

## EKSPLORASI SIFAT FUNGSIONAL DAN APLIKASI BAKTERI ASAM LAKTAT PENGHASIL EKSPOLISAKARIDA PADA PRODUK SUSU FERMENTASI

Putri Dian Wulansari<sup>a</sup>, Novia Rahayu<sup>b</sup>, Nurul Frasiska<sup>c</sup>, Firgian Ardigurnita<sup>d\*</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Program Studi Peternakan, Universitas Perjuangan Tasikmalaya, Indonesia

\*Korespondensi email: firgianardigurnita@unper.ac.id

### ABSTRAK

Eksopolisakarida merupakan salah satu kelas biopolimer ekstraseluler yang disintesis oleh bakteri. Eksopolisakarida banyak digunakan dalam industri susu karena ketertarikan terhadap manfaat kesehatan dan peningkatan kualitas produk yang ditawarkannya. Artikel ini menjelaskan tentang bakteri eksopolisakarida terkait faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan eksopolisakarida, struktur dan pertumbuhan strain eksopolisakarida, eksplorasi strain eksopolisakarida dari berbagai sumber, manfaat kesehatan yang ditawarkan, dampak penggunaan eksopolisakarida pada kualitas produk, dan aplikasinya strain eksopolisakarida pada produk susu fermentasi. Eksopolisakarida diklaim memiliki manfaat untuk meningkatkan kesehatan seperti: antikarsinogenik, antioksidan, imunomodulator dan menurunkan kolesterol darah. Selain itu strain eksopolisakarida memiliki manfaat untuk meningkatkan kualitas produk karena eksopolisakarida bertindak sebagai agen pengental, pengemulsi dan pembentuk gel, maka penggunaan strain eksopolisakarida dapat menjadi alternatif tertentu untuk penggunaan pengental dan menurunkan sineresis. Aplikasi strain eksopolisakarida banyak digunakan pada industri susu seperti pada produk : yogurt, kefir, keju, *sour cream* dan susu fermentasi lainnya. Pada artikel ini di jelaskan mengenai eksplorasi, sifat fungsional dan aplikasi BAL penghasil eksopolisakarida pada produk susu fermentasi.

Kata kunci : BAL, Eksopolisakarida, dan Susu Fermentasi.

### ABSTRACT

*Exopolysaccharides are a class of extracellular biopolymers synthesized by bacteria. Exopolysaccharides are widely used in the dairy industry because of the interest in their health benefits and the improvement in the quality of the products they offer. This article describes the bacterial exopolysaccharide related to factors affecting exopolysaccharide growth, structure and growth of exopolysaccharide strains, exploration of exopolysaccharide strains from various sources, the health benefits they offer, the impact of using exopolysaccharide on product quality, and its application of exopolysaccharide strains in fermented milk products. Exopolysaccharides are claimed to have health-promoting benefits such as: anti-carcinogenic, antioxidant, immunomodulatory and lowering blood cholesterol. In addition, exopolysaccharide strains have the benefit of improving product quality because exopolysaccharides act as thickening, emulsifying and gelling agents. The*

*application of exopolysaccharide strains is widely used in the dairy industry such as in products: yogurt, kefir, cheese, sour cream and other fermented milk. This article explains the exploration, functional properties and application of exopolysaccharide-producing LAB in fermented milk products.*

*Keywords: LAB, Exopolysaccharides, and Fermented Milk.*

## **PENDAHULUAN**

Eksopolisakarida merupakan polimer yang terdiri dari ratusan atau ribuan residu monosakarida yang dapat diproduksi oleh tanaman, bakteri, ragi, jamur dan ganggang. Eksopolisakarida dari bakteri asam laktat (BAL) memiliki daya tarik dan mendapat perhatian khusus di kalangan komunitas ilmiah karena diproduksi oleh mikroorganisme *food grade* yang umumnya diakui sebagai GRAS (*Generally Recognized as Safe*), sehingga aman untuk dikonsumsi oleh manusia (de Paiva et al., 2016). Strain eksopolisakarida memiliki aplikasi luas dalam industri makanan. Eksplorasi strain eksopolisakarida semakin meningkat dikalangan peneliti (Halim and Zubaidah, 2013), hal ini dilakukan untuk memenuhi kebutuhan dan tuntutan dari industri makanan, dengan berbagai manfaat yang diharapkan.

