAN, C. STANTON, T.P. BERESFORD, R.P. ROSS, G.F. FITZGERALD, P.D. COTTER. 2013. "The complex microbiota of raw milk." *FEMS Microbiology Reviews* 37: 664–698.
- [37] MULLER T., A. ULRICH, E.M. OTT, M. MULLER. 2001. "Identification of plant-associated enterococci." *Journal of Applied Microbiology* 91: 268–278.
- [38] MUNOZ A., M. MAQUEDA, A. GALVEZ, M. MARTINEZ-BUENO, A. RODRIGUEZ, E. VALDIVIA. 2004. "Biocontrol of psychrotrophic enterotoxigenic *Bacillus cereus* in a nonfat hard cheese by an enterococcal strain producing enterocin AS-48." *Journal of Food Protection* 67: 1517–1521.
- [39] NIETO-ARRIBAS P., S. SESENA, J.M. POVEDA, R. CHICON, L. CABEZAS, L. PALOP. 2011. "Enterococcus populations in artisanal Manchego cheese: biodiversity, technological and safety aspects." *Food Microbiology* 28: 891–899.
- [40] NOVAIS C., J. CAMPOS, A.R. FREITAS, M. BARROS, E. SILVEIRA, T.M. COQUE, P. ANTUNES, L. PEIXE. 2018. "Water supply and feed as sources of antimicrobial-resistant *Enterococcus* spp. in aquacultures of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Portugal." *Science of the Total Environment* 625: 1102–1112.
- [41] OUMERA., P. GAYA, E. FERNANDEZ-GARCIA, R. MARIACA, S. GARDE, M. MEDINA, M. NUNEZ. 2001. "Proteolysis and formation of volatile compounds in cheese manufactured with a bacteriocin-producing adjunct culture." *Journal of Dairy Research* 68: 117–129.
- [42] OZKAN E.R., T. DEMIRCI, N. AKIN. 2021. "In vitro assessment of probiotic and virulence potential of *Enterococcus faecium* strains derived from artisanal goatskin casing Tulum cheeses produced in central Taurus Mountains of Turkey." *LWT - Food Science and Technology* 141: 110908.
- [43] PALMER K.L., V.N. KOS, M.S. GILMORE. 2010. "Horizontal gene transfer and the genomics of enterococcal antibiotic resistance." *Current Opinion in Microbiology* 13: 632–639.
- [44] PAPP A.E.C., E. KON DYLI, J. SAMELIS. 2019. "Microbiological and biochemical characteristics of Kashkaval cheese produced using pasteurized or raw milk." *International Dairy Journal* 89: 60–67.
- [45] PERIN L.M., R.O. MIRANDA, S.D. TODOROV, B.D.G. FRANCO, L.A. NERO. 2014. "Virulence, antibiotic resistance and biogenic amines of bacteriocinogenic lactococci and enterococci isolated from goat milk." *International Journal of Food Microbiology* 185: 121–126.
- [46] POPOVIC N., M. DINIC, M. TOLINACKI, S. MIHALJOVIC, A. TERZIC-VIDOJEVIC, S. BOJIC, J. DJOKIC, N. GOLIC, K. VELJOVIC. 2018. "New insight into biofilm formation ability, the presence of virulence genes and probiotic potential of *Enterococcus* sp. dairy isolates." *Frontiers Microbiology* 30(9): 78.
- [47] QUIGLEY L., O. O'SULLIVAN, C. STANTON, T.P. BERESFORD, R.P. ROSS, G.F. FITZGERALD, P.D. COTTER. 2013. "The complex microbiota of raw milk." *FEMS Microbiology Reviews* 37: 664–698.

- [48] RIBEIRO S.C., M.C. COELHO, S.D. TODOROV, B.D.G.M. FRANCO, M.L.E. DAPKEVICIUS, C.C.G. SILVA. 2014. "Technological properties of bacteriocin-producing lactic acid bacteria isolated from Pico cheese an artisanal cow's milk cheese." *Journal of Applied Microbiology* 116: 573–585.
- [49] RIBEIRO S.C., R.P. ROSS, C. STANTON, C.C.G. SILVA. 2017. "Characterization and application of antilisterial enterocins on model fresh cheese." *Journal of Food Protection* 80: 1303–1316.
- [50] RICCI A., A. ALLENDE, D. BOLTON, M. CHEMALY, R. DAVIES, R. GIRONES, L. HERMAN, K. KOUTSOUMANIS, R. LINDQVIST, B. NØRRUNG ET AL. 2017. "Scientific Opinion on the update of the list of QPS-recommended biological agents intentionally added to food or feed as notified to EFSA. Panel on Biological Hazards (BIOHAZ)." *EFSA Journal* 15: e04664.
- [51] RUIZ P., F. PÉREZ-MARTÍN, S. SESEÑA, M.L. PALOP. 2016. "Seasonal diversity and safety evaluation of enterococci population from goat milk in a farm." *Dairy Science and Technology* 96: 359–375.