Strain eksopolisakarida selain menawarkan manfaat kesehatan juga mampu meningkatkan kualitas produk pada susu fermentasi. Manfaat dari strain eksopolisakarida telah banyak diteliti sehingga menimbulkan peningkatan ketertarikan industri untuk mengaplikasikannya pada produk yang dimiliki. Telah dipelajari bahwa strain eksopolisakarida bersifat probiotik dan prebiotik yang memberikan manfaat kesehatan dengan memberikan efek menguntungkan pada bakteri usus dan meningkatkan kekebalan melawan bakteri patogen (Badel et al., 2011). Sedangkan manfaat lainnya adalah untuk meningkatkan kualitas produk. Strain eksopolisakarida banyak digunakan dalam industri susu untuk menghasilkan susu fermentasi (Yogurt, Kefir, dan minuman susu fermentasi lainnya). Aplikasi strain EPS memiliki efek positif pada sifat reologi dan kualitas produk susu fermentasi yang diproduksi (Badel et al., 2011). Penggunaan strain EPS mampu meningkatkan kehalusan, viskositas, stabilitas gel pada susu fermentasi (Gentès et al., 2011). Tujuan dari penulisan artikel ini adalah untuk mendapatkan landasan ilmiah tentang BAL penghasil eksopolisakarida yang berkaitan dengan eksplorasi, sifat fungsional dan aplikasinya pada produk susu fermentasi.

## **METODOLOGI PENELITIAN**

Metode yang digunakan untuk menyusun kajian ini adalah kajian pustaka terstruktur dengan referensi yang dipilih adalah referensi yang relevan dengan tujuan dari artikel ini. Referensi yang dipilih adalah referensi yang relevan dengan peran BAL penghasil eksopolisakarida dalam produk susu fermentasi dari sisi sifat fungsional dan aplikasinya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### a. BAL Penghasil Eksopolisakarida

Eksopolisakarida merupakan molekul tinggi, biopolimer linier rantai panjang dengan rantai samping. Eksopolisakarida dibentuk oleh unit karbohidrat yang dihubungkan dengan ikatan glikosidik (Welman and Maddox, 2003). Eksopolisakarida merupakan salah satu kelas biopolimer ekstraseluler yang dapat disintesis oleh bakteri. Terdapat beberapa galur BAL yang mampu mensintesis galur eksopolisakarida yang dapat digunakan dalam industri susu. Kemampuan BAL dalam mensintesis eksopolisakarida dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya: asal spesies dan karakteristik strain, tahap pertumbuhan, komposisi dan media kultur (jenis sumber karbon dan nitrogen, keberadaan nutrisi lain, suhu, pH dan keberadaan mikroflora adjuvant (Berthold-Pluta et al., 2019).

Ditinjau dari strukturnya, eksopolisakarida dibagi menjadi homopolisakarida (HoPS) dan heteropolisakarida (HePS). Molekul HoPS terdiri dari monosakarida berulang yang berurutan dari satu jenis, sedang molekul HePS mencakup dua kelompok utama glukukan dan fruktan. Contoh molekul HoPS adalah D-glukosa atau D-fruktosa. Sedangkan contoh HePS untuk glukukan adalah dekstran, mutan, alternan, ruteran dan curdlan dan untuk fruktan adalah levan, fruktan dan inulin (Welman and Maddox, 2003; Patel et al., 2012). Dua kelompok strain BAL yang memproduksi eksopolisakarida sering dibedakan sebagai berikut : a) galur fenotipe “ropy” membentuk filamen panjang ketika disentuh dengan loop inokulasi dan kemudian perlahan ditarik, b). galur fenotipe “non-ropy” atau berlendir tampak berkilau, merupakan koloni yang tumbuh halus pada pelat agar yang sesuai dan tidak dapat menghasilkan untaian (Rühmann et al., 2015).

Kefiran merupakan salah satu HePS yang paling luas dijelaskan, dibangun dari mannose, glukosa dan galaktosa dengan rasio 1:5:7 (Wang et al., 2010). Kefiran mampu dihasilkan oleh beberapa bakteri diantaranya *Lactobacillus kefiranofaciens*, *Lactobacillus kefirgranum*, *Lactobacillus parakaferi*, *Lactobacillus kefir*, *Lactobacillus plantarum*, dan *Lactobacillus delbrueckii subs. Bulgaricus* (Vinderola et al., 2006; Ahmed et al., 2013). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa susu merupakan media kultur yang baik untuk produksi eksopolisakarida oleh BAL. Ketersediaan nitrogen organik misalnya kasein (1.78 g kefiran/l), pepton (1.65 g/l), atau ekstrak ragi (1.64 g/l) menghasilkan kefiran dengan konsentrasi tertinggi (Wang et al., 2008).

Kondisi pertumbuhan bakteri yang mensintesis sangat mempengaruhi konsentrasi eksopolisakarida yang dihasilkan, akan tetapi komposisi monosakarida dari sebagian besar eksopolisakarida tidak bergantung pada sumber karbon yang tersedia. Menjadi hal yang menarik bila ditinjau dari perspektif aplikasi dengan fakta bahwa strain eksopolisakarida dapat menghasilkan eksopolisakarida yang berbeda dibawah kondisi pertumbuhan (Jolly et al., 2002). Eksopolisakarida disekresikan ke lingkungan eksternal oleh sel dalam bentuk kapsul atau lendir (Welman and Maddox, 2003; Berthold-Pluta et al., 2019).

Strain eksopolisakarida berkontribusi pada kesehatan manusia karena memiliki aktivitas anti tumor, anti ulcer, anti inflamasi, anti infeksi dan mampu meningkatkan sistem imun tubuh. Selain itu eksopolisakarida memiliki peran sebagai penstabil dan pengental alami pada produk yogurt. Sehingga kebutuhan untuk eksplorasi strain eksopolisakarida semakin meningkat (Halim and Zubaidah, 2013). Eksplorasi strain eksopolisakarida banyak dilakukan dari berbagai sumber seperti yang disampaikan pada Tabel 1.

### **b. Peran Fungsional BAL Penghasil Eksopolisakarida**

Strain EPS berperan atas manfaat kesehatan dikaitkan dengan strain probiotik (Bengoa et al., 2018). Aktivitas probiotik dari strain BAL diyakini sehubungan dengan aktivitas biopolimer yang mereka hasilkan (Vinderola et al., 2006). Efek probiotik ini tidak hanya disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme yang hidup tetapi juga aktivitas metabolitnya, termasuk eksopolisakarida (yang disebut sebagai probiotik). Selain efek probiotik, eksopolisakarida diklaim memiliki khasiat untuk meningkatkan kesehatan, seperti: antikarsinogenik, antioksidan, imunomodulator, dan menurunkan kolesterol darah. (Berthold-Pluta et al., 2019). Beberapa manfaat lainnya disajikan lebih rinci dengan sumber spesies bakteri penghasil eksopolisakaridanya pada Tabel 2.

### **c. Aplikasi BAL Penghasil Eksopolisakarida pada Produk Susu Fermentasi**

Penggunaan strain eksopolisakarida terlepas dari manfaat kesehatan jangka panjang yang ditawarkan juga mempengaruhi fisiologi konsumen yang berdampak positif (menguntungkan). Strain EPS banyak digunakan dalam industri susu karena polimernya mampu meningkatkan viskositas dan tekstur produk (Bengoa et al., 2018). Kemampuan strain eksopolisakarida dalam susu selama fermentasi merupakan sifat yang sangat penting bagi industri susu. Hal ini karena senyawa eksopolisakarida mampu meningkatkan viskositas secara nyata dan memperbaiki tekstur dan rasa di mulut dan produk susu serta menghambat sineresis bahkan pada konsentrasi rendah (0.1 – 0.4 g/l) (Feldman et al., 2013). Beberapa hasil isolasi strain BAL penghasil eksopolisakarida di aplikasikan pada produk susu fermentasi disajikan pada Tabel 3.