- [52] SERIO A., C. CHAVES-LÓPEZ, A. PAPARELLA, G. SUZZI. 2010. "Evaluation of metabolic activities of enterococci isolated from Pecorino Abruzzese cheese." *International Dairy Journal* 20: 459–464.
- [53] SERIO A., A. PAPARELLA, C. CHAVES-LÓPEZ, A. CORSETTI, G. SUZZI. 2007. "Enterococcus populations in Pecorino Abruzzese cheese: biodiversity and safety aspects." *Journal of Food Protection* 70: 1561–1568.
- [54] SUN D., JEANNOT K., XIAO Y., KNAPP C.W. 2019. "Horizontal gene transfer mediated bacterial antibiotic resistance." *Frontiers Microbiology* 27: 933.
- [55] ŠVEC P., C.M.A.P. FRANZ. 2014. The genus *Enterococcus*. In *Lactic Acid Bacteria: Biodiversity and Taxonomy*; Holzapfel, W.H., Wood, B.J.B., Eds.; Wiley-Blackwell: Hoboken, NJ, USA: 171–213.
- [56] TEMPLER S.P., A. BAUMGARTNER. 2007. "Enterococci from Appenzeller and Schabziger raw milk cheese: antibiotic resistance, virulence factors, and persistence of particular strains in the products." *Journal of Food Protection* 70: 1450–1464.
- [57] WERNER G., T.M. COQUE, C.M. FRANZ, E. GROHMANN, K. HEGSTAD, L. JENSEN, W. VAN SCHAIK, K. WEAVER. 2013. "Antibiotic resistant enterococci – tales of a drug resistance gene trafficker." *International Journal of Medicine Microbiology* 303: 360–379.
- [58] YERLIKAYA O., N. AKBULUT. 2019. "Potential use of probiotic *Enterococcus faecium* and *Enterococcus durans* strains in Izmir Tulum cheese as adjunct culture." *Journal of Food Science and Technology* 56: 2175–2185.
- [48] RIBEIRO S.C., M.C. COELHO, S.D. TODOROV, B.D.G.M. FRANCO, M.L.E. DAPKEVICIUS, C.C.G. SILVA. 2014. "Technological properties of bacteriocin-producing lactic acid bacteria isolated from Pico cheese an artisanal cow's milk cheese." *Journal of Applied Microbiology* 116: 573–585.
- [49] RIBEIRO S.C., R.P. ROSS, C. STANTON, C.C.G. SILVA. 2017. "Characterization and application of antilisterial enterocins on model fresh cheese." *Journal of Food Protection* 80: 1303–1316.
- [50] RICCI A., A. ALLENDE, D. BOLTON, M. CHEMALY, R. DAVIES, R. GIRONES, L. HERMAN, K. KOUTSOUMANIS, R. LINDQVIST, B. NORRUNG ET AL. 2017. "Scientific Opinion on the update of the list of QPS-recommended biological agents intentionally added to food or feed as notified to EFSA. Panel on Biological Hazards (BIOHAZ)." *EFSA Journal* 15: e04664.
- [51] RUIZ P., F. PEREZ-MARTIN, S. SESENA, M.L. PALOP. 2016. "Seasonal diversity and safety evaluation of enterococci population from goat milk in a farm." *Dairy Science and Technology* 96: 359–375.
- [52] SERIO A., C. CHAVES-LOPEZ, A. PAPARELLA, G. SUZZI. 2010. "Evaluation of metabolic activities of enterococci isolated from Pecorino Abruzzese cheese." *International Dairy Journal* 20: 459–464.
- [53] SERIO A., A. PAPARELLA, C. CHAVES-LOPEZ, A. CORSETTI, G. SUZZI. 2007. "Enterococcus populations in Pecorino Abruzzese cheese: biodiversity and safety aspects." *Journal of Food Protection* 70: 1561–1568.
- [54] SUN D., JEANNOT K., XIAO Y., KNAPP C.W. 2019. "Horizontal gene transfer mediated bacterial antibiotic resistance." *Frontiers Microbiology* 27: 933.
- [55] SVEC P., C.M.A.P. FRANZ. 2014. The genus *Enterococcus*. In *Lactic Acid Bacteria: Biodiversity and Taxonomy*; Holzapfel, W.H., Wood, B.J.B., Eds.; Wiley-Blackwell: Hoboken, NJ, USA: 171–213.
- [56] TEMPLER S.P., A. BAUMGARTNER. 2007. "Enterococci from Appenzeller and Schabziger raw milk cheese: antibiotic resistance, virulence factors, and persistence of particular strains in the products." *Journal of Food Protection* 70: 1450–1464.
- [57] WERNER G., T.M. COQUE, C.M. FRANZ, E. GROHMANN, K. HEGSTAD, L. JENSEN, W. VAN SCHAIK, K. WEAVER. 2013. "Antibiotic resistant enterococci - tales of a drug resistance gene trafficker." *International Journal of Medicine Microbiology* 303: 360–379.
- [58] YERLIKAYA O., N. AKBULUT. 2019. "Potential use of probiotic *Enterococcus faecium* and *Enterococcus durans* strains in Izmir Tulum cheese as adjunct culture." *Journal of Food Science and Technology* 56: 2175–2185.