Strain eksopolisakarida dapat menjadi alternatif tertentu untuk penggunaan pengental misalnya pada susu fermentasi, karena bertindak sebagai agen pengental, pengemulsi dan pembentuk gel. Eksopolisakarida mampu mengikat air dan dengan demikian mampu mengurangi sineresis saat pembentukan dadih susu kasein. Peningkatan viskositas dan perbaikan tekstur keju rendah lemak merupakan efek positif dari peran eksopolisakarida dalam kapasitas menahan air yang tinggi (Berthold-Pluta et al., 2019). Tidak hanya pada produk keju, kehadiran eksopolisakarida yang disintesis oleh BAL juga berpengaruh signifikan terhadap perubahan berbagai sifat produk susu termasuk yogurt, kefir dan banyak minuman susu fermentasi lain, dan krim asam (Berthold-Pluta et al., 2019).

Tabel 1. Eksporasi Bakteri Asam Laktat Penghasil Eksopolisakarida Dari Berbagai Sumber

No	Spesies Bakteri	Asal bakteri	Daftar Pustaka
1.	<i>Lactobacillus plantarum</i> (HQ259238)	Paocai China	Feng et al. (2012)
2.	<i>Lactobacillus plantarum</i> 86 dan <i>Weisella cibaria</i> 92	Produk makan fermentasi India	Patel et al. (2014)
3.	<i>Lactobacillus plantarum</i> OF101 dan <i>Pediococcus pentosaceus</i> OF31	Makanan fermentasi Nigeria berbasis sereal	Adesulu-Dahunsi et al. (2018)
4.	<i>Lactobacillus plantarum</i> LBI01 dan LBI 028	Produk susu homemade	Bachtarzi et al. (2019)
5.	<i>Lactobacillus kefiranofaciens</i> DNI	Kefir	Jeong et al. (2017)
6.	<i>Lactobacillus paracasei</i> CIDCA 8339, CIDCA 83123 and CIDCA 83124	Grain kefir	Hamet et al. (2015)
7.	<i>Lactobacillus</i> 43 <i>plantarum</i> C70	Susu unta	Ayyash et al. (2020)
8.	K1-1242	Sawi asin	Halim and Zubaidah (2013)
9.	<i>Pediococcus pentosaceus</i> strains AP-1 and AP-3	Makanan fermentasi tradisonal Tailand	Smitinont et al. (1999)
10	<i>Lactobacillus kefiranofaciens</i> dan <i>Lactobacillus satsumensis</i>	Brazilian kefir grains	Zanirati et al. (2015)

Tabel 2. Manfaat fungsional dari BAL penghasil eksopolisakarida

No	Spesies BAL penghasil eksopolisakarida	Manfaat yang ditawarkan	Daftar Pustaka
1	<i>Lactococcus lactis subsp.</i>	Aktivitas antioksidan dan imunomodulator	Guo et al. (2013)
2	<i>Streptococcus thermophilus CRL 1190</i>	Mencegah gastritis kronis	Rodríguez et al. (2009)
3	<i>Leuconostoc mesenteroides NTM 048</i>	Penginduksi Ig A yang tinggi	Matsuzaki et al. (2014)
4	<i>Lactobacillus kefiranofaciens dan Lactobacillus satsumensis</i>	Penginduksi Ig A yang tinggi	de Paiva et al. (2016)
5	<i>Lactobacillus helveticus MB2-1</i>	Aktivitas antioksidan	Li et al. (2014)
6	<i>Lactobacillus paraplantarum</i>	Berpotensi probiotik	Nikolic et al. (2012)
7	<i>Lactococcus lactis subsp. Lactis 12</i>	Aktivitas antioksidan	Pan and Mei (2010)
8	<i>Lactobacillus plantarum BR2</i>	Aktivitas antioksidan dan antidiabetes	Sasikumar et al. (2017)
9	<i>Lactobacillus kefiranofaciens</i>	Kekebalan mukosa usus	Vinderola et al. (2006)
1	<i>Lactobacillus pentosus SLC 13</i>	Aktivitas antibakteri	(Huang et al., 2017)

Tabel 3. Aplikasi Bakteri Asam Laktat Penghasil Eksopolisakarida pada Produk Susu Fermentasi

No	Spesies Bakteri	Aplikasi BAL EPS	Karakteristik Penting	Daftar Pustaka
1.	SH-1 (kombinasi dari <i>Streptococcus thermophilus</i> zlw TM11 dengan <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp.	Yogurt	EPS yang lebih tinggi dapat memberikan tekstur yogurt yang lebih baik dan pemisahan whey yang lebih rendah	Han et al. (2016)
2.	Strain <i>Streptococcus thermophilus</i>	Acidified Milk	Menunjukkan efek utama pada sifat fisik gel asam	Surber et al. (2019)
3.	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> RW-9595 M	Yogurt	Memiliki pengaruh yang besar pada sifat reologi produk akhir ( <i>yield stress</i> dan <i>viscoelastic</i> yang rendah	Doleyres et al. (2005)
4.	<i>Lactococcus lactis</i> (CHCC 3367), kombinasi <i>Streptococcus thermophilus</i> (CHCC 3534) dan <i>Lactobacillus delbrueckii</i> ssp. <i>Bugaricus</i> (CHCC 769) dan <i>Lactobacillus delbrueckii</i> ssp. <i>bulgaricus</i> RR	Susu Fermentasi	Semakin erat <i>culture</i> , semakin besar jumlah dan ukurannya dari EPS yang ditemukan	Hassan et al. (2002)
5.	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>Cremoris</i> JFR1	Susu fermentasi	Meningkatkan <i>storage modulus</i> dan viskositas	(Kristo et al., 2011)

## KESIMPULAN

Strain Eksopolisakarida banyak diminati oleh industri makanan karena manfaat fungsional dan peningkatan kualitas produk yang ditawarkannya. Eksplorasi strain eksopolisakarida semakin meningkat sesuai dengan kebutuhan dan ketertarikan industri yang semakin meningkat. Beberapa sumber digunakan pada saat eksplorasi dan menghasilkan strain eksopolisakarida seperti : paocai china, sawi, susu, kefir, grain kefir dan produk makanan fermentasi India, Nigeria, dan Thailand. Penggunaan strain eksopolisakarida memiliki efek positif pada kesehatan manusia seperti : aktivitas antioksidan, imunomodulator, mencegah gastritis usus, meningkatkan Ig A, kekebalan

mukosa usus, antidiabetes, aktivitas antibakteri dan berpotensi sebagai probiotik dan prebiotik. BAL yang memproduksi eksopolisakarida dapat diaplikasikan dalam beberapa produk susu fermentasi seperti kefir, yogurt, susu fermentasi, keju, *sour cream*, *Acidified Milk* dan keju.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adesulu-Dahunsi, A., K. Jeyaram, and A. Sanni. 2018. Probiotic and technological properties of exopolysaccharide producing lactic acid bacteria isolated from cereal-based nigerian fermented food products. *Food Control* 92: 225-231.
- Ahmed, Z., Y. Wang, N. Anjum, A. Ahmad, and S. T. Khan. 2013. Characterization of exopolysaccharide produced by *Lactobacillus kefiranofaciens* ZW3 isolated from Tibet kefir—Part II. *Food Hydrocolloids* 30: 343-350.
- Ayyash, M. et al. 2020. Characterization, bioactivities, and rheological properties of exopolysaccharide produced by novel probiotic *Lactobacillus plantarum* C70 isolated from camel milk. *International journal of biological macromolecules* 144: 938-946.
- Bachtarzi, N., K. Kharroub, and P. Ruas-Madiedo. 2019. Exopolysaccharide-producing lactic acid bacteria isolated from traditional Algerian dairy products and their application for skim-milk fermentations. *LWT* 107: 117-124.
- Badel, S., T. Bernardi, and P. Michaud. 2011. New perspectives for *Lactobacilli* exopolysaccharides. *Biotechnology advances* 29: 54-66.
- Bengoa, A. A. et al. 2018. Impact of growth temperature on exopolysaccharide production and probiotic properties of *Lactobacillus paracasei* strains isolated from kefir grains. *Food microbiology* 69: 212-218.
- Berthold-Pluta, A. M., A. S. Pluta, M. Garbowska, and L. Stasiak-Róžańska. 2019. Exopolysaccharide-producing Lactic Acid Bacteria—Health-promoting properties and application in the dairy industry. *Adv. Microbiol* 58: 191-204.
- de Paiva, I. M. et al. 2016. *Lactobacillus kefiranofaciens* and *Lactobacillus satsumensis* isolated from Brazilian kefir grains produce alpha-glucans that are potentially suitable for food applications. *LWT-food science and technology* 72: 390-398.
- Doleyres, Y., L. Schaub, and C. Lacroix. 2005. Comparison of the functionality of exopolysaccharides produced in situ or added as bioingredients on yogurt properties. *Journal of Dairy Science* 88: 4146-4156.
- Feldmane, J., P. Semjonovs, and I. Ciprova. 2013. Potential of exopolysaccharides in yoghurt production. *International Journal of Nutrition and Food Engineering* 7: 767-770.



- Feng, M., X. Chen, C. Li, R. Nurgul, and M. Dong. 2012. Isolation and identification of an exopolysaccharide-producing lactic acid bacterium strain from Chinese Paocai and biosorption of Pb (II) by its exopolysaccharide. *Journal of Food Science* 77: T111-T117.
- Gentès, M.-C., D. St-Gelais, and S. L. Turgeon. 2011. Gel formation and rheological properties of fermented milk with in situ exopolysaccharide production by lactic acid bacteria. *Dairy science & technology* 91: 645.
- Guo, Y. et al. 2013. Antioxidant and immunomodulatory activity of selenium exopolysaccharide produced by *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*. *Food chemistry* 138: 84-89.
- Halim, C. N., and E. Zubaidah. 2013. Studi kemampuan probiotik isolat bakteri asam laktat penghasil eksopolisakarida tinggi asal sawi asin (*Brassica juncea*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 1: 129-137.
- Hamet, M. F., J. A. Piermaria, and A. G. Abraham. 2015. Selection of EPS-producing *Lactobacillus* strains isolated from kefir grains and rheological characterization of the fermented milks. *LWT-Food Science and Technology* 63: 129-135.
- Han, X. et al. 2016. Improvement of the texture of yogurt by use of exopolysaccharide producing lactic acid bacteria. *BioMed research international* 2016.
- Hassan, A. N., J. F. Frank, and K. B. Qvist. 2002. Direct observation of bacterial exopolysaccharides in dairy products using confocal scanning laser microscopy. *Journal of Dairy Science* 85: 1705-1708.
- Huang, J.-Y., C.-Y. Kao, W.-S. Liu, and T. J. Fang. 2017. Characterization of high exopolysaccharide-producing *Lactobacillus* strains isolated from mustard pickles for potential probiotic applications. *Int Microbiol* 20: 75-84.
- Jeong, D. et al. 2017. Characterization and antibacterial activity of a novel exopolysaccharide produced by *Lactobacillus kefirifaciens* DN1 isolated from kefir. *Food Control* 78: 436-442.
- Jolly, L., S. J. Vincent, P. Duboc, and J.-R. Neeser. 2002. Exploiting exopolysaccharides from lactic acid bacteria. *Lactic acid bacteria: Genetics, metabolism and applications*: 367-374.
- Kristo, E., Z. Miao, and M. Corredig. 2011. The role of exopolysaccharide produced by *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* in structure formation and recovery of acid milk gels. *International Dairy Journal* 21: 656-662.
- Li, W. et al. 2014. Characterization of an antiproliferative exopolysaccharide (LHEPS-2) from *Lactobacillus helveticus* MB2-1. *Carbohydrate polymers* 105: 334-340.

- Matsuzaki, C. et al. 2014. Immunomodulating activity of exopolysaccharide-producing *L. euconostoc mesenteroides* strain NTM 048 from green peas. *Journal of applied microbiology* 116: 980-989.
- Nikolic, M. et al. 2012. Characterisation of the exopolysaccharide (EPS)-producing *Lactobacillus paraplantarum* BGCG11 and its non-EPS producing derivative strains as potential probiotics. *International journal of food microbiology* 158: 155-162.
- Pan, D., and X. Mei. 2010. Antioxidant activity of an exopolysaccharide purified from *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* 12. *Carbohydrate polymers* 80: 908-914.
- Patel, A., J. Prajapati, O. Holst, and A. Ljungh. 2014. Determining probiotic potential of exopolysaccharide producing lactic acid bacteria isolated from vegetables and traditional Indian fermented food products. *Food Bioscience* 5: 27-33.
- Patel, S., A. Majumder, and A. Goyal. 2012. Potentials of exopolysaccharides from lactic acid bacteria. *Indian journal of microbiology* 52: 3-12.
- Rodríguez, C., M. Medici, A. V. Rodríguez, F. Mozzi, and G. F. de Valdez. 2009. Prevention of chronic gastritis by fermented milks made with exopolysaccharide-producing *Streptococcus thermophilus* strains. *Journal of dairy science* 92: 2423-2434.
- Rühmann, B., J. Schmid, and V. Sieber. 2015. Methods to identify the unexplored diversity of microbial exopolysaccharides. *Frontiers in microbiology* 6: 565.
- Sasikumar, K., D. K. Vaikkath, L. Devendra, and K. M. Nampoothiri. 2017. An exopolysaccharide (EPS) from a *Lactobacillus plantarum* BR2 with potential benefits for making functional foods. *Bioresource technology* 241: 1152-1156.
- Smitinont, T. et al. 1999. Exopolysaccharide-producing lactic acid bacteria strains from traditional thai fermented foods: isolation, identification and exopolysaccharide characterization. *International Journal of Food Microbiology* 51: 105-111.
- Surber, G., S. Mende, D. Jaros, and H. Rohm. 2019. Clustering of *Streptococcus thermophilus* strains to establish a relation between exopolysaccharide characteristics and gel properties of acidified milk. *Foods* 8: 146.
- Vinderola, G., G. Perdígón, J. Duarte, E. Farnworth, and C. Matar. 2006. Effects of the oral administration of the exopolysaccharide produced by *Lactobacillus kefiranofaciens* on the gut mucosal immunity. *Cytokine* 36: 254-260.
- Wang, Y., Z. Ahmed, W. Feng, C. Li, and S. Song. 2008. Physicochemical properties of exopolysaccharide produced by *Lactobacillus kefiranofaciens* ZW3 isolated from Tibet kefir. *International Journal of Biological Macromolecules* 43: 283-288.

- Wang, Y. et al. 2010. Physical characterization of exopolysaccharide produced by *Lactobacillus plantarum* KF5 isolated from Tibet Kefir. *Carbohydrate Polymers* 82: 895-903.
- Welman, A. D., and I. S. Maddox. 2003. Exopolysaccharides from lactic acid bacteria: perspectives and challenges. *Trends in biotechnology* 21: 269-274.
- Zanirati, D. F. et al. 2015. Selection of lactic acid bacteria from Brazilian kefir grains for potential use as starter or probiotic cultures. *Anaerobe* 32: 70-76